

Evaluación y comparación de grupos genéticos lecheros en un sistema a pastoreo de la comarca lechera de Entre Ríos, Argentina



Walter Alberto Mancuso

Lugo, 2017





TESIS DOCTORAL

**EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE
GRUPOS GENÉTICOS LECHEROS EN UN
SISTEMA A PASTOREO DE LA
COMARCA LECHERA DE ENTRE RÍOS,
ARGENTINA**

Walter Alberto Mancuso

Departamento de Anatomía, Producción Animal e Ciencias Clínicas
Veterinarias
Programa de doutorado en Investigación Básica e Aplicada en Ciencias
Veterinarias
Facultade de Veterinaria
Universidade de Santiago de Compostela

Lugo 2017





Facultade de Veterinaria
Campus Unversitario de Lugo

Marta I. Miranda Castañón, Profesora Titular del Departamento de Anatomía, Producción Animal e Ciencias Clínicas Veterinarias de la Universidade de Santiago de Compostela, M. Marta López Alonso, Profesora Titular del Departamento de Patoloxía Animal de la Universidade de Santiago de Compostela y Pablo Roberto Marini, Profesor de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina

AUTORIZAN

La presentación de la Tesis Doctoral titulada **“Evaluación y comparación de grupos genéticos lecheros en un sistema a pastoreo de la comarca lechera de Entre Ríos, Argentina”**, de la que es autor el Ingeniero Agrónomo D. Walter Alberto Mancuso, considerando que reúne los requisitos exigidos en el artículo 34 del reglamento de Estudios de Doctorado, no incurriendo en las causas de abstención establecidas en la ley 40/2015.

Y para que conste firman el presente informe en Lugo a 24 de febrero de 2017.

Fdo.

Marta I. Miranda Castañón

M. Marta López Alonso

Pablo R. Marini





La presente Tesis ha sido realizada en el marco de la “Beca Doctoral INTA para Estudios de Doctorado. Resolución CD.1029/12”, y de los Proyectos INTA “Valoración y Mejoramiento Genético de Poblaciones Animales en su Ambiente de Producción. PNPA 1126033. 2013-2018” y “Fortalecimiento del desarrollo territorial - Centro Oeste de la Provincia de Entre Ríos. ERIOS-1263102. 2013-2018”. Contó con el apoyo de los “Departamentos de Anatomía, Producción Animal e Ciencias Clínicas Veterinarias y de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, España”; de la “Cátedra de Bovinos Lecheros, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Argentina” y del establecimiento agropecuario “El Caraguatá”, de Entre Ríos, Argentina.





A los tamberos entrerrianos ...

y sus nobles vacas lecheras



Agradecimientos

Enorme, a mis Directores de Tesis:

Marta Miranda Castañón, por su amistad, guía, apoyo constante y ayuda incondicional, especialmente en mis pasantías en Lugo y en la última etapa, la más difícil, de este trabajo.

Marta López Alonso, por su amistad, guía, compromiso y permanente acompañamiento y disposición durante mis estadías en Lugo.

Pablo Marini, por su inquebrantable amistad y espíritu de trabajo, con quién iniciamos y llevamos adelante gran parte de este desafío, por su apoyo invalorable y gran compañía en la etapa de campo.

Al INTA, por haberme otorgado la beca y los medios para llevar adelante las diferentes etapas de la Tesis y las pasantías en Lugo.

Al Establecimiento “El Caraguatá”, muy especialmente a Santiago Brandi y Fabián Álvarez Leroy, por su predisposición y permanente apoyo, tanto operativo como financiero, para llevar adelante el trabajo de recolección de datos, análisis y tareas de campo. A los tamberos, especialmente a Sergio, y a Emanuel Ceballos por su colaboración en cada etapa de los muestreos.

A Pipi, Agustín, Victoria, Andrés, Facundo y todos los alumnos pasantes de la Facultad de Cs. Veterinarias de Casilda, sin quienes hubiese sido imposible concretar la etapa de campo.

A Mariana Dunleavy y su “mano derecha”, Mirta Sciotti, del Laboratorio de INTA Castelar, por todo el trabajo y la “buena onda” puesta para concretar la gran cantidad de análisis que hubo de procesar.

A Susana y Mauricio, del INTA Bovril, quienes me dieron una gran mano durante los muestreos de sangre de las vacas.

A Eugenio, de SENASA y la Facultad de Cs. Veterinarias de Casilda, ¡sin cuya ayuda no sé si hubiesen llegado las muestras de suero a España!

A Ruth Rodríguez y Francisco Rey, por su disposición y compañerismo, durante mis recordadas estadías por Galicia, alternando escritorio, laboratorio y recorridas de la bella comarca.

A Víctor y Lucía, por su disposición y permanente apoyo durante mis pasantías en el laboratorio de la Facultad de Cs. Veterinarias, en Lugo.

Y ... desde el corazón,

A mis padres y mi hermana, sin cuyo sacrificio y apoyo, no hubiese logrado mi título Profesional ni llegado hasta aquí.

A mis hijos, Matías y Fabricio, quienes debieron soportar varias ausencias... y, muy especialmente a Claudia, mi compañera, por estar siempre a mi lado.



RESUMEN

En Argentina predomina el ganado lechero Holstein, aunque en la comarca de Entre Ríos existe interés por encontrar un genotipo mejor adaptado. El objetivo de esta Tesis fue evaluar el comportamiento de grupos genéticos, formados por vacas cruzas de cinco razas lecheras, dentro de un mismo sistema de producción a pastoreo, típico de dicha comarca. La dieta ofrecida, salvo un leve déficit de proteínas y Se, cubrió los requerimientos de las vacas y todos los genotipos lograron niveles de producción de leche y sólidos útiles superiores a los modales de la comarca, sin diferencias claras entre ellos, tanto en producción total de leche y sólidos como por unidad de peso vivo. Los contenidos de células somáticas fueron bajos sin diferencias destacables entre genotipos. El promedio de peso al parto en las vacas fue de 545 kg, donde las vacas Holstein x Jersey (F1) fueron las más livianas. La condición corporal osciló entre 3,0 y 3,5 en todos los genotipos, con algunas diferencias entre ellos, pero sin tendencias definidas. Los metabolitos de energía, proteínas y minerales en sangre, estuvieron dentro de rangos fisiológicos, sin síntomas de movilización excesiva de reservas, aunque con Mg y Se en niveles marginales. El nivel de glucemia fue mayor en las vacas Holstein x Jersey x Montbéliarde, respecto de las Holstein x Jersey x Pardo Suizo y las F1; éstas últimas, presentaron también la mayor variabilidad en los niveles sanguíneos de minerales. Los indicadores reproductivos en las cruzas fueron iguales o mejores a los modales de la comarca y sin diferencias entre grupos genéticos, destacándose la precocidad para llegar al primer parto en todas ellas. Las vacas Holstein x Jersey x Guernsey, tuvieron mayor intervalo parto-concepción respecto de las Holstein x Jersey x Montbéliarde y de las retrocruzas de ellas con Holstein. Las vacas Holstein culminaron sus primeras cuatro lactancias a mayor edad y con mayor dispersión en el tiempo.

Palabras Clave: sistemas pastoriles, genotipos lecheros, vaca lechera, cruzamientos, producción de leche

RESUMO

En Arxentina predomina o gando leiteiro Holstein, aínda que na rexión de Entre Ríos, hai interese en atopar xenótipos mellor adaptados. O obxectivo desta Tese de Doutoramento foi avaliar o comportamento dos grupos xenéticos, compostos por vacas cruzadas de cinco razas leiteiras, dentro dun sistema de produción de pasto, típico desta rexión. A dieta ofrecida, con excepción dun lixeiro déficit de proteínas e Se, cubriu os requisitos das vacas e todos os xenotipos obtiveron niveis de produción de leite e de sólidos útiles superiores aos habituais na comarca de estudo, sen diferenzas claras entre xenotipos, tanto na produción total de leite e sólidos como por unidade de peso corporal. O contido de células somáticas foi baixo, sen diferenzas notables entre xenotipos. O peso medio ao parto nas vacas foi de 545 kg, onde as vacas Holstein x Jersey (F1) foron máis lixeiras. A condición corporal mantívose entre 3,0 e 3,5 en todos os xenotipos, con algunhas diferenzas entre eles, pero sen tendencias establecidas. Os metabolitos de enerxía, proteína e minerais no sangue estiveron dentro dos rangos fisiolóxicos, non presentando síntomas de mobilización excesiva de reservas, a pesar de que os niveis de Mg e Se eran marxinais. O nivel de glicosa no sangue foi maior nas vacas Holstein x Jersey x Montbéliarde, respecto á Holstein x Jersey x Pardo suízo e F1; este último tamén presentou a maior variabilidade dos niveis sanguíneos de minerais. Os indicadores de cruzamento reprodutivos dos cruces foron iguais ou mellores que os habituais na comarca e sen diferenzas xenéticas entre os grupos, destacando a precocidade para acadar o primeiro parto en todos eles. As vacas Holstein x Jersey x Guernsey presentaron maior rango parto-preñez en relación ao Holstein x Jersey x Montbéliarde e as retrocruzas delas con Holstein. As vacas Holstein completaron as súas primeiras catro lactacións a maior idade e con maior dispersión no tempo.

Palabras chave: sistemas de pastoreo, xenotipos de leite, vaca leiteira, cruces, produción de leite

SUMMARY

In Argentina there is a predominance of Holstein dairy cattle, although in the region of Entre Ríos there is an interest in finding a better adapted genotype. The objective of this PhD was to evaluate the behavior of genetic groups, formed by crossbreed cows from five dairy breeds, within the same grazing production system, typical of this region. With the exception of a slight protein and Se deficit, the diet covered the requirements of the cows and all the genotypes achieved higher levels of milk production and solids than the mean of the region, without clear differences between them both in total milk production, milk solids and body weight. Somatic cell contents were low without significant differences between genotypes. The average birth weight in cows was 545 kg, Holstein x Jersey (F1) being the lightest. Body condition ranged from 3.0 to 3.5 in all genotypes; even though some differences between genotypes were observed, they did not follow any trend. Energy, protein and mineral blood endpoints were within the physiological ranges, without symptoms of excessive mobilization of body reserves, although with Mg and Se at marginal levels. Glycaemia was higher in the Holstein x Jersey x Montbéliarde (M) cows, compared with the Holstein x Jersey x Pardo Suizo and the F1 ones. The F1 group also showed the greatest variability in the blood levels of minerals. Reproductive endpoints in the crosses were equal to better than the mean in the region, without differences between genetic groups, standing out the precocity to reach the first birth in all of them. The Holstein x Jersey x Guernsey cows had a longer conception-calving interval compared with the Holstein x Jersey x Montbéliarde, and their backcrosses with Holstein. Holstein cows culminated their first four lactations at an older age but with greater time variability.

Key words: grazing systems, dairy genotypes, dairy cattle, crossbreeding, milk production



INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
RESÚMENES	III
INDICES DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS Y LÁMINAS	VIII
LISTADO DE ABREVIATURAS	X
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.2. OBJETIVOS	7
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. LA INCORPORACIÓN DE CRUZAS LECHERAS EN SISTEMAS PASTORILES, SU IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE, REPRODUCCIÓN Y SUPERVIVENCIA	11
2.1.1. Sistemas de producción con cruzas	11
2.1.2. Producción de leche y sólidos útiles con cruzas en sistemas lecheros	18
2.1.3. Composición y calidad sanitaria de la leche de cruzas lecheras	25
2.1.4. Aspectos reproductivos y de supervivencia de los rodeos	30
2.2. PESO VIVO, CONDICIÓN CORPORAL Y METABOLISMO DE ENERGÍA Y PROTEÍNAS EN CRUZAS LECHERAS SOBRE SISTEMAS PASTORILES	34
2.2.1. Peso vivo	34
2.2.2. Condición corporal	36
2.2.3. Metabolismo de energía y proteína en vacas lecheras	39
2.3. MINERALES EN BOVINOS LECHEROS EN SISTEMAS PASTORILES	47
2.3.1. Requerimientos generales en minerales	47
2.3.2. Deficiencias y métodos diagnósticos	50
2.3.3. Minerales de interés para el presente estudio	53
2.3.4. Fuentes de minerales en sistemas lecheros a pastoreo	59
2.3.5. Manejo y nutrición mineral en sistemas lecheros a pastoreo	62
3. MATERIALES Y MÉTODOS	67
3.1. GRANJA DE ESTUDIO	69
3.2. ANIMALES EVALUADOS	71
3.2.1. Primer período de estudio. Años 2012-2013	72
3.2.2. Segundo período de estudio. Años 2013-14	74
3.2.3. Supervivencia en base a lactancias previas	74
3.3. ALIMENTACIÓN	74
3.3.1. Consumo de alimentos	75
3.3.2. Calidad de los componentes de la ración	75
3.4. DETERMINACIONES ANALÍTICAS EN SUELO	77
3.5. DETERMINACIONES ANALÍTICAS EN AGUA	78
3.6. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE	79
3.7. PESO VIVO	79
3.8. CONDICIÓN CORPORAL	79
3.9. ASPECTOS REPRODUCTIVOS Y DE SUPERVIVENCIA	80
3.10. INDICADORES DE METABOLISMO ENERGÉTICO Y PROTEICO Y CONTENIDO DE MINERALES EN SANGRE	81
3.10.1. Colección de las muestras de plasma y suero	81
3.10.2. Bioquímica en suero y plasma	82
3.10.3. Análisis de minerales en suero sanguíneo	84

	Pág.
3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	86
3.11.1. Producción, calidad de leche y aspectos reproductivos	86
3.11.2. Peso vivo, condición corporal y metabolismo de energía y proteínas	86
3.11.3. Minerales	87
3.11.4. Análisis de supervivencia	87
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	89
4.1. CALIDAD Y CONSUMO DE LAS DIETAS OFRECIDAS	91
4.1.1. Aportes de nutrientes desde forrajes, consumos y dietas estimadas	91
4.1.2. Discusión sobre contenido y consumo de nutrientes en las dietas	95
4.2. PRODUCCIÓN, CALIDAD DE LECHE Y ASPECTOS REPRODUCTIVOS	98
4.2.1. Primer período de estudio. Años 2012-2013	98
4.2.2. Segundo período de estudio. Años 2013-2014	101
4.2.3. Discusión sobre producción y calidad de leche en los dos períodos	104
4.2.4. Discusión sobre aspectos reproductivos en los dos períodos	108
4.3. PESO VIVO, CONDICIÓN CORPORAL Y METABOLISMO DE ENERGÍA Y PROTEÍNAS	111
4.3.1. Primer período de estudio. Años 2012-2013	111
4.3.2. Segundo período de estudio. Años 2013-2014	114
4.3.3. Discusión sobre peso vivo, condición corporal y metabolismo de energía y proteínas en los dos períodos	117
4.4. MINERALES EN SANGRE	122
4.4.1. Primer período de estudio. Años 2012-2013	122
4.4.2. Segundo período de estudio. Años 2013-2014	123
4.4.3. Discusión minerales en los dos períodos	125
4.5. SUPERVIVENCIA DE DIFERENTES GENOTIPOS EN LACTANCIAS PREVIAS	129
4.5.1. Supervivencia hasta fin de lactancia y Oportunidad Relativa de cumplirla	129
4.5.2. Análisis de Oportunidades Relativas para los cuatro genotipos	133
4.5.3. Discusión sobre Supervivencia y Oportunidades Relativas de culminar las lactancias	134
4.6. IMPLICANCIAS DE INCORPORAR GENOTIPOS CRUZAS EN SISTEMAS LECHEROS PASTORILES DE ARGENTINA	136
4.6.1. Discusión sobre los resultados obtenidos y sus implicancias en los sistemas de producción pastoriles	136
4.6.2. Breves reflexiones sobre el trabajo realizado y los sistemas lecheros argentinos	141
5. CONCLUSIONES	147
6. BIBLIOGRAFÍA	147
7. ANEXOS	177
Trabajos publicados en el marco de la presente Tesis Doctoral en Revistas con referato y Resúmenes de Congresos	179

ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS Y LÁMINAS

	Pág.	
Tabla N°1	Rango de valores medios para componentes de dietas de rebaños lecheros en 3 establecimientos lecheros de la Cuenca Central de Santa Fe	61
Tabla N°2	Resumen de precipitaciones e ITH para los períodos 2012-13 y 2013-14	70
Tabla N°3	Animales por tipo genético y categoría en el primer período (2012-13)	72
Tabla N°4	Animales por tipo genético en el segundo período (2013-14)	74
Tabla N°5	Protocolo de digestión ácida de forrajes en microondas Perkin Elmer 3000	77
Tabla N°6a	Datos analíticos de los suelos en las principales áreas de pastoreo. Materia orgánica y macroelementos en meq/100 g	77
Tabla N°6b	Datos analíticos de los suelos presentes en las principales áreas de pastoreo. Macro y microelementos en ppm	78
Tabla N°7	Datos analíticos del agua de bebida en las instalaciones de tambo involucradas	78
Tabla N°8	Cantidad de Animales (N) Analizados por Genotipo y Lactancia	81
Tabla N°9	Condiciones instrumentales para el análisis de metales por ICP-MS	85
Tabla N°10	Resultados del programa de control de calidad analítico utilizado en la determinación de microminerales	85
Tabla N° 11a	Composición de los diferentes alimentos ofrecidos en cada tambo en cada período de evaluación. Proteína, fibras, ceniza y macroelementos, en %	92
Tabla N°11b	Composición de los diferentes alimentos ofrecidos en cada tambo en cada período de evaluación. Microelementos, expresados en mg/kg	93
Tabla N°12	Consumo diario promedio estimado de alimentos, PB, fibras y minerales por vaca para cada período de evaluación. Expresados en unidades por vaca y por día	94
Tabla N°13	Análisis de Varianza para producción de leche y sólidos útiles, discriminados por lactancia y genotipo. Período 1, años 2012-13	98
Tabla N°14	Análisis de Varianza para producción de leche y sólidos, ponderados por peso vivo de las vacas y discriminados por número de lactancia y genotipo. Período 1, años 2012-13	99
Tabla N°15	Análisis de Varianza para indicadores de calidad composicional y sanitaria de la leche, discriminados por lactancia y genotipo. Período 1, años 2012-13	100
Tabla N°16	Análisis de Varianza para indicadores de aspectos reproductivos de las vacas, discriminados por número de lactancia y genotipo. Período 1, años 2012-13	101
Tabla N°17	Análisis de Varianza para producción de leche y sólidos por genotipo. Período 2, años 2013-14	102
Tabla N°18	Análisis de Varianza para producción de leche y sólidos, ponderados por peso vivo de las vacas y discriminados por genotipo. Período 2, años 2013-14	102
Tabla N°19	Análisis de la Varianza para indicadores de calidad composicional y sanitaria de la leche, discriminados por genotipo. Período 2, años 2013-14	103
Tabla N°20	Análisis de Varianza para indicadores de aspectos reproductivos de las vacas, discriminados por genotipo. Período 2, años 2013-14	104

		Pág.
Tabla N°21	Análisis de Varianza de medias de peso vivo por lactancia y por genotipo. Período 1, años 2012-13	111
Tabla N°22	Análisis de varianza para condición corporal promedio entre los 20 y 160 DPP por genotipo. Período 1, años 2012-13	112
Tabla N°23	Análisis de Varianza para las medias de los indicadores del metabolismo de la energía por lactancia y genotipo. Período 1, años 2012-13	113
Tabla N°24	Análisis de Varianza para las medias de indicadores del metabolismo proteico por lactancia y genotipo. Período 1, años 2012-13	114
Tabla N°25	Análisis de Varianza de medias de peso vivo por genotipo. Período 2, años 2013-14	114
Tabla N°26	Análisis de varianza para condición corporal promedio entre los 20 y 240 DPP por genotipo. Período 2, años 2013-14	115
Tabla N°27	Análisis de Varianza para las medias de los indicadores del metabolismo de la energía por momento de muestreo (20-40 y 40-60 DPP) y por genotipo. Período 2, años 2013-14	116
Tabla N°28	Análisis de Varianza para las medias de metabolitos proteicos en sangre, según momento de muestreo (20-40 y 41-60 DPP) y por genotipo. Período 2, años 2013-14	117
Tabla N°29	Análisis de Varianza de las medias de concentración de minerales en suero por lactancia y genotipo. Período de años 2012-13	123
Tabla N°30	Análisis de varianza de las medias de concentración de minerales en suero por genotipo en dos momentos de muestreo según días post parto (DPP) en el mismo animal. Período 2013-14	124
Tabla N°31	Algunas Razones de Odds del Modelo de Regresión Logística Multinomial Propuesto	133
Tabla N°32	Resultados físicos y económicos vinculados a la producción y calidad composicional de la leche, para una granja lechera modal y para el promedio de las cruzas evaluadas	140
Gráfico N°1	Evolución de algunas variables climáticas (precipitaciones, temperatura media e ITH), para ambos períodos considerados (abril 2012 a junio 2014)	70
Gráfico N°2	Evolución de la condición corporal en los genotipos evaluados entre 20 y 160 DPP. Período 1, 2012-13	112
Gráfico N°3	Evolución de la condición corporal en los genotipos evaluados entre 20 y 240 DPP. Período 2, 2013-14	115
Gráfico N°4	Análisis de Supervivencia hasta la Finalización de la Primera lactancia	129
Gráfico N°5	Análisis de Supervivencia hasta la Finalización de la Segunda lactancia	130
Gráfico N°6.	Análisis de Supervivencia hasta la Finalización de la Tercera lactancia	131
Gráfico N°7	Análisis de Supervivencia hasta la Finalización de la Cuarta lactancia	132
Lámina N°1	Genotipos lecheros evaluados en el presente trabajo	71
Lámina N°2	Plano del establecimiento y ubicación de unidades de ordeño afectados a cada rodeo	73
Lámina N°3	Tabla de puntuación de condición corporal para vacas Holstein	80

LISTADO DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado de la abreviatura
A.L.E.Co.L.	Asociación del Litoral de Entidades de Control Lechero
ACHA	Asociación Argentina de Criadores Holando
Al	Aluminio
ANOVA	Análisis de la varianza
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ARC	Agricultural Research Council
As	Arsénico
B	Boro
BEN	Balance de Energía Negativo
Ca	Calcio
CABA	Ciudad Autónoma de Buenos Aires
CC	Condición corporal
CCS	Contenido de células somáticas
CICVyA	Centro de Investigaciones en Ciencias Veterinarias y Agronómicas
Cl	Cloro
Co	Cobalto
Cr	Cromo
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
Cu	Cobre
DEL	Días en lactancia
DPP	Días post-parto
EAA	Espectrofotómetro de absorción atómica
ed	Edición
Eds.	Editores
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
EPP	Edad al primer parto
<i>et al</i>	y colaboradores
etc.	Etcétera
F	Flúor
F1	Cruce de Holstein Americano Canadiense por Jersey Canadiense
FDA	Fibra Detergente Ácida
FDN	Fibra Detergente Neutra
Fe	Hierro
G	Cruce de F1 por Guernsey
GB	Grasa butirosa
GB305	Producción de grasa butirosa en kg, por lactancia normalizada a 305 días.
GB.PV	Producción de grasa butirosa en kg, por kg de peso vivo de la vaca.
H	Holstein Americano Canadiense
H-F	Holstein Friesian
H-FN	Holstein Friesian Neozelandés
I	Iodo
ICP-MS	Espectroscopia de Masa con Fuente de Plasma Acoplado
INRA	Institut national de la recherche agronomique de Francia
INTA	Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria
IPC	Intervalo entre el parto y la fecha de concepción
IPP	Intervalo transcurrido desde el parto en evaluación y el siguiente
ITH	Índice Termo -Higrométrico o de Temperatura-Humedad
J	Jersey

Abreviatura	Significado de la abreviatura
K	Potasio
La.R.S.A.	Laboratorio Regional de Servicios Analíticos
M	Cruce de F1 por Montbéliarde
Mg	Magnesio
Minagro	Ministerio de Agroindustria de Argentina
Mn	Manganeso
Mo	Molibdeno
MON	Montbéliarde
MS	Materia Seca
MUN	Urea en leche
N	Número de observaciones
Na	Sodio
NC	No corresponde
NEFA	Ácidos grasos no esterificados
NFTA	National Forage Testing Association
Ni	Níquel
NR	Noruega Roja
NRC	National Research Council
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
PDO	Pardo Suiza
pH	Potencial hidrógeno (medida de acidez)
PL305	Producción de leche en kg, por lactancia normalizada a 305 días.
PL.kgPV	Producción de leche en kg (305 días), por kg de peso vivo de la vaca.
PL4%	Producción de leche en kg, equivalente al 4% de grasa butirosa (305 días)
PL4.kgPV	Producción de leche en kg (4% de grasa butirosa en 305 días), por kg de peso vivo de la vaca.
PMR	Raciones Parciales Mezcladas
Pp o pp	Páginas
PS	Cruce de F1 por Pardo Suizo
PT	Proteína Total
PT305	Producción de proteína total en kg, por lactancia normalizada a 305 días.
PT.PV	Producción de proteína total en kg (305 días), por kg de peso vivo de la vaca.
R	Retrocruza: Cruce de PS, G o M por H
S	Azufre
Se	Selenio
Si	Silicio
Sn	Estaño
SPP	Cantidad de inseminaciones realizados para lograr la preñez
SRB	Sueca Roja y Blanca
ST	Sólidos Totales
SU	Sólidos útiles
Supl.	Suplemento
TMR	Raciones Completas Mezcladas
UK	Reino Unido de Gran Bretaña
USA	Estados Unidos de Norteamérica
UV	Ultra Violeta
V	Vanadio
Vol	Volumen
Zn	Zinc

Introducción y objetivos





1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCIÓN

El ganado Holstein (H) abastece la mayor proporción de leche a nivel mundial, y la superioridad de esta raza en producción individual está ampliamente documentada. Una característica que la destaca, es que la mayor parte de su genética proviene de rebaños de los Estados Unidos de Norteamérica (USA), lo cual conlleva a una creciente consanguinidad, que se expresa en sus vacas especialmente en menor fertilidad y sanidad, incremento en la mortalidad y menor longevidad (Thompson *et al.*, 2000; Heins, 2010). Si bien la raza Holstein se hizo popular por su mayor potencial en producción de leche, en regiones y países donde se evalúa el mérito genético de razas puras y sus cruces, éstos últimos la superan en facilidad de parto, fertilidad, longevidad y rendimiento en sólidos de la leche (García-Peniche *et al.*, 2006; Van Raden *et al.*, 2007). A partir de esto, crece el interés entre productores de leche y responsables de planes de mejoramiento en evaluar adecuadamente estas características en diferentes sistemas, junto con la posibilidad de implementar cruzamientos entre razas (McAllister, 2002; Weigel y Barlass, 2003; Heins *et al.*, 2006a).

La elección de la raza o del cruzamiento está íntimamente ligada al resto del sistema de producción adoptado, donde los recursos alimenticios, la sanidad y el manejo deben estar en armonía con el genotipo animal, ya que las ventajas de uno u otro tipo de ganado dependen del ambiente en que se desarrollan (Hocking, 1988; López, 2002). Así, el potencial genético de los animales se expresa en la medida que las condiciones ambientales lo permiten y, si bien éstas no modifican de forma directa la constitución genética del individuo, determinan la extensión con que se expresan sus caracteres (Falconer, 1952). Esta acción conjunta de los factores genéticos y no genéticos, así como su interacción, influyen directamente sobre el comportamiento productivo, la reproducción y la supervivencia del ganado de leche y por ello, al evaluar diferentes genotipos en forma particular, deben mantenerse todos agrupados dentro de un mismo ambiente (Coffey *et al.*, 2004; Knaus, 2009). Por otra parte, en el caso de los sistemas extensivos, al referirse al ambiente no se debe restringir la atención sólo a la alimentación, es decir al uso particular del forraje que los caracteriza, sino también requiere hacer mención explícita a las condiciones agroclimáticas de la región (Valtorta y Leva, 1998).

La existencia de tales interacciones permite predecir que, muy probablemente, un genotipo adaptado a un tipo particular de sistema productivo, modificará su respuesta si

se lo traslada a otro sistema diferente. Pese a ello, los genes de animales con alto potencial para algún carácter, generalmente productivo, se trasladan de un confín a otro del planeta sin sospechar aparentemente que puedan no adaptarse y con ello anular toda la ventaja que la raza posee en su lugar de origen (Rabasa, 1986). Durante mucho tiempo el impacto y las consecuencias de este tipo de interacción fueron minimizados por algunos genetistas quienes aducían que sus efectos, de existir, deberían ser despreciables (Boettcher, 2001). La evidencia experimental de la existencia de dicha interacción genotipo-ambiente no siempre es coincidente y, de hecho, es de esperar que se presente cuando existen grandes diferencias entre los genotipos y/o entre los ambientes, por lo cual los efectos están presentes especialmente en sistemas productivos con bajo o mediano control ambiental (Geay y Robelin, 1979, Molinuevo *et al.*, 1982, Oldham *et al.*, 1996).

Dentro de estas características se enmarcan los esquemas lecheros basados en pastoreo directo de Argentina, aspecto que en general no se consideró al introducir genotipos seleccionados en otros ambientes, especialmente desde USA, poco adaptados a las condiciones locales de alimentación y manejo de los rebaños. Estos sistemas de producción poseen manejos y niveles de suplementación particulares, lo cual debería tenerse presente cuando se introducen genotipos seleccionados especialmente por su alto potencial de producción, desde ambientes mucho más controlados (Molinuevo, 2005).

En los sistemas ganaderos locales, la raza lechera inicial por excelencia fue la Holando-Argentino, originada a partir de ganado introducido desde los Países Bajos en la década de 1880 y que fue casi exclusiva en las principales cuencas lecheras de la región pampeana argentina hasta mediados de la década de 1990. El Holando-Argentino se caracterizaba por sus vacas medianas, de buena ubre y muy buenas patas, adaptadas a caminar y a las condiciones pastoriles y climáticas argentinas (Molinuevo, 2006). Durante gran parte de los años 1990, debido a condiciones económicas que favorecieron la importación de semen y el incremento de la suplementación con silajes y concentrados a los rebaños, los sistemas granjeros locales buscaron aumentar la producción individual incorporando en forma masiva el uso de la inseminación artificial e introduciendo importante cantidad de genética Holstein Americana (H) (Laborde, 2004). Esta raza se caracteriza por ser seleccionada y mejorada en regiones donde las condiciones de manejo y alimentación son mucho más controladas que las imperantes en los sistemas de la pradera pampeana argentina, siendo una vaca de mayor porte y potencial lechero, pero cuyas patas y sistema mamario en general no se adaptan a las condiciones pastoriles, pues responden más a la realidad de países donde la estabulación es una condición normal y se les brinda una cuidada alimentación, bien balanceada (Madalena, 2001; Molinuevo, 2006). La selección que primó en ese período, basada en gran medida en la productividad individual por vaca, tuvo consecuencias sobre otros aspectos de los rebaños, entre ellas el deterioro de aspectos reproductivos y en la longevidad de las vacas (Marini y Oyarzabal, 2002; Musi, 2008), la cual en Argentina se estimó en solo 2,4 lactancias para las vacas incluidas en los registros de la Asociación Argentina de Criadores de Holando-Argentino (ACHA) al año 2005 (Molinuevo, 2005; Casanova *et al.*, 2011).

Actualmente en los sistemas lecheros de Argentina predomina el ganado lechero absorbido a H, aunque debido a las cambiantes relaciones de precios entre la leche y los suplementos y algunas condiciones climáticas extremas, el cruzamiento con otras razas se adoptó como forma de adecuar el animal a los diferentes esquemas productivos, especialmente en regiones con menor potencial forrajero y/o con mayores limitaciones por estrés climático (Schneider *et al.*, 2002). Esto es coincidente con lo que ocurre en otras regiones lecheras del mundo, donde un sector importante de los productores de leche utiliza el cruzamiento entre razas lecheras con el fin de disminuir los problemas de adaptación y lograr avances más rápidos en eficiencia productiva, reproductiva y económica de sus rebaños (Madalena, 2001; López, 2002; Knaus, 2009; Petraškiene *et al.*, 2013).

De esta manera, el interés por evaluar la respuesta de diferentes genotipos lecheros y analizar cuál es el sistema de producción apropiado para éstos ha crecido en la región, siendo cuestionada actualmente la forma de seleccionar la genética a introducir en los rebaños solo por litros, sin incluir además peso vivo (PV), sólidos en leche, reproducción, facilidad de parto, entre otras características (Laborde, 2004; Musi, 2008). Entre las razones que generaron ese interés se cuenta la menor fertilidad actual de las vacas H, sus problemas crecientes en cuanto a facilidad de parto, las superficies de campo limitadas para producir el volumen de forraje necesario para abastecer a animales de alto potencial, las dificultades económicas para mantener esquemas de producción con medianos a altos niveles de suplementación concentrada y, dentro de lo vinculado a aspectos comerciales, los cambios que se están dando en la negociación del precio de la leche, basado cada vez más en la suma de grasa butirosa (GB) más proteína total (PT) en leche, también denominados como “sólidos útiles” (SU) (Boettcher, 2001; Cassell *et al.*, 2007; Comerón *et al.*, 2007)

En Argentina, las industrias lácteas están cada vez más interesadas en abastecerse de leche con mayor concentración de SU, en especial proteína, que les permita mejorar los rendimientos en sus procesos de transformación (Taverna, 2002). Además, el actual sistema de pago obligatorio estipulado por el Ministerio de Agroindustria de Argentina (Minagro) se basa especialmente en la cantidad de SU, el cual es premiado con bonificaciones crecientes por parte de las empresas receptoras de leche (Minagro, 2011). Para aprovechar esto, en la práctica los productores pueden ajustar ciertos factores como la alimentación, la sanidad y la genética, pero para obtener incrementos sustanciales y con relativa rapidez en el contenido de sólidos, se debe variar el componente racial de las vacas mediante cruzamientos (López-Villalobos *et al.*, 2000b; Weigel y Barlass, 2003; Laborde, 2004; Comerón *et al.*, 2007; Heins, 2010).

Los beneficios de implementar cruzamientos entre razas son muchos, sin embargo, no es posible garantizarlos sin invertir a largo plazo, por lo que el productor debe analizar y evaluar los costos y beneficios que tendrá de acuerdo a su objetivo de producción, para luego decidir si le conviene cruzar o utilizar una raza pura bien adaptada a las condiciones ambientales prevalecientes en su sistema (Laborde, 2004). En este sentido, es necesario considerar que cambiar de raza o ingresar en sistemas de cruzamientos, no será un éxito en la práctica si es manejado solo desde un aspecto de la actuación animal, como puede ser la producción o la calidad de leche, sin considerar la

respuesta integral del animal y su influencia en el espectro entero de atributos asociados con la raza y sus cruzas (López-Villalobos *et al.*, 2000b).

La mayor parte de la experiencia en cruzamientos lecheros proviene de países como Nueva Zelanda, donde alrededor del 25% de los animales lecheros registrados son mestizos, y Australia, donde el 5% de su ganado lechero es de este tipo (López-Villalobos *et al.*, 2000b; Van Raden y Sanders 2003). Los cruzamientos son también muy comunes en climas tropicales, donde las razas de lecherías especializadas europeas están menos adaptadas al ambiente que las razas locales (McDowell, 1985; Madalena, 2001). Por otra parte, resultados de investigaciones realizadas en Europa y USA, sugieren que el cruzamiento con toros de otras razas diferentes al ganado H, puede conducir a una mejora sostenida de los porcentajes de grasa y proteína, facilidad de parto y tal vez mejorar la fertilidad y la salud general, logrando mayor cantidad de hembras para reemplazo (Sørensen *et al.*, 2008; Prendiville *et al.*, 2009; Heins, 2010). En tal sentido, los programas de mejoramiento desarrollados en universidades norteamericanas desde inicios del 2000, recomiendan que, de realizar cruzamientos, se utilicen rotaciones de tres razas para mantener la mayor heterosis posible, donde siempre los productores deben usar los mejores toros disponibles de cada una de ellas. Este sistema de cruzamiento proporciona un buen equilibrio de efecto heterótico en un sistema de apareamiento manejable, en tanto con dos razas se limitan los beneficios a largo plazo de la heterosis y con cuatro se diluye el impacto de la genética H y el esquema de inseminación se vuelve muy complejo (Heins, *et al.* 2014).

Localmente, la generación de información similar a la obtenida en Australia, Nueva Zelanda, Europa y USA., bajo las condiciones productivas particulares de Argentina, es escasa. En la cuenca central lechera argentina, se están realizando ensayos y seguimientos sobre sistemas de cruzamientos alternativos entre H y Jersey (J), con resultados promisorios en cuanto a mejoras en producción de sólidos, mejoras en indicadores reproductivos y beneficio económico (Weidmann *et al.*, 1997; Comerón *et al.*, 2007; Vera *et al.*, 2009). Al mismo tiempo, en la cuenca lechera de la provincia de Entre Ríos existe un especial interés sobre las vacas cruza, en pos de encontrar un genotipo más adaptado a sus sistemas, que poseen mayores limitaciones agroecológicas para la producción de forrajes. En seguimientos realizados sobre establecimientos tamberos de esta última región, donde cohabitan ganado H y sus cruzas con J, se observó mayor estabilidad en la producción y mejoras en estos últimos en cuanto a contenido de sólidos en leche, indicadores reproductivos y de sanidad, lo que genera expectativas sobre la adaptación de este ganado a los sistemas de la región (Mancuso *et al.*, 2006; Krall, 2010; Mancuso y Marini, 2012). En general, los resultados sugieren que la incorporación de cruzamientos, en particular J o Pardo Suizo (PDO) sobre H, permitiría mejorar los valores de GB y PT en la leche, incrementando la carga animal en sistemas con alimentación basada en pasturas, con restricciones en el nivel de suplementación con concentrados, hallándose además tendencias interesantes en cuanto a mejor comportamiento reproductivo y crecimiento genuino del rebaño (Krall *et al.*, 2005; Hofstetter y Mancuso, 2011; Mancuso *et al.*, 2011; Vallone *et al.*, 2014).

A partir de estos antecedentes e inquietudes, surge la necesidad de generar información para sistemas de producción basados en pastoreo dentro de la cuenca lechera entrerriana, involucrando más de dos razas en los cruzamientos y contribuyendo

a la toma de decisiones al momento de optar por un determinado grupo genético y sus posibles cruzas.

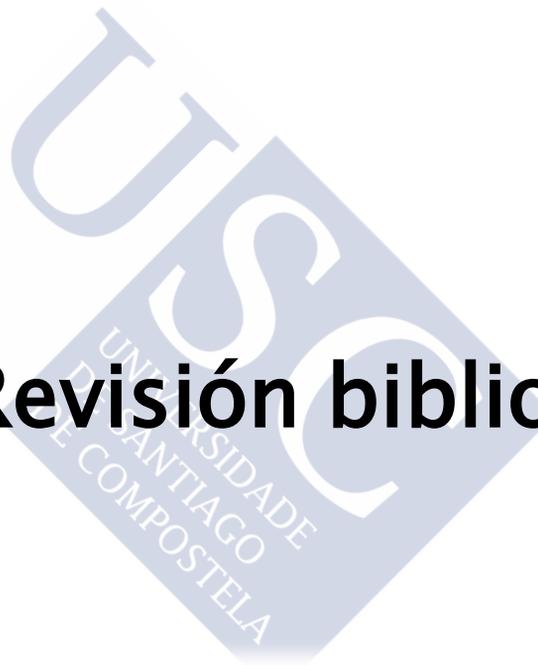
1.2. OBJETIVOS

El objetivo general de esta Tesis Doctoral es evaluar el comportamiento de grupos genéticos de vacunos de leche formados por diversas cruzas que involucran cinco razas, dentro de un mismo sistema de producción basado en pastoreo de forrajes con suplementación estratégica de forrajes groseros y concentrados. Para ello nos planteamos los siguientes objetivos específicos:

1. Medir oferta, composición y calidad de la dieta y estimar los consumos de materia seca (MS) y de nutrientes por parte de los animales.
2. Evaluar y comparar el comportamiento de los diferentes genotipos, en cuanto a parámetros de producción y calidad composicional y sanitaria de la leche y de algunos aspectos reproductivos.
3. Evaluar y comparar peso vivo, condición corporal e indicadores de metabolismo de energía y proteína, en los diferentes grupos genéticos de animales.
4. Evaluar y comparar macro y microminerales en sangre en los diferentes grupos genéticos de animales.
5. Evaluar y comparar supervivencia de los diferentes genotipos, en base a sus lactaciones previas en el mismo sistema bajo estudio.
6. Discutir las implicancias de introducir las cruzas evaluadas en el sistema integral de producción, considerando en su conjunto las variables productivas, reproductivas y metabólicas estudiadas.



Revisión bibliográfica





2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA INCORPORACIÓN DE CRUZAS LECHERAS EN SISTEMAS PASTORILES, SU IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE, REPRODUCCIÓN Y SUPERVIVENCIA

2.1.1. Sistemas de producción con cruzas

Los sistemas lecheros basados en el pastoreo, suministran porcentajes significativos de la ingesta de materia seca (MS) de las vacas en forma de forrajes frescos, y varían en su manejo y respuesta productiva, de aquellos donde son alimentadas principalmente con una ración total mezclada. Aunque las vacas que pueden ser consideradas adecuadas para un sistema basado en pasturas, comparten muchas características generales con aquellas más apropiadas para un sistema sin pastoreo, como son la eficiencia de la alimentación, el mantenimiento de la condición corporal (CC), la aptitud reproductiva, la salud de la ubre, la longevidad y la capacidad de adaptarse a diversos sistemas de manejo, la importancia relativa de varios de estos rasgos puede diferir (Washburn y Mullen, 2014).

Las granjas lecheras que dependen del pastoreo para alimentar sus animales, suelen tener una producción individual más baja que las lecherías confinadas, pero tienen el potencial de ser económicamente competitivas, debido a sus menores costos operativos y de estructura (Washburn y Mullen, 2014). En la mayor parte de los países que trabajan en estos sistemas pastoriles, el enfoque de selección se ha enfatizado en la fertilidad, junto con los rendimientos en leche y/o sólidos y, las vacas H con altos porcentajes de ancestros norteamericanos pueden adaptarse a ellos, siempre y cuando se incluyan cantidades adecuadas de concentrados en su alimentación y los intervalos entre partos no sean restrictivos (Madalena, 2001; Molinuevo, 2005; Laborde, 2008).

Por lo mencionado, los empresarios tamberos deberían seleccionar el tipo de vaca a utilizar, teniendo en cuenta su sistema de producción, sus objetivos empresariales y el destino de su leche (Molinuevo, 2006; Taverna, 2007; Laborde *et al*, 2014). Otras razas y sus cruces con H, poseen menor potencial de producción, pero son más rústicos y fértiles, siendo estos rasgos muy importantes en sistemas a pastoreo con partos

estacionados, donde la capacidad de producir leche es tan importante como mantener la CC para la reproducción (Washburn y Mullen, 2014).

El valor del cruzamiento en las especies ganaderas se conoce desde hace mucho tiempo, y se ha utilizado intensamente en los sistemas de producción de ganado vacuno para carne, cerdos y aves de corral durante décadas, pero este no ha sido el caso de la producción lechera. Se aduce que una de las principales razones para esto era la relativa falta de conocimiento sobre los parámetros genéticos de interés, tanto de las propias razas lecheras como de los logrados por heterosis, lo cual está cambiando en los últimos años, al estar conformándose una base racional de evaluaciones genéticas en las poblaciones lecheras que incluyen cruzamientos (Swan y Kinghorn, 1992). Otra razón del uso casi exclusivo de razas puras en los sistemas ganaderos de leche, quizás la más importante, ha sido el fuerte énfasis puesto en el rendimiento individual, donde el H ha dominado para este rasgo y para el cual la heterosis es bastante baja, lo cual llevó a que la producción de leche en los países de las zonas templadas, tenga una dependencia casi total en el uso de razas altamente especializadas como H o la J (McDowell y McDaniel, 1968 a y b; Boettcher, 2001; Sørensen *et al.*, 2008). No obstante, actualmente los beneficios del uso del cruzamiento en la producción de ganado lechero están documentados y siguen sumándose resultados sobre diferentes sistemas (Sørensen *et al.*, 2008; Buckley *et al.*, 2014), al comprobarse que, debido especialmente a la heterosis, los animales cruzados son más robustos y económicamente más eficientes, comparados con las mismas razas parentales (Pedersen y Christensen, 1989; López-Villalobos *et al.*, 2000b; Mäki-Tanila, 2007; Vargas-Leiton *et al.*, 2012).

Como principales razas puras especializadas en producción de leche, las vacas H y J han sido evaluadas y debatidas durante muchos años y el nivel de interés en estudiarlas sigue aumentando, en gran parte debido a los bajos precios de la leche, los altos costos de alimentación, los continuos cambios climáticos y el creciente deseo de sostenibilidad de los sistemas. En tal sentido, la eficiencia es un factor importante en la rentabilidad de cada granja lechera y no se limita a lo vinculado a alimentación, sino más bien al uso de todos y cada uno de los factores externos para mejorar los beneficios de la empresa lechera (Carstensen, 2013). Entre ellas existen diferencias e interacciones para los distintos aspectos examinados, por lo cual resulta difícil postular un beneficio global propio solamente de una. Así, las J se destacan en un mayor número de rasgos, especialmente en sistemas bajo pastoreo, siendo sus principales beneficios la longevidad, la estabilidad y vida productiva, su facilidad de parto y comportamiento reproductivo, su alta contribución en cruza al vigor híbrido, la menor incidencia de mastitis y mejor respuesta inmune a *Staphilococos aureus*, su menor impacto ambiental y los mayores beneficios que brinda en sistemas de fijación de precios por sólidos en leche (López-Villalobos *et al.*, 2000b; Carstensen, 2013). Por su parte, la H posee ventajas en cuanto a producción individual, eficiencia en los sistemas de confinamiento, mayor estabilidad hormonal ante factores de estrés, mejor respuesta a infecciones por *Escherichia coli*, menores tasas de mortalidad de los terneros y más beneficios en mercados donde se fijan los precios en base a volumen entregado (Molinuevo, 2006; Musi, 2008, Carstensen, 2013).

Generalmente, tanto las razas lecheras puras tradicionales, como las cruzas entre ellas y con otras razas no tan difundidas, se han utilizado en sistemas a pastoreo en climas templados, en esquemas de manejo muy variables, expuestos al clima y con diversos tipos y niveles de suplementación y se postula que, bajo manejos confinados y más intensivos, las cruzas no son capaces de superar el rendimiento de las razas parentales (Washburn y Mullen, 2014). Sin embargo, los cruces entre razas lecheras son cada vez más comunes en ambos esquemas, debido a los problemas cada vez más serios asociados con el uso intensivo de las razas puras, como son el aumento en la consanguinidad y la reducción en los índices de rendimiento reproductivo y longevidad (Van Raden y Sanders 2003, Cassell y McAllister 2007, Madalena 2011). Otro factor que contribuye al uso de los cruces, es la migración de las empresas industriales lácteas hacia sistemas de pago por componentes, los cuales en algunos países además penalizan la producción de fluido (Cassell *et al.*, 2007; Krall, 2010). Por ello, el número de mestizos ha aumentado en USA en los últimos 10 años (VanRaden y Sanders, 2003) y, en general, se postula que la implementación de esquemas con cruzamientos, mejora la rentabilidad global en las granjas lecheras comerciales, al combinar las ventajas inherentes de cada raza lecheras y aprovechar el efecto de heterosis (Chagas, *et al.*; 2007; Dechow *et al.*, 2007; Heins *et al.*, 2008b).

El mayor énfasis puesto en los rasgos funcionales y sus relaciones con el beneficio general del sistema, junto con las preocupaciones sobre la endogamia, debería impulsar el uso del mestizaje en el futuro, a partir de que otras razas tienen ventajas genéticas aditivas sobre el H en rasgos funcionales diferentes al rendimiento, tales como duración de la vida productiva y/o concentraciones de sólidos en leche (Boettcher, 2001; VanRaden y Sanders, 2003). En tal caso, es importante tener claro que los sistemas de cruzamiento, combinados con los efectos de la selección, mejoran los animales de las futuras generaciones y que sus beneficios solo pueden ser aprovechados si se realiza una planificación cuidadosa para combinar las razas disponibles y se seleccionan los mejores animales de reemplazo dentro de estas razas (López-Villalobos *et al.*, 2007).

Probablemente, otro obstáculo que limita la práctica del mestizaje en el ganado lechero ha sido una lealtad general por parte de productores y profesionales a las razas puras, lo cual, a medida que los rebaños se hacen más grandes y se presta menos atención individual a las vacas, deja de ser el paradigma dominante y se le presta más relevancia al beneficio del sistema y la empresa (Boettcher, 2001). Además, en climas templado-cálidos y subtropicales, el H ha demostrado una correlación genética negativa entre el rendimiento de la leche y la tolerancia al calor, lo cual parece improbable que pueda mejorarse mediante selección, y sería preferible y más rentable cambiar y/o cruzar los rodeos H con nuevas razas (Kolver *et al.*, 2002). En tal caso, las alternativas como el H-Friesian Neozelandés (H-FN), la J, la Roja Noruega (RN) o la Sueca Roja y Blanca (SRB), entre otras, pueden ser de interés, sobre todo en el contexto latinoamericano, donde los sistemas confinados de alto rendimiento no son los más frecuentes y el cruzamiento ha demostrado ser rentable (Madalena, 2011). También otras razas, como la Montbeliarde (MON) en Francia, han sido seleccionadas dando mayor importancia a otros rasgos funcionales además de producción y conformación y,

los resultados de cruzamientos de ellas con vacas H puras, mostraron que las vacas mestizas HxMON logran producciones similares a las H, con ventajas en fertilidad, supervivencia y longevidad (Hazel *et al.*, 2014). Las ventajas potenciales en eficiencia económica de las vacas mestizas sobre vacas H puras, podrían resultar de la heterosis, de la selección simultánea para la producción y CC de las vacas, o de una combinación de ambos factores (Hazel *et al.*, 2013).

Cada vez más estudios muestran que, si se cruzan razas con similar nivel genético para el mérito total, se pueden mejorar los beneficios de los productores lecheros, ya que la heterosis obtenida a partir del cruzamiento es una ventaja añadida por encima de la ganancia genética de la raza pura (López-Villalobos y Garrick, 2002 a y b). Se pueden utilizar combinaciones de cruzamientos de dos, tres y cuatro razas para formar una población compuesta, donde la producción de mestizas en primera generación, seguida por la producción de cruza y retrocruza, proporcionaría una mayor oportunidad de evaluar completamente los méritos de sistemas de cruzamientos alternativos (McAllister, 2002). La magnitud del beneficio adicional dependerá del tipo y cantidad de razas involucradas en el sistema, aunque la mayoría de los estudios informan al menos un aumento del 10% en el beneficio económico total por vaca entre los cruces de razas "no relacionadas", cuando se realizan estrategias sistemáticas y consistentes de reproducción. El 67% de la heterosis en la primera cruza se mantiene bajo un programa de cruces de razas, pero aumenta hasta un 86% cuando se utilizan rotaciones de 3 razas, por lo cual, independientemente de las razas parentales utilizadas, se recomienda este último programa de cruzamiento rotacional si se quiere aprovechar al máximo dicho efecto (Hansen y Heins, 2006; Sørensen *et al.*, 2008). El uso de 3 razas permite mantener altos niveles medios de heterosis a través de las generaciones, en un patrón de apareamiento rotacional donde las razas deben ser complementarias entre sí y adecuadas para el sistema de manejo específico que se esté desarrollando (Hansen y Heins, 2006; Hazel *et al.*, 2014). En sistemas simulados de cruzamientos rotativos de este tipo, se demostró que podría aumentar sensiblemente la rentabilidad en sistemas pastoriles como los de Nueva Zelanda, donde más del 20% del hato lechero está constituido por cruza, principalmente HxJ (López-Villalobos *et al.*, 2000b). También se realizaron estudios de cruzamiento de tres vías en sistemas confinados en California (USA), donde la cruza HxSRBxMON, demostró ser la mejor combinación de las razas evaluadas, al mejorar varios aspectos del sistema: longevidad, rasgos de reproducción, buenos niveles de producción y logro de mejores precios por la leche comercializada (pago por SU), por lo cual se propone como una opción práctica para aumentar la rentabilidad de las granjas lecheras, en el actual mercado lácteo norteamericano (Owens, 2010).

En trabajos realizados especialmente en Europa y USA, se está acumulando considerable evidencia que posiciona al cruzamiento con razas como NR, Ayrshire, Guernsey y Pardo Suizo (PDO), además de J, como opciones adecuadas para los productores de leche en la búsqueda de incrementos en su rentabilidad, debido especialmente a mejoras en la eficiencia reproductiva, pero también por mejorar los indicadores productivos de los sistemas, particularmente cuando se organizan con partos

estacionados (Buckley *et al.*, 2008; Buckley *et al.*, 2014; Washburn y Mullen, 2014). A partir de esto, el cruzamiento en el ganado lechero está atrayendo a los productores tamberos en muchos países, incluyendo Irlanda, Nueva Zelanda, Australia, Canadá, Estados Unidos, Chile, Uruguay y Argentina, principalmente seducidos por los beneficios en los rasgos funcionales (Weigel y Barlass, 2003; Penasa *et al.*, 2010b) y económicos (Ahlborn y Bryant, 1992; López-Villalobos *et al.*, 2000b; VanRaden y Sanders, 2003; Laborde, 2004; López-Villalobos *et al.*, 2007; Sørensen *et al.*, 2008; Heins *et al.*, 2011 y 2012; Ferris *et al.*, 2012), cambios que llevarán a una menor participación de las raza puras en dichos sistemas.

La productividad física de los sistemas lácteos de pastoreo, simulada y/o relevada para distintas cuencas lecheras, aumenta con cantidades crecientes de alimentación suplementaria, pero la rentabilidad económica es cada vez menor a niveles de suplementación más altos (Soder y Rotz, 2001, Comerón *et al.*, 2007; Centeno, 2015). Esto ha recibido un renovado interés en los últimos años, a partir de los crecientes costos de la energía, los mayores precios de los concentrados y las mayores inversiones en equipos e instalaciones necesarias para montar y mantener sistemas en confinamiento (Soder y Rotz, 2001, White *et al.*, 2002; Washburn y Mullen, 2014). El uso de suplementación de moderada a alta en sistemas pastoriles, junto con el parto estacional, requiere vacas que son reproductivamente eficientes, pero permite flexibilidad para aumentar las cargas de animales por unidad de superficie, haciendo un uso significativo de las pasturas durante la temporada de crecimiento (Baudracco *et al.*, 2011). Esta suplementación debe permitir un aumento de la nutrición de la vaca en ordeño durante su lactancia temprana, a fin de aumentar la producción en el pico de la curva, así como para extender más tiempo la lactancia y aprovechar mejor la temporada de pastoreo (Washburn y Mullen, 2014). Con los precios de los concentrados variando a lo largo del tiempo, también se podría esperar que los niveles óptimos de suplementación varíen y, ante tales escenarios, los sistemas lecheros a pastoreo, especialmente aquellos que posean mejores rasgos funcionales en su rodeo, tendrán potencial para ser económicamente competitivos y posiblemente más rentables que los sistemas de confinamiento, en parte debido a menores inversiones de capital, menores costos de alimentación, menos mano de obra y menos inversiones para el manejo de los efluentes (White *et al.*, 2002; Fontaneli *et al.*, 2005, Sørensen *et al.*, 2008; Centeno, 2015). Con la intensión de probar esta posible adaptación de las cruza a la intensificación en el uso de alimentos en Irlanda, Ferris *et al.* (2012) evaluaron tres sistemas pastoriles con niveles crecientes de suplementación, y hallaron que el ingreso económico por venta de la leche producida fue relativamente similar con las vacas cruza HxJ y las vacas puras H, pero que las vacas cruza mostraron mayor fertilidad y menor incidencia de mastitis, con los consiguientes menores costos y mayor ingreso neto en el sistema. Además, las vacas mestizas produjeron una respuesta de rendimiento de SU similar a la de las vacas H en todo el rango de niveles de alimentación de concentrado examinados, lo que sugiere que pueden adecuarse en forma sostenible en sistemas de mayor concentración de insumos. Este último aspecto de adaptación también fue observado en cruza HxJ en sistemas pastoriles de Argentina (Comerón *et al.*, 2003).

El uso de mayores cargas de ganado y el incremento en la suplementación, en sistemas lácteos basados en pastoreo puede ofrecer beneficios debido a su mayor producción de leche por hectárea, sin ocasionar efectos negativos en el rendimiento reproductivo (Macdonald *et al.*, 2008, Baudracco *et al.*, 2011; Ferris *et al.*, 2012; McCarthy *et al.*, 2012; Centeno, 2015). Además, esto puede mejorarse utilizando razas y/o sus cruza, generando rodeos lecheros más adaptados a esos sistemas: más longevos, con mejores rasgos funcionales y económicamente más eficientes en comparación con las razas parentales, los que deberían producir niveles aceptables de leche, sin aumentar en forma excesiva su tamaño y/o condición corporal (CC) (White *et al.*, 2002; Horan *et al.* 2005; Comerón *et al.*, 2007; Sørensen *et al.*, 2008; Ferris *et al.*, 2012; Buckley *et al.*, 2014). Como ejemplo para la cuenca lechera central de Argentina, López-Villalobos *et al.* (2000a), simularon un sistema lechero típico, con pastoreo y suplementación, el cual recibe un sistema de pago propio de la zona, que privilegia de manera importante la concentración de sólidos de la leche por sobre el volumen. De esta manera, comprobaron que, tanto la aplicación de una estrategia de “cruzamientos absorbentes a J sobre el H”, como la de “cruzamientos rotacionales HxJ”, mejoraban en forma significativa los ingresos netos del tambo, tanto por vaca (+20% y +36%, respectivamente), como por hectárea (+51 y +61%, respectivamente). Los resultados de este y otros estudios similares, confirman que el mérito económico de las razas depende en gran medida de las circunstancias económicas (sistema de pago de la leche) y que los efectos heteróticos acumulados de los rasgos individuales y la complementariedad de la raza dan como resultado una heterosis económica, que en definitiva aumenta la ganancia de la granja (López-Villalobos y Garrick, 2002a).

Waigel y Barlass (2003), a fin de conocer el impacto y la opinión de los productores lecheros norteamericanos que poseen rodeos mestizos, realizaron una amplia encuesta entre ellos, quienes resaltan las mejoras en salud, fertilidad, longevidad y rentabilidad general de sus empresas al incluir ganado lechero cruza. En los resultados, se destaca que la raza H sigue siendo superior al considerar el volumen de producción, pero los cambios en la fijación de precios de la leche, junto con la disminución de la fertilidad y los precios de las vaquillonas de reemplazo cada vez más altos, han hecho más atractivo el cruzamiento para más granjas lecheras comerciales. Mencionan como desventajas, la comercialización más dificultosa de los animales cruza y la falta de uniformidad dentro del rebaño de ordeño, lo que genera algunos retos para la adecuación de la infraestructura y el manejo del rodeo. Estas apreciaciones coinciden con trabajos que ya poseen más de 20 años, realizados en la Universidad de Illinois, donde Touchberry (1992), concluye que las H puras fueron superiores a vacas mestizas de Guernsey×H para la producción de leche, pero estas últimas superaron en un 14,9% en ingresos netos a las H puras en el sistema. Resultados similares obtuvo McAllister (2002), al trabajar con H y sus cruza con Ayrshire. Así como también con otros trabajos más contemporáneos en California (USA), donde se calcularon, en forma comparativa, los costos de piensos y de las vacas de reemplazo, gastos operativos y precios de la leche entre vacas puras H y vacas cruza de (HxMON)xSRB y de

(HxSRB)xMON, hallándose disminuciones significativas en los costos operativos y un aumento de los precios de la leche recibidos en los esquemas con cruza (Owens, 2010).

Al analizar los sistemas de producción de leche en Argentina, uno de los componentes más dinámicos y relevante es el mejoramiento genético del ganado, con una clara tendencia creciente en producción individual y de mejora en conformación de las vacas. Este aumento del nivel individual de producción, y la intensa selección aplicada, no han estado libres de complicaciones: problemas de parto, afecciones metabólicas, reducción de la fertilidad, entre otros efectos, que han reducido la vida útil de las vacas y llevado a cuestionar el camino seguido (Molinuevo, 2006; Musi, 2008). Las “nuevas vacas” requieren un manejo cada vez más exigente y la consanguinidad, entre otros temas igualmente inquietantes, es una realidad en los rodeos. Este nuevo desafío para la producción, ha sido abordado con estrategias como la incorporación de nuevas razas y el cruzamiento entre ellas y con las vacas H locales, explotando la heterosis para distintos caracteres de importancia económica y las diferencias productivas (Musi, 2008). Por otra parte, las condiciones climáticas y las características propias del sistema de comercialización de los productos lácteos en esta región, son causa de variaciones tanto en el volumen producido como en el precio de los mismos. Frente a estas condiciones y otras de muy variada índole, que van desde el tipo de suelo hasta la cultura propia de las poblaciones rurales, se han desarrollado diferentes estrategias productivas que combinan distintos ambientes agroecológicos, de manejo y alimentación, con diversos grupos genéticos, dando lugar a una amplia y variada gama de sistemas de producción y mercadeo de la leche (Madalena, 2002; Laborde, 2004).

El sistema “ideal” para todos los productores no existe, pero debe buscarse aquel que sea sustentable, con escala económica que responda a los intereses del empresario, basado en un adecuado gerenciamiento, con equipos de trabajo motivados y capacitados, dentro de un esquema flexible, con alta eficiencia productiva y adecuada relación costo:beneficio. En este contexto, se debe decidir si conviene cruzar o utilizar una raza pura, bien adaptada a las condiciones ambientales prevalecientes en el sistema sobre el cual se trabaja, analizando si es más conveniente adecuar el sistema a la vaca que se ha venido seleccionando o seleccionar la vaca para el sistema más rentable de producción de leche en la cuenca (Madalena, 2002; Laborde, 2004; Molinuevo, 2005).

Para avanzar en estos análisis, dos simulaciones físico-económica de sistemas pastoriles modales incluyeron genotipos de razas diferentes a la H y sus cruza, mostrando la potencialidad de estos esquemas para Argentina. El primero (Comerón *et al.*, 2007) fue realizado para la cuenca central santafecina, comparando tres rodeos para el mismo sistema modal: puro H, puro J y cruza HxJ. Los resultados mostraron que el ingreso neto por hectárea del rodeo J y de la cruza HxJ fueron superiores en un 28 y 14%, respectivamente, comparado con un rodeo modal H, de lo cual se desprende el importante efecto que tiene la composición química de la leche sobre el precio de la leche. Es de considerar que la producción individual del tambo "H" fue superior, pero esto se vio más que compensado por la mayor carga animal (vacas en ordeño y secas/ha ocupada por estas categorías), que permitiría mantener el sistema con las cruza o las J

(20 o 30% más, respectivamente). El segundo, realizado por Litwin *et al.* (2013) para la cuenca lechera de Entre Ríos, incluyó el análisis de riesgo económico y productivo, con tres rodeos alternativos que mantenían la misma carga animal (kg PV/ha) pero se componían de diferentes porcentajes de genotipos: 100% H, 100% cruce JxH y “mixto de tres razas” (60% JxH + 25% (JxH)xPDO y 15% H). El Ingreso Bruto Anual del sistema el cual fue menor en el escenario con 100% H y aumentó 11% y 14% en el “mixto” y en el JxH, respectivamente; donde, además el H tuvo la mayor variabilidad física y económica y el “mixto” fue el más estable ante cambios esperables en precios y/o rendimientos.

2.1.2. Producción de leche y sólidos útiles con cruces en sistemas lecheros

La producción media de leche por vaca en los principales países productores del mundo, ha aumentado considerablemente entre los años 1980 y los 2000. Aunque la nutrición y la gestión han ayudado en este incremento, la selección genética ha representado más del 55% de las ganancias fenotípicas en los rasgos de rendimiento. No obstante, en igual período se incrementó el contenido de células somáticas (CCS) y disminuyó la fertilidad de las vacas (Shook, 2006). En USA, en dicho período, los promedios de rendimiento en leche por lactancia aumentaron de 4.753 a 6.375 kg para H (Washburn *et al.*, 2002), donde sólo el 5% del ganado lechero de USA era de otras razas (McAllister, 2002). En similar período, en los sistemas pastoriles de Nueva Zelanda, los rebaños de raza J produjeron menos volumen, pero más grasa e igual o más proteína por hectárea en comparación con los rebaños de H-FN contemporáneos, con mejores indicadores reproductivos (Montgomerie, 2002).

Desde inicios de los 2000, aumenta el interés por el mestizaje, tanto entre productores de leche como entre investigadores, debido a la necesidad de revertir la mencionada tendencia al deterioro en las variables reproductivas, la baja en longevidad y, muy especialmente, al cambio en la forma de pago de la leche, que impuso mayor peso en las cantidades de SU entregados (VanRaden y Sanders, 2003; Weigel y Barlass, 2003; Heins *et al.*, 2006a). Entre las diferentes razas utilizadas con este propósito, la J se eligió inicialmente para complementar mejor la raza H, debido a su mejor composición de leche, además de ser mejoradora en aspectos reproductivos y, en general, más rentables que los H puros (McAllister, 2002).

Encuestas realizadas a productores que manejan rodeos cruce en USA (Weigel y Barlass, 2003) y en Canadá (Rozzi *et al.*, 2007), permiten entender que ellos incluyen el cruzamiento en sus esquemas de manejo, no solo para aumentar los rendimientos en sólidos, sino también para aprovechar la oportunidad que ofrecen las interacciones genéticas a partir de la heterosis, expresada en mejoras reproductivas, salud general y de la ubre y para mitigar la depresión general de la endogamia. En particular para Canadá, los cruzamientos son mucho más frecuentes en sistemas con pastoreo y granjas orgánicas, donde los más populares son cruzamientos rotatorios de 3 razas,

especialmente con H, PDO y J, en los cuales se encontró una fuerte asociación entre el porcentaje de H en el rebaño y el nivel de producción individual de leche (Rozzi *et al.*, 2007).

Si bien la asociación entre la genética H y la producción en litros de leche, antes comentada para Canadá, se puede generalizar para las principales cuencas lecheras en el mundo, también ocurre que, al considerar la producción de grasa y proteína por vaca, se minimiza la superioridad del H. Incluso con altos niveles de concentrados en las dietas, la diferencia productiva a favor del H se manifiesta en volumen de leche, pero no tanto en sólidos, y cuando la pastura comienza a predominar, la producción, fundamentalmente de grasa y, en menor medida, de proteína en las vacas H disminuye (Buckley *et al.*, 2003; Horan *et al.*, 2005; Chagas *et al.*, 2007; Macdonald *et al.*, 2008; Cassel *et al.*, 2009; Krall, 2010).

De esta manera, la producción de sólidos en la leche es cada vez más importante, y el cruzamiento pasa a ser una alternativa interesante para mejorarla, con efectos positivos, además, sobre salud, fertilidad y supervivencia. No obstante, su difusión es relativa, debido –entre otros factores- a la histórica fortaleza de las sociedades de criadores y las preferencias personales de los productores por razas puras, los que aún limitan la aceptación de cruzamientos en muchas de las granjas de ganado lechero (Madalena, 2001; Sørensen *et al.*, 2008; Buckley *et al.*, 2014).

En lo relacionado a tipos de cruzamientos y sistemas de producción pastoriles, las razas más utilizadas han sido H y J (López-Villalobos *et al.*, 2000b; Van Raden y Sanders 2003). Al mencionar la raza H, es necesario aclarar que hace referencia a la H Americana, cuyas características son muy diferentes a las líneas neozelandesas y europeas de H, también llamadas Holstein-Friesian (H-F) o Frisonas (Coffey *et al.*, 2016). En general, la J más utilizada es también de origen americano, siendo de mayor tamaño y potencial productivo que la J Neozelandesa (López-Villalobos y Garrick, 2002b). En tal sentido y como ejemplo, Horan *et al.* (2005) estudiaron tres líneas de H (dos americanas: alta producción y alta longevidad y una neozelandesa) en tres sistemas alimenticios: alta carga de pastoreo, alta disponibilidad de forraje y alto nivel concentrados. Las líneas americanas fueron superiores en volumen de leche producido respecto a la neozelandesa, pero cuando se considera la producción de grasa y de proteína, esta superioridad se minimiza. Al aumentar el nivel de concentrados, la diferencia productiva a favor del H Americano se manifiesta en mayor volumen de leche, pero no tanto en sólidos y, cuando se tiene en cuenta la eficiencia productiva por PV, las diferencias desaparecen.

Resultados de numerosos trabajos que comparan las razas H y J más sus cruza, bajo diferentes esquemas pastoriles y confinados de manejo en Centro y Norte América (Heins *et al.*, 2008 a y b; Heins *et al.*, 2011; Bjelland *et al.*, 2011; Brown *et al.* 2012; Juárez Sierra y Marsan Serrano, 2013) y Europa (Palladino *et al.*, 2010; Xue *et al.*, 2011; Ferris *et al.*, 2012), coinciden en que las vacas H de raza pura logran mayores producciones individuales de leche que las J y que las cruza generalmente son intermedias, pero en determinados manejos de baja suplementación pueden tener

similares rendimientos en volumen a la H. Cuando se tienen en cuenta las producciones en sólidos, el rendimiento de grasa generalmente se equilibra entre razas y sus cruzas, o bien éstas superan a ambas razas parentales, en tanto que la producción de proteína suele mantenerse más elevado en la H. Si se consideran en su conjunto, el total producido por vaca de SU, no es tan afectado por la raza, equilibrándose en general los rendimientos, tanto a nivel de vacas puras como de sus cruzas, salvo en algunos sistemas de alto uso de concentrados, donde la H puede destacarse (Ferris *et al.*, 2012).

Cuando se compara J con las H-F, los rendimientos son muy similares en las razas puras, tanto en volumen como en sólidos totales (ST), pero se observan mejoras en todas las producciones entre sus cruzas, especialmente si se incrementan las suplementaciones con concentrados, efecto adjudicado a la heterosis y por lo cual dichos autores las recomiendan como muy adecuadas para los sistemas con alta incidencia del pastoreo (Mackle *et al.*, 1996; Prendiville *et al.*, 2009; Vance *et al.*, 2012; Nantapo y Muchenje, 2013; Vance *et al.*, 2013). En sistemas similares, con las mismas razas, Buckley *et al.* (2008) obtuvo resultados algo diferentes, ya que el rendimiento en leche fue mayor para las H-F que para las vacas J, en tanto que las cruzas lograron producciones intermedias.

Varios trabajos comparan a H con otras razas diferentes a la J, buscando expresar no solo aspectos de calidad composicional de leche y mejoras en fertilidad, sino también de conformación, longevidad y rusticidad en las cruzas. Entre los primeros desarrollados en USA, Bereskin y Touchberry (1966) analizaron la primera lactancia de H y Guernsey y sus cruzas, sin encontrar diferencias significativas para ningún rasgo de producción. McAllister (2002) también trabajó con mestizos de una raza británica (Ayrshire), en cruce con H en USA y tampoco halló diferencias con las H puras en producción de leche.

Otros equipos de investigación compararon vacas H con PDO y sus cruzas, entre ellos Hollon *et al.* (1968), Brandt *et al.* (1973) y Dechow *et al.* (2007), quienes hallaron que las cruzas superaron a las razas puras en rendimientos de GB, sólidos sin grasa, PT, leche corregida con grasa y leche corregida con sólidos, especialmente en su primera generación de cruzamiento. En un trabajo posterior (Owens, 2010), observó que las vacas cruza HxPDO experimentaron una ligera caída en la producción total, en comparación con las H puras. En dos de dichos trabajos se comparó el rendimiento con sus pesos corporales, resultando entonces que todos los grupos produjeron rendimientos similares de leche por unidad de PV (Hollon *et al.*, 1968; Brandt *et al.*, 1973). McDowell y McDaniel (1968a), por su parte, compararon tres razas de las antes mencionadas (Ayrshires, PDO y H), donde las vacas cruce de AyrshirexPDO produjeron significativamente por debajo de H en cuanto a leche y sólidos, en tanto las cruza AyrshirexH y PDOxH fueron ligeramente inferiores en la leche a H, pero sus rendimientos en leche corregida por grasa y en sólidos fueron mayores a esta raza pura.

En USA, una raza también utilizada para cruzar con H es la MON, cuyas vacas cruza logran producciones de leche, grasa y/o proteína similar o ligeramente inferior (entre 0 y -3%) que las H puras (Walsh *et al.*, 2008, Heins *et al.*, 2012, Hazel *et al.*, 2013; Hazel *et al.*, 2014). Resultados que los mismos autores adjudican a las mejoras

genéticas dentro de ambas razas, a la heterosis y a una combinación de estos dos factores. Por su parte, Mendonça *et al.* (2014), al comparar estas mismas razas y sus cruzas, detectaron la presencia de interacción entre raza y número de lactancia para el rendimiento de la leche, a partir que el rendimiento de la leche en la primera lactancia de vacas H fue mayor que para las vacas mestizas, pero no se observaron diferencias al evaluar vacas multíparas. Al igual que los trabajos anteriores, el rendimiento de GB y PT en leche no estuvo asociado con la raza, pero las vacas H tuvieron mayor producción de leche que las cruzas. Otro trabajo que también reportó que las vacas primíparas H brindan mayor rendimiento de leche y mayor rendimiento de SU, en comparación con las vacas cruza MONxH, es el de Heins *et al.*, (2006a).

Otra raza europea estudiada en USA para cruzamientos con la H, ha sido la NR (Touchberry, 1992), cuyas cruza superaron en rendimiento de leche, GB, PT y sólidos no grasos a las H puras en 8,0; 8,5; 7,5 y 3,0%, respectivamente. Esta misma raza, pero en Irlanda y en cruza con H-F presentó rendimientos de leche similares entre las vacas puras H-F y las cruza, en tanto las vacas NR puras lograron producciones ligeramente inferiores a ambas (Buckley *et al.*, 2008). En otro estudio con razas europeas del norte, se estimó el efecto de cruzamientos entre las razas H-Sueca y SRB, cuyos cruces produjeron menos leche, pero igual o más cantidad de grasa que la H-Sueca pura (Jönsson, 2015). En México, Lammoglia Villagómez *et al.* (2013), compararon vacas H y sus cruza con J, MON y SRB, en sistemas estabulados y alimentadas con una ración integral y balanceada, con tres ordeños diarios, observando que las vacas H produjeron más leche que todas las primeras cruza con dicha raza, entre las cuales no hubo diferencia en rendimiento de leche.

En Lituania, vacas H puras produjeron más volumen de leche y cantidades de grasa que sus cruza con Danesa Roja, SRB y H, siendo solo mayor en las cruza el contenido de proteínas (Petraškiene *et al.*, 2011). En tanto que, en Irlanda, vacas lecheras H puras superaron en todos los rasgos de producción de leche a sus cruza con J y MON, mientras las cruza la superaron en rendimientos de GB y PT (Penasa *et al.*, 2010b). Otro trabajo de Irlanda, compara la producción de leche en rodeos comerciales de vacas puras H, H-F y J, con sus respectivas cruza, hallando que el rendimiento de sólidos lácteos en las vacas mestizas superó el promedio de rendimiento parental (Coffey *et al.*, 2016).

Una práctica recomendada y en crecimiento, dentro de quienes realizan cruzamientos para mejorar la producción de sólidos en la leche, es la de tratar de mantener la mayor heterosis posible en el rodeo mediante el apareamiento entre tres razas (Hansen y Heins, 2006; Sørensen *et al.*, 2008; Heins, *et al.* 2014), por lo cual cada vez más equipos de investigación plantean trabajos con este esquema. Uno de los primeros que describe estos cruzamientos entre dos y tres razas es Ruvuna *et al.*, (1983), con diferentes cruzamientos entre las razas H, PDO y J en el sudeste de USA. De sus comparaciones surge que, en partos de invierno, las vacas H puras superaron a todas las cruza en producción de leche, salvo a las PDOxH, pero en la estación cálida, dos grupos: HxPDO y HxJxPDO, fueron mejores que H en rendimiento individual en litros de leche y kg de GB, en tanto HxJ produjo igual cantidad de grasa que H. Estos resultados muestran que la heterosis se expresó en mayor magnitud durante las estaciones cálidas que en las estaciones frías, para todos los rasgos de producción.

En uno de los trabajos más importantes en cuanto a cruzamientos en USA, granjeros del estado de California, preocupados por la pérdida de fertilidad y longevidad de sus vacas H organizaron ensayos en colaboración con la Universidad de Minnesota, incluyendo semen de diversas razas lecheras europeas (MON, SRB, Normanda, RN y PDO) en sus rodeos H. Luego de cuatro lactancias, los resultados generales de esta experiencia muestran que las triples cruzas rotacionales SRBxMONxH reportaron, en promedio, el mayor rendimiento en sólidos de leche. No obstante, las vacas H puras produjeron más litros de leche y algo más de ST en general que todas las cruzas, aunque las diferencias con las SRBxH y las MONxH fueron muy pequeñas (5% por debajo) y fueron nulas para proteínas contra la cruce HxMON y SRBxH. Las cruzas NormandoxH, MONxH y SRBxH no se diferenciaron estadísticamente en producción de GB, ni de SU (Hansen y Heins, 2006, Heins *et al.*, 2006a; Heins, 2008b; Heins *et al.*, 2012).

En los trabajos realizados con razas lecheras y sus cruzas en los países del cono sur latino-americano, que poseen cuencas lecheras dentro de climas templados, es llamativo que los realizados en Chile y Uruguay se concentran en experiencias de cruzamientos de los H locales con líneas H-FN y J Neozelandesas, en tanto en Argentina se asemejan más a los trabajos realizados en USA y Europa, con J de líneas americanas, MON, SRB y PDO.

En Chile, vacas de H-FN, de H-F Chileno y mestizas de HxH-FN, manejadas todas en un mismo sistema a pastoreo, no mostraron diferencias en producción de leche ni en kilogramos de leche corregida a 4% de materia grasa por peso metabólico, pero las mestizas produjeron más GB y mostraron mayor persistencia de la lactación (González *et al.*, 2002). En la misma cuenca, diferentes trabajos que compararon a hembras H-FN y sus cruzas con J del mismo origen, tuvieron resultados dispares: por un lado, González y Magofke (2003) y Gutiérrez-Pérez (2006) hallaron producciones similares de leche entre ellas, aunque las cruzas aventajaron a la raza pura en producción de leche estandarizada y en grasa, diferencia que se amplió al expresarla en relación al PV. La producción de proteínas fue mayor en las cruzas para el primer trabajo, mientras que Gutiérrez-Pérez (2006) no encontró diferencias. En tanto, Anrique *et al.* (2003) encontraron que la producción de leche por lactancia fue mayor en las razas puras H-F Chileno respecto a las mestizas con J, aunque no hubo diferencias entre los grupos en producción de leche estandarizada (4% GB). Además, la producción de materia grasa y de proteína fue mayor en las mestizas respecto del control.

Un cuarto trabajo con genotipos similares para esa cuenca, a diferencia de los otros, encontró diferencias en producción de leche actual y estandarizada (4% de grasa) y en producción de proteína a favor de la raza pura, pero la concentración y producción de grasa láctea no fue estadísticamente distinta entre los genotipos. Tampoco las producciones de leche y de grasa, expresadas en base al PV, fueron distintas entre genotipos, pero la cruce superó significativamente a la H-F en producción de proteína láctea/kg de PV (Garay-García, 2007). Finalmente, también en el sur de Chile, se evaluaron vacas primíparas MONxH-FN, versus animales puros de esta última raza, observándose mayor producción de leche sin corregir en las cruzas, aunque las producciones de leche corregidas por energía, consumo y PV, son similares en ambos genotipos (González-Romero, 2011).

En trabajos realizados en el Uruguay, se menciona que la producción de leche en la primera lactancia de vacas H Uruguayas fue superior a sus cruzas con SRB y con J, mientras que no difirió de la lograda por las cruzas con H-FN (Pereira *et al.*, 2010). El mismo equipo de trabajo no encontró diferencias en las lactancias siguientes, tanto para la producción acumulada de leche, de GB, PT y ST a 305 días de lactancia, aunque las vacas H Uruguayas fueron más pesadas que las cruzas (569 vs. 520kg) y por lo tanto produjeron menos sólidos en leche por kg de peso metabólico. En la misma cuenca, al comparar vacas H Americanas y sus cruzas con H-FN, SRB y J, la producción de leche de las H fue superior a las cruzas con SRB y J, pero no difirió de las logradas por las H-FN, y las cruzas con J presentaron el menor valor de producción de leche entre los genotipos evaluados. La producción de proteína no varió entre los genotipos, la craza con J exhibió el mayor valor de producción de grasa y no se encontraron diferencias entre los diferentes grupos en producción de leche por PV (Dutour *et al.*, 2010a; Meikle *et al.*, 2013).

En Argentina, la generación de información comparativa entre razas y/o cruzas lecheras bajo las condiciones productivas particulares del país no es abundante, y los trabajos publicados en relación al uso de cruzas se concentran en la cuenca central santafesina y en la provincia de Entre Ríos, casi todos ellos en sistemas a pastoreo, con diferente nivel de suplementación con forrajes conservados y concentrados. Como pioneros en este tema, Weidmann *et al.* (1997) presentaron un trabajo comparando vacas cruza HxJ con H puras en un sistema pastoril, típico de la cuenca santafesina, donde las primeras produjeron menos volumen de leche, pero más sólidos que las H. En esta región, a partir del año 2001, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Rafaela comenzó a realizar evaluaciones en su predio experimental, comparando primero estas dos razas puras. Para ello se utilizó animales de similar mérito genético (sumatoria de los valores genéticos ponderados por los valores económicos), a los que se sometió a dos tipos de alimentación: "Pastoril" versus "A corral". La producción de leche individual fue significativamente superior en el H, pero los rendimientos en sólidos fueron similares para las dos razas, debido a los mayores contenidos de SU de las J (Comerón *et al.*, 2002 a y b).

En trabajos posteriores, incorporando a las razas puras sus cruza media sangre HxJ, se observó que la producción de leche continuó siendo superior en H, pero similar entre las vacas craza y las J, aunque los rendimientos de GB fueron superiores en J y los de PT mayores en H (Comerón *et al.*, 2003). Luego, al comparar vacas de primer parto H, J y sus cruza, la producción de leche fue superior en H, intermedia en la craza y menor para J, pero los rendimientos de GB fueron mayores e iguales para las vacas craza y las J, siendo los de PT más altos para H y craza, sin diferencia entre ellos (Comerón *et al.*, 2007), iguales resultados encontraron en ensayos realizados durante el verano, con animales de similar mérito genético, alimentados sobre pasturas de alfalfa y suplementadas con 5 kg de concentrados con 13% de PB (Comerón y Gaggiotti, 2009).

En la cuenca de Entre Ríos, desde el año 2003 se realizan estudios y seguimientos de sistemas comerciales que poseen integrados animales de raza H y sus cruza con J y otras razas, como PDO, Guernsey y MON. En un primer trabajo documentado, se hallaron diferencias entre vacas H y sus primeras cruza con J en producción de leche (26,2 vs. 23,1 l/vaca/día), proteína y grasa láctea totales a favor de las vacas H, en tanto que los sólidos producidos por kilogramo de PV fueron mayores para las cruza: GB

(1,57 vs. 1,68 g/kg PV) y PT (1,39 vs. 1,50 g/kg PV), entre H y cruza, respectivamente (Krall, *et al.*, 2005). En un segundo trabajo, comparando animales H y sus cruza en un sistema pastoril con baja suplementación (5 kg diarios de grano de sorgo), la producción diaria de leche fue mayor en las vacas H que en las cruza, pero éstas últimas lograron un mayor contenido de SU, por lo que en kilogramos de grasa por animal no hubo diferencias entre grupos y en kilogramos de proteína por vaca el rodeo H superó en solo un 8% a las vacas cruza (Krall *et al.*, 2005). En la misma cuenca, estudios de la lactancia completa entre vacas H y cruza HxJ, no marcaron diferencias en producción de leche entre genotipos, pero las producciones por animal y día de GB, PT y ST fueron superiores para las cruza HxJ y, al dividir esas producciones por el PV, se mantuvo la superioridad del HxJ respecto al H (Mancuso *et al.*, 2006). También Krall *et al.*, (2007), al comparar H y sus cruza con J, no encontraron diferencias en producción individual de leche (22,8 vs 23,9 l/día), pero las producciones por animal y día de SU totales y por kilogramo de PV para GB (1,66 vs 1,99 g/kg PV) y PT (0,770 vs 0,840 g/kg PV), fueron superiores para la cruza HxJ. Los autores concluyen que, en sistemas pastoriles con baja a media suplementación, el genotipo cruza HxJ se comporta mejor que el H en cuanto a producción de sólidos en leche (GB, PT y SU), tanto a nivel de individuo como por unidad de PV.

Marini *et al.* (2006), Krall *et al.* (2009) y Krall (2010), compararon rodeos mixtos en sistemas pastoriles de la misma cuenca entrerriana (Argentina) y del Litoral Norte de Uruguay), en cada uno de los cuales cohabitaban vacas H y vacas cruza HxJ. Encontraron que, en general, las vacas H superaron en producción de leche a las cruza, aunque en algunos las producciones en volumen fueron similares y, que en todos ellos las cruza produjeron más kilogramos de GB y de PT por unidad de PV por lactancia. También observaron efectos significativos de año por genotipo sobre producción de leche total, todo lo cual permitió a los responsables sugerir que existen evidencias de interacción “genotipo-ambiente” en la región, donde los diferentes sistemas, con mayores o menores restricciones, deberían optar por razas o cruzamientos que permitan mejores adaptaciones de los animales a cada uno de ellos.

En el centro de la provincia de Entre Ríos, se analizaron lactancias sucesivas de vacas pertenecientes a la raza H pura, sus cruza con J, la triple cruza HxJxPDO y la triple cruza HxJxGuernsey, encontrándose en la primera lactancia diferencias en producción de leche favorables a la H, las cuales desaparecen en la segunda lactancia de los mismos animales. La producción de leche en la primera lactancia estuvo por encima de 6.000 litros en todos ellos, destacándose H cuando las condiciones ambientales y de alimentación se lo permitieron. Sobre cuatro años de análisis, H superó en producción de leche en 3 a las cruza HxJ, HxJxGuernsey y (HxJ)xPDO; equilibrándose todas en años con condiciones de limitación nutricional y/o estrés ambiental. La producción de GB y de PT se presentó muy variable entre genotipos y años, siendo las vacas H y las triples cruza con Guernsey los de mayor producción en todos los años y, éste último genotipo, junto con la primera cruza HxJ se presentaron como los más estables en producción y con mejores respuestas reproductivas para las condiciones agroecológicas y de manejo en la región (Mancuso *et al.*, 2010; Mancuso *et al.*, 2011).

Finalmente, en un trabajo realizado en un sistema pastoril con alta suplementación en Entre Ríos, se compararon vacas de razas puras H americano con PDO de alto nivel genético, sin encontrar diferencias en producción de leche, tanto actual a 305 días como

estandarizada a 4% de grasa, ni tampoco en producción total en la lactancia (305 días) de GB o PT entre ambas razas (Hofstetter y Mancuso, 2011).

2.1.3. Composición y calidad sanitaria de la leche de cruza lecheras

La producción y composición química de la leche varía bajo el efecto conjunto de factores ligados al ambiente (estación del año, fotoperiodo), al manejo (alimentación, sanidad, ordeño) y al animal (factores genéticos y raciales, momento y número de lactancia) (Comerón *et al.*, 2007). A partir de esto, y bajo el supuesto que el sistema de pago de la leche evolucione definitivamente hacia favorecer la concentración de SU, con un adecuado manejo de la alimentación y sanidad del rodeo, solamente a través de cambios en la genética utilizada, involucrando el efecto racial, la selección y la heterosis, se lograría un cambio importante en los valores composicionales de las granjas lecheras (Comerón *et al.*, 2007).

Los últimos cambios en la forma de pago de la leche en las principales cuencas lecheras del mundo, que impuso mayor peso en las cantidades de SU entregados, incrementaron el interés de los productores lecheros en tratar de mejorarlos y, una de las formas más rápidas e impactantes de hacerlo, es introducir sangre de otras razas distintas de la H, mejoradoras de ese carácter en sus rodeos (López-Villalobos *et al.*, 2000b; VanRaden y Sanders, 2003; Weigel y Barlass, 2003; Heins *et al.*, 2006a; Heins, 2010).

A partir de que la leche de la raza H, la más difundida en los principales sistemas lecheros del mundo, es al mismo tiempo la más pobre en contenido de sólidos, se eligió inicialmente para complementarla a la raza J, debido a sus cualidades mejoradoras en esta característica (Goddard y Wiggans, 1996). Además, este cruzamiento tendería a mejorar aspectos reproductivos y de longevidad, disponiendo al mismo tiempo de un número adecuado de reproductores para seleccionar en el mercado (McAllister, 2002). La leche de las vacas cruce resultantes se caracteriza en general por su mayor concentración de GB y PT y, la magnitud de las diferencias con la raza H original, puede variar según el tipo de mestizaje y el sistema en el cuál se los incluya (Weigel y Barlass, 2003; Heins *et al.*, 2006b; Dechow *et al.*, 2007; Prendiville *et al.*, 2010; Buckley *et al.*, 2014). Como ejemplo de los valores esperables, Palladino *et al.* (2010) en sistemas pastoriles de Irlanda, mencionan contenidos de 4,45% y de 3,76% para GB y PT en leche, respectivamente, en las vacas cruza HxJ, valores que resultan intermedios a los de las vacas de sus razas parentales.

Cuando, en los sistemas similares, se trabaja con líneas de H-F en lugar de H, se observan iguales o mayores contenidos de GB en las cruza JxH-F (4,35 a 4,73%), pero menores o similares de PT (3,36 a 3,76%), tendiendo a aumentar ambos cuando se ofrecen dietas más ricas en concentrados (Buckley *et al.*, 2008; Vance *et al.*, 2012; Vance *et al.*, 2013). En la misma cuenca, Ferris *et al.* (2012), comparando razas H-F con NR y sus cruza, encontraron contenidos medios de GB mayores para la H-F (3,95%) y ligeramente inferiores para la NR pura y las vacas mestizas (3,90%), sin

observar el efecto de heterosis en estos resultados. En este último trabajo, el contenido de proteínas en leche no fue diferente entre los genotipos, con un promedio de 3,49% para los tres grupos.

Las cruzas de H con otras razas diferentes a la J, también promueven mejoras en los contenidos de sólidos en leche, aunque generalmente es más variable y de menor magnitud que con J. Así, en cruzas de H con PDO, Hollon *et al.* (1968), mencionan un leve incremento en el porcentaje de proteínas y solo un 0,45% más de GB, en tanto que Carroll *et al.* (2006) y Blöttner *et al.* (2011) no reportaron diferencias entre las vacas mestizas H×PDO y las vacas H puras con respecto a los rendimientos de PT y GB durante sus 3 primeras lactancias. Ruvuna *et al.*, (1983), al trabajar con cruzas en diferentes proporciones de sangre de esta misma raza (PDO) y de J con H en el sudeste de USA, logró incrementos en los contenidos de GB con respecto a las vacas H puras en aquellos que tenían mayores proporciones de J y/o PDO, especialmente durante la temporada cálida de producción.

En Lituania, en trabajos con cruzas de H con vacas Danesas Rojas y SRB, Petraškiene *et al.*, (2011), menciona incrementos de 1,1% en GB y 0,2% en PT, en relación a los H puros. Trabajos en el norte de Italia, con cruzas de vacas H con toros de dichas razas nórdicas y otras alpinas europeas, observaron aumentos significativos en los contenidos de sólidos en leche en relación a la H (Malchiodi *et al.*, 2014b). En este último trabajo, la rotación de 3 razas basadas en el uso del semen de SRB y de MON sobre vacas H, si bien disminuyó la producción de leche, logró un mayor contenido de GB (0,38% más) y de PT (0,08% más), con tendencia a mejorar además la proporción de caseína en leche, aspecto muy valorado en los industriales locales.

En tanto, como resumen de los trabajos de California y considerando medias de 4 lactancias, los cruzamientos de Normanda con H presentaron los mayores contenidos de GB y PT, con alrededor de un 15% más de ambos, en relación a los H puros. Las cruzas de MON×H y de SRB×H, fueron similares para el contenido de ambos sólidos en todas las lactancias, y superaron a los H puros en aproximadamente 0,12% para el contenido de GB y 0,10% para PT (Heins *et al.*, 2008b). En la misma región, cuando se realizaron cruzas entre H y MON en un sistema en confinamiento, no cambió el contenido de GB de la leche, pero las vacas H×MON mejoraron el contenido de PT en la leche (0,10% más), en comparación con las vacas H puras (Mendonça *et al.*, 2014).

En cuanto a los trabajos realizados en sistemas pastoriles del sur de Chile, con vacas H y sus cruzas con H-FN y H-F Chileno, cuando existieron restricciones de alimentación, las cruzas H×H-FN dieron mayor contenido de GB que las H puras (4,00% vs 3,79%, respectivamente), sin diferenciarse en contenidos de PT. En los años de alta disponibilidad de pasturas y suplementación, no hubo diferencias entre los genotipos para PT ni GB (González *et al.*, 2002). Anrique *et al.* (2003), trabajando con cruzas de H-F Chileno y J, halló un aumento del 27% en contenido de GB en leche en las cruzas y un 16,2% en PT, ambos comparados con el H-F Chileno puro, mencionando una fuerte influencia del componente genético en la composición y producción de leche en los sistemas considerados. En tanto Garay-García (2007), también trabajando con H-FN, pero contra J y sus cruzas, no halló diferencias entre los tres genotipos en concentración y producción de GB, pero sí hubo superioridad de las vacas J en concentración de PT. En uno de los trabajos de esa región que utilizaron

genética diferente a la neozelandesa, primíparas cruza MONxH-FN, presentaron menor contenido de SU que las H-FN puras, (7,51% vs 8,43%) (González-Romero, R.A. 2011).

En Argentina, Taverna (2007) propone que es factible incrementar los contenidos de sólidos de la leche producida y la eficiencia del sistema típico de las cuencas centrales, incorporando genotipos lecheros mejor adaptados y diferentes al tradicional y más utilizado como es el H. Esto se traduciría en mejoras en los resultados técnicos y económicos, además de abrir la posibilidad de diferenciación de la leche argentina a través de atributos valorados por el mercado (nutricionales y funcionales), que se introducen por el consumo de pasturas de calidad y pueden ser potenciadas por complementos dietarios y asociadas a las particularidades del sistema de producción de leche argentino. Actualmente, como línea base y de comparación, la leche promedio que recolectan las industrias lácteas argentinas posee 3,58% de GB y 3,35% de PT (Minagro, 2017), valores similares o algo mayores a los informados para la cuenca central argentina por los últimos relevamientos técnico-científicos (Weidmann *et al.*, 2002; Taverna, 2007) y superiores a los descriptos para la cuenca entrerriana, que promedian 3,51% de GB y 3,29% de PT (Minagro, 2017).

En relación a cómo se ubican los sistemas que incluyen rodeos cruza en esta cuenca, Weidmann *et al.* (1997) hallaron una concentración promedio de 3,87% en GB y 3,35% en PT para las cruza HxJ evaluadas, significativamente mayores a los niveles de las vacas H evaluadas en el mismo trabajo (3,32% GB y 3,04% PT), tanto en dietas invernales como estivales típicas del sistema pastoril. En las primeras evaluaciones comparativas entre H y J, efectuadas en sistemas pastoriles y en confinamiento, Comerón *et al.* (2002 a y b) hallaron contenidos promedios de 5,44% en GB y 3,93% en PT en leche de vacas J, contra 3,63% y 3,18%, respectivamente, en la de H, con valores de urea en leche (MUN) de 31,8 en J y 39,4 mg/dl para H. En trabajos posteriores, también de Comerón *et al.* (2003), en sistemas pastoriles con suplementación, con vaquillonas H, J y sus cruza HxJ, las concentraciones de GB y PT continuaron siendo inferiores para H y superiores para J, con valores intermedios en las cruza HxJ, que produjeron leche con 4,28 a 4,62% de GB y 3,57 a 4,65 de % PT y 29 mg/dl de urea. En comparaciones entre vacas de primer parto H, con J y sus cruza (Comerón *et al.*, 2007), observaron que, nuevamente, la concentración de GB era mayor en J, menor en H e intermedia en la cruza (4,62%; 2,97% y 4,11%, respectivamente), pero los contenidos de PT fueron muy superiores y similares para las cruza y las J (3,70% y 3,85%), respecto a las vacas H (3,05%), no existiendo diferencias en los valores de MUN (entre 27,1 y 25,7 mg/dl). Resultados similares halló el equipo de trabajo de dicha Unidad Experimental en posteriores trabajos sobre el mismo sistema pastoril, durante diferentes estaciones del año y para distintas lactancias y suplementaciones (Comerón *et al.*, 2006; Comerón y Gaggiotti, 2009).

En la cuenca de Entre Ríos, varios estudios (Krall *et al.*, 2005; Mancuso *et al.*, 2006; Marini *et al.*, 2006; Krall, 2010) evidencian mejores valores de sólidos lácteos en animales cruza JxH, respecto de los valores normales de H de los mismos predios, todos los cuales son de tipo pastoril con suplementación media a baja de concentrados. Los promedios de contenidos de GB y PT de todos estos trabajos son: 3,29±0,37% y 3,17±0,14% de GB y PT en las H y de 3,73±0,31% y 3,37±0,13% de GB y PT en las

HxJ, mostrando diferencias a favor de las cruzas de 0,43% y 0,20% para GB y PT, respectivamente.

El contenido de MUN en leche varía especialmente por la alimentación, pero también influyen otros motivos, entre ellos el clima, el número de lactancias y la raza. Su control puede jugar un importante rol en el manejo del ganado lechero, por tres efectos principales: el productivo, porque permite aumentar la efectividad en la utilización de los nutrientes, especialmente proteína y energía; el reproductivo, porque un exceso de nitrógeno ureico en sangre puede afectar a la fertilidad del animal y el ambiental, porque una excesiva excreción de nitrógeno de los animales puede suponer un importante riesgo ambiental (Peña Castellanos, 2002). La concentración de MUN es un importante indicador, no invasivo, del metabolismo proteico y, si la misma está por encima de 20 mg/dl, se asocia con disminución en la fertilidad en el ganado (Butler *et al.*, 1996). Por otra parte, bajos contenidos de MUN (menos de 10 mg/dl), se asocian a deficiencias en aporte de nutrientes nitrogenados en la dieta (Nozad *et al.*, 2013). En relevamientos de tambos pastoriles del Uruguay, similares a los de Entre Ríos en Argentina, los niveles medios de MUN fueron significativamente diferentes según época del año, con valores de $19,32 \pm 0,15$ mg/dl en invierno y de $27,93 \pm 0,15$ mg/dl en primavera (Acosta, *et al.*, 2005). En la cuenca central de Argentina, dentro de sistemas pastoriles típico, se hallaron valores promedios de MUN en vacas cruza HxJ de $17,5 \pm 2,5$ mg/dl y $16,7 \pm 3,7$ mg/dl, para vacas preñadas y vacías, respectivamente, sin diferencias entre los grupos (Scándolo *et al.*, 2011).

En relación a la calidad sanitaria de la leche y la salud de la ubre, una de las medidas más difundidas a nivel mundial para evaluarlas es el conteo de células somáticas (CCS) en leche. Las células somáticas están conformadas por descamaciones del epitelio interno de la glándula mamaria y por, principalmente, leucocitos, los cuáles intervienen a nivel de la ubre para combatir las infecciones (Sharma *et al.*, 2011). Dichas infecciones pueden desarrollar la enfermedad denominada “mastitis”, que sigue siendo la más costosa de las que afectan a la vaca lechera (Banos *et al.*, 2006; Corbellini y Busso Vanrell, 2008).

En leche proveniente de cuartos no infectados, un CCS normal se encuentra por debajo de las 200.000 células/ml y, entre los factores ligados al animal que lo afectan, se han identificado la cantidad de lactancias, ya que el CCS aumenta conforme se incrementa el número de partos; la raza del animal e incluso variaciones a nivel individuo (Berry *et al.*, 2007; McParland *et al.* 2013).

En relación al comportamiento de las razas y sus cruza, estudios realizados en USA hallaron inconsistencias para heterosis sobre CCS en evaluaciones entre H, PDO y sus cruza, aunque pudieron detectar efectos favorables (-0,22) cuando la raza de la madre era PDO y desfavorables, cuando la raza progenie era H (+0,43) (Dechow *et al.*, 2007). Esto quizás explique las diferencias e inconsistencias que muestran los diferentes trabajos que evalúan el efecto de los cruzamientos sobre el CCS, ya que hay un grupo de trabajos que tienden a encontrar diferencias raciales y otro donde las diferencias no existen o bien no se encuentra una clara tendencia o relación.

Dentro de los que hallaron diferencias, Olson *et al.* (2011) y Brown, *et al.* (2012), trabajando ambos con H, J y sus cruza (HxJ), aunque en el primer caso todas de primera lactancia, observaron que las vacas J y las HxJ tenían mayor probabilidad de

adquirir mastitis que las H. En Irlanda, todos los trabajos que comparan la raza H-F con J y sus cruzas H-F×J, en general informan CCS bajos (menos de 200.000 células/ml) para todos los genotipos, aunque pueden mencionarse algunas diferencias: Schwager-Suter *et al.* (2001) y Ferris *et al.* (2012) citan una mayor sanidad de ubre y/o menor CCS en vacas mestizas de H-F×J en relación a las H-F puras, en tanto Berry *et al.* (2007) reportaron un mayor valor de CCS para vacas J (100.709 células/ml), en comparación con vacas H-F (84.965 células/ml). Por su parte Vance *et al.* (2012) hallaron un mayor CCS en las vacas J×HF en relación a la H-F, aunque en un trabajo posterior con los mismos genotipos, reportan que el CCS no fue afectado por este factor, aunque la proporción de vacas con uno o más casos de mastitis fue menor con las vacas J×HF (Vance *et al.*, 2013). También en este país insular, Begley *et al.* (2009), al comparar vacas H-F con NR, y sus cruzas (NR×H-F), destacan la superioridad de la raza NR respecto a la salud de la ubre, al tener CCS promedios de 129.000 células/ml, contra 193.000 en H-F y 131.000 células/ml en las cruzas. En Suecia, se reportaron diferencias significativas para CCS que perjudican a vacas H puras, en relación a sus cruzas con SRB en tercera lactación (Jönsson, 2015). En tanto que, en Costa Rica, Mora *et al.* (2016) observaron un mayor CCS para las vacas H en comparación con sus cruzas con J e incluso con vacas J puras, sugiriendo que las diferencias raciales son principalmente aditivas y no de heterosis.

En cuanto a los trabajos que no hallaron diferencias y/o tendencias claras, tanto en incidencia de mastitis como en CCS, Sewalem *et al.* (2006) en Canadá y Prendiville *et al.* (2010) en Irlanda, trabajaron con H y J (en Canadá se agregó Ayrshire) y ambos estudios no encontraron diferencias significativas para CCS, salud de la ubre y/o incidencia de mastitis entre las razas comparadas, y ambos equipos destacan que la salud de la ubre en las cruzas media sangre, tiende a ser la media de las razas parentales. En USA, las mestizas de H×MON fueron similares a los H puros para el CCS durante la primera lactancia, aunque en la segunda tenían un CCS significativamente más bajo que los H puros y no pudieron definir una tendencia clara entre los genotipos y las lactancias. No obstante, en general, los CCS disminuyeron cuando aumentaba el número de lactancias, de unos 350.000 a 100.000 promedio para todos los grupos genéticos evaluados (H, H×MON; H×SRB y H×Normando) (Hansen y Heins, 2006). En otro trabajo para la misma región, vacas cruce J×H no fueron significativamente diferentes de vacas H puras para CCS ni mastitis clínica durante sus primera y segunda lactancia, sin embargo, en la tercera lactancia, las vacas J×H tendieron a tener mayor CCS que las H puras, aunque ambas significativamente más bajas que en las lactancias anteriores (Heins *et al.*, 2011).

En Argentina, a partir del año 1995, con la implementación del sistema de pago por atributos de calidad composicional e higiénico-sanitario, se observa una significativa disminución en los CCS de los rodeos, estando los valores promedios informados actualmente por las industrias lácteas a nivel nacional entre 400 y 500.000 células/ml (Minagro, 2017). En lo que respecta a comparaciones entre razas y cruzas, Comerón *et al.* (2006) no hallaron diferencias entre razas en cuanto a CCS y mastitis clínicas, al comparar H vs J en sistemas pastoriles de la cuenca central santafesina, aunque Vitulich

et al. (2006), al observar la evolución a lo largo de la lactancia de esas mismas razas, detectó una interacción entre raza y momento de lactancia, con un aumento mayor en la raza H luego del pico de producción, ya que de 160.000 al inicio de la lactancia, pasó a 980.000 células/ml y se mantuvo entre 510 y 940.000 hasta el secado, en tanto la J aumentó de 129.000 a 230.000 células/ml y luego osciló entre 250 y 480.000 hasta el fin de lactancia.

Para la cuenca de Entre Ríos, a nivel regional el Minagro (2017) publica un promedio de 593.000 células/ml para la leche recogida por las industrias lácteas. En cuanto a trabajos experimentales que evaluaron el CCS entre genotipos, existen dos publicados: en el primero de ellos, comparando H contra sus cruza con J (HxJ), no se hallaron diferencias significativas entre el CCS, con 200.000 células/ml en la crusa y 110.000 células/ml en la H (Balserini y Hodel, 2005). El segundo comparó H con PDO, en un sistema pastoril con alta suplementación y entrega de raciones parciales en patios de alimentación, hallándose una tendencia a mayor CCS en la H vs PDO (Hofstetter y Mancuso, 2011).

2.1.4. Aspectos reproductivos y de supervivencia de los rodeos

Los programas de selección más importantes dentro de la raza H, particularmente en USA, se han centrado en la producción de leche, a expensas de rasgos funcionales tales como fertilidad, salud y longevidad y existe evidencia clara de la disminución de los niveles de fertilidad (Lucy, 2001; Mackey *et al.*, 2007). Además, los niveles de endogamia dentro de muchas poblaciones H continúan aumentando, hasta el punto de ser alarmante (Hansen, 2000; Heins *et al.* 2006b), considerando el USDA (2012) que la endogamia promedio en esta raza ha aumentado de 0,41% en 1970 a 5,85% en 2012 y se estima que aumentará al 10% hacia el año 2020 (Hansen, 2000).

Ambos factores comprometieron la fertilidad y la salud de las vacas H, rasgos que se están deteriorando en la mayoría de los lugares del mundo, con más vacas H que mueren o son descartadas en las granjas en forma temprana y con menos lactancias cerradas (Royal *et al.*, 2002; Berry *et al.*; 2003; Funk, 2006; Heins *et al.*, 2006b). Estos resultados alcanzan también a los rodeos de Argentina, ya que los centros genéticos predominantes en USA y Canadá son los principales proveedores de semen de raza H a nivel local (López-Villalobos *et al.*, 2000a).

A nivel internacional, las altas producciones individuales se han asociado con una disminución de los indicadores reproductivos en diversos países que trabajan en base a ganado H (Royal *et al.*, 2000; Roche *et al.*, 2006). En tal sentido, Lucy (2001) cita algunos cambios detectados en la fisiología reproductiva de la vaca moderna, tales como disminución de la preñez a primer servicio, atraso en el reinicio de la ciclicidad post-parto y ciclos estrales con celos más cortos y menos expresivos. Esta información es consistente y señala una disminución de 20 a 30% en las tasas de preñez desde la década del '60 al presente en diferentes países y un aumento de problemas reproductivos y sanitarios (Roche *et al.*, 2000; Lucy, 2001; Royal *et al.*, 2002), todo la

cual se agudizó en USA a partir de los años '80, cuando se superaron los 7000 l/vaca/lactancia (Lucy, 2001). Washburn *et al.* (2002) mencionan que durante el período de los años 1976 a 1999, en USA los días abiertos aumentaron de 124 a 168 días, y los servicios por concepción crecieron de 1,91 a 3,00.

El problema aparentemente involucra diversas combinaciones de sistemas de producción lechera, tanto los estabulados con dietas completas de alto rendimiento, típicos de USA, como los basados en pasturas de rendimiento más bajo típicos de Nueva Zelanda, en los cuales últimamente se han introducido vacas seleccionadas para mayor producción (Harris y Kolver, 2001; Lucy, 2003). No obstante, los mayores problemas se presentan para el ganado H en sistemas pastoriles con baja suplementación, donde esta raza experimenta mayores limitaciones para cubrir sus requerimientos, afectándose notablemente su CC y eficiencia reproductiva (Meikle *et al.*, 2005). En tal sentido, el síndrome de subfertilidad surge de la interacción del sistema de manejo, el genotipo y los procesos metabólicos que subyacen en ese aumento de la producción (Gutiérrez-Pérez, 2006; Chagas, *et al.*, 2007).

La subfertilidad de la vaca lechera de alta producción, sería el resultado de una selección intensiva para los rasgos de la producción de leche y la intensificación de los sistemas de manejo, los cuales tienen poca consideración por el impacto resultante sobre la reproducción y llevó a un aparente conflicto entre la producción de leche y la fertilidad. Es un síndrome multifactorial de subfertilidad durante la lactancia, donde la solución sería una nueva dirección estratégica para la selección genética, que incluya rasgos relacionados con la fertilidad. Sin embargo, esto tomará tiempo para ser eficaz, por lo que, en el corto plazo, necesitamos obtener una mayor comprensión de las interacciones entre la nutrición y la fertilidad para manejarlo mejor (Gutiérrez-Pérez, 2006; Chagas, *et al.*, 2007).

En Argentina, la selección que primó durante la década de los años 1990 y 2000, basada en gran medida en la producción individual por vaca (Molinuevo, 2006), tuvo consecuencias sobre otros aspectos de los rodeos, entre ellas el deterioro de la longevidad en dichos animales (Knaus, 2009), la cual en Argentina se estimó en 2,4 lactancias para las vacas incluidas en los registros de ACHA al año 2005 (Molinuevo, 2006). Además, estudios en la región pampeana de Argentina, demostraron también que el H, genotipo mayoritario en la región, posee un intervalo interparto promedio para sus vacas de alta producción que oscila entre 408 y 572 días (Marini y Oyarzabal, 2002). Las bajas correlaciones halladas entre producción media de leche y variables reproductivas en este último estudio, evidencian desajustes entre el sistema de producción y el tipo de animal utilizado.

Dicha disminución en los rasgos funcionales dentro de la población H, ha dado lugar a un mayor interés en el mestizaje, como un medio para mejorar en menor tiempo la fertilidad de la vaca, la salud y los rasgos de longevidad, con un uso creciente de razas no H (Por ejemplo, J, PDO, escandinavas) y sus cruza con H. El cruzamiento se ha convertido así en una opción interesante para ayudar a minimizar los problemas de salud y fertilidad, mediante la introducción de genes favorables, la eliminación de la depresión por endogamia, y el aprovechamiento de la heterosis (McAllister, 2002). Por ello, en diferentes regiones lecheras del mundo, un sector cada vez más importante de productores de leche utiliza el cruzamiento entre razas lecheras con el fin de disminuir

los problemas de adaptación y lograr avances más rápidos en eficiencia productiva, reproductiva y económica de sus rodeos (López-Villalobos, 2000a; Madalena, 2001; Van Raden y Sanders, 2003).

Resultados de investigaciones recientes ilustran claramente que el cruzamiento, además de mejorar los componentes de la leche, mejora los indicadores de CC, la fertilidad y la vida productiva de los rodeos lecheros (VanRaden y Sanders, 2003; Funk, 2006; Anderson *et al.*, 2007; Auldish *et al.*, 2007; Heins *et al.*, 2008a y b; Prendiville *et al.*, 2010; Vance *et al.*, 2013). Varios de ellos hacen hincapié en la disminución de los períodos improductivos, a partir de menos días abiertos e intervalos parto-concepción (IPP) más cortos que los de vacas H, cuando éstas se cruzan con razas como PDO (Brandt *et al.*, 1973; Dechow *et al.*, 2007; Buckley *et al.*, 2014; Coffey *et al.*, 2016), J (Ruvuna *et al.*, 1983; Washburn *et al.*, 2002; Owens, 2010; Brown, *et al.* 2012), MON (Penasa *et al.*, 2010b) o en combinaciones entre H y diferentes razas, especialmente europeas del norte, de menor difusión (Juárez Sierra y Marsan Serrano, 2013; Lammoglia Villagómez *et al.*, 2013; Malchiodi *et al.*, 2014a; Jönsson, 2015; Loste-Montoya, 2016). Otros trabajos resaltan la mayor fertilidad y supervivencia de las vacas mestizas en comparación con vacas H o H-F puras, utilizando en el cruzamiento una variedad de razas lecheras modernas y tanto dentro del contexto de ambientes de producción en confinamiento con alto uso de insumos como en sistemas a pastoreo (Sørensen *et al.*, 2008; Buckley *et al.*, 2014).

Los beneficios del cruzamiento se basan en la heterosis y en el potencial para introducir rasgos deseables de otra raza, y se han utilizado en granjas lecheras con diferentes genéticas como reproductores, incluyendo SRB, MON, Normanda (Heins *et al.*, 2006a) y J (Prendiville *et al.*, 2010), con claros beneficios en términos de composición de la leche y fertilidad. Auldish *et al.* (2007) en Australia, trabajando con vacas mestizas JxH, también logró mayores tasas de concepción y preñez a primer servicio que con vacas H puras. Por su parte, Blöttner *et al.* (2011) midiendo fertilidad en rodeos mixtos, hallaron que las vacas cruza PDO con H mostraron menos días abiertos durante la segunda lactación que las vacas H puras con las que cohabitaban. Schwager-Suter *et al.* (2001), hallaron una mejor fertilidad en vacas cruza de HxJ sobre las vacas H puras, bajo condiciones de granja de Irlanda del Norte. En USA, Xue, *et al.* (2011) hallaron que vacas obtenidas por cruzamiento de hembras J con toros H tuvieron un rendimiento reproductivo más eficiente, en comparación con cualquiera de sus medias hermanas J, H o con la cruza inversa (hembra H y toro J), con menos días abiertos y menos servicios por concepción. También Kolver *et al.* (2002); Macdonald *et al.* (2008) y Coleman *et al.* (2009), trabajando en sistemas a pastoreo y con bajos pero crecientes niveles de concentrado, reportaron mayor porcentaje de preñez en vacas cruza neozelandesas comparadas con vacas H y H-FN puras.

No obstante, también se pueden encontrar trabajos en los cuales las ventajas en aspectos reproductivos y/o de longevidad del cruzamiento, no son tan claras en relación a las razas parentales (Verley y Touchberry, 1961; Ruvuna *et al.*, 1986; Vesely *et al.*, 1986; Touchberry, 1992; Buckley *et al.*, 2008; Coleman *et al.*, 2009; Vargas-Leiton y Romero-Zúñiga, 2010; Bjelland *et al.*, 2011; Coffey *et al.*, 2016).

En cuanto al tipo de cruzamientos más adecuado para mejorar aspectos reproductivos, Hazel *et al.* (2016), sugieren que el uso de sólo 2 razas para el cruce no

aprovecha adecuadamente la heterosis, siendo más apropiado el cruce rotacional de 3 razas para optimizar este efecto. En tal sentido, mencionan las disminuciones importantes en los “días abiertos” que se lograron en los experimentos de California, al cruzar H puras con SRB (-12 días), MON (-26 días) y Normando (-20 días), pero que llegaron hasta 36 días menos en la triple cruza MON×(JxH) (Hansen y Heins, 2006; Heins *et al.*, 2008a y Hazel *et al.*, 2013), mostrando la superioridad en fertilidad, tasa de mortalidad, supervivencia al parto subsiguiente y longevidad de la triple cruza en comparación con vacas H puro (Hazel *et al.*, 2014; Loste-Montoya, 2016).

No obstante, también mencionan que la superioridad del H en los rasgos de producción, hace que la decisión a favor del mestizaje para un granjero lechero no sea una opción fácil y por ello debe identificarse primero una raza lechera competitiva y seleccionarse el método de cruzamiento más adecuado a cada sistema y manejo. Por ello, si bien recurrir al cruzamiento para reducir la dificultad del parto y los mortinatos, mejorar la salud, la fertilidad y la vida productiva o longevidad de las vacas, resulta una vía potencialmente exitosa, es preciso evaluar adecuadamente el peso y tamaño corporal, la evolución de la CC y el consumo de las razas lecheras alternativas, antes de implementar un sistema de cruzamiento viable (Heins *et al.*, 2008a). En tal sentido, para lograr mayor eficiencia y rentabilidad en la empresa tambera, dentro de las características mencionadas como importantes para definir el sistema a adoptar y la dirección de la selección y los cruzamientos, el tamaño corporal de la vaca lechera es uno de los aspectos más importantes a considerar para los sistemas pastoriles (Molinuevo, 2005; Marini *et al.*, 2011), ya que, en general, vacas más pesadas poseen menor fertilidad que sus pares de igual raza más livianas (Laborde *et al.*, 1998; Hansen *et al.*, 1999).

La supervivencia, como rasgo de la longevidad de las vacas lecheras, combina además de aspectos de reproducción y sanidad de las vacas, otros vinculados con la selección subjetiva que realizan los productores sobre el rodeo, siendo necesario su análisis aislado de los efectos ambientales y de manejo (Ahlman *et al.*, 2011). Se reconoce al análisis de supervivencia como un método adecuado de estimar la longevidad o tiempo de vida productiva (Essl, 1998) y se lo incluye dentro de los índices totales de mérito en los principales países miembros de Interbull, siendo un rasgo que puede afectar considerablemente la rentabilidad de las empresas tamberas (Casanova *et al.*, 2011; Al-Samarai y Al-Zaydi, 2014). Por otra parte, al analizar la longevidad mediante el análisis de supervivencia, es posible detectar diferencias genéticas entre los animales en rasgos distintos a la producción, como son salud, fertilidad, conformación y vejez (Schneider *et al.*, 2002). En tal sentido, la utilización del cruzamiento en la producción lechera es una alternativa para mejorar esos indicadores, porque las diferencias entre razas son mayores que los que presentan dentro de las mismas y pueden lograrse beneficios adicionales gracias al vigor híbrido (Cassell *et al.*, 2007; Heins *et al.*, 2006b; Ferris *et al.*, 2012). En relación a las expectativas de los productores sobre este rasgo, Weigel y Barlass (2003) en los resultados de sus encuestas a productores de USA, mencionan que estos valoran en las cruzas la mayor longevidad que poseen respecto a la H, indicando que los cruces que implicaban las razas J y PDO tenían una clara ventaja en este carácter.

En Argentina y Uruguay los cruzamientos se han intensificado y ampliado en los últimos años (Krall, 2010), aunque la elección de la raza o del cruzamiento está íntimamente ligada al resto del sistema de producción adoptado, donde los recursos alimenticios, la sanidad y el manejo deben estar en armonía con el genotipo animal, ya que las ventajas de uno u otro tipo de ganado dependen del ambiente proporcionado (Madalena, 2001). La acción conjunta de los factores genéticos y no genéticos, así como su interacción, influyen directamente sobre el comportamiento productivo, la reproducción y la supervivencia del ganado de leche y por ello, al evaluar en forma particular el componente genético, deben mantenerse los diferentes genotipos dentro de un mismo ambiente (López, 2002). Esto es de relevancia a nivel sistemas, ya que posibilita el crecimiento genuino de los rodeos lecheros, aspecto esencial para la sustentabilidad de las granjas lecheras.

Trabajos recientes realizados en sistemas pastoriles de la cuenca Litoral Norte del Uruguay, no encontraron diferencias significativas entre vacas primíparas H Uruguayas y sus cruzas con H-FN, SRB y J para varios indicadores reproductivos, pero las cruzas con J presentaron mayor proporción de vacas preñadas (Dutour *et al.*, 2010b; Meikle *et al.*, 2013). En la misma cuenca, Pereira *et al.* (2010) hallaron un 10% más de preñez temprana y 26% más de concepción en vacas cruza H Uruguayas con H-FN, respecto a las H Uruguayas puras; similar a lo mencionado por Laborde *et al.* (2014).

En la cuenca lechera central de Argentina, trabajos que comparan vacas J con H y sus cruzas en sistema pastoriles, mencionan que las J y las cruzas fueron más eficientes en aspectos reproductivos, especialmente en cantidad de servicios necesarios para lograr la preñez, en relación al H (Comerón *et al.*, 2006). En tanto, dentro de establecimientos tamberos de la provincia de Entre Ríos (Argentina), se incorporaron genotipos lecheros diferentes al H mediante cruzamiento (J, MON, PDO; Guernsey), conformando rodeos que presentarían mayor estabilidad en producción y mejoras en cuanto a indicadores reproductivos y de sanidad (Krall *et al.*, 2009; Mancuso y Marini, 2012), con menores IPP (Mancuso *et al.*, 2010) pero con alta variabilidad en cuanto al comportamiento según las condiciones climáticas y de manejo, especialmente en la alimentación, entre años (Mancuso *et al.*, 2011; Mancuso *et al.*, 2012).

2.2. PESO VIVO, CONDICIÓN CORPORAL Y METABOLISMO DE ENERGÍA Y PROTEÍNAS EN CRUZAS LECHERAS SOBRE SISTEMAS PASTORILES

2.2.1. Peso vivo

La selección tradicional y directa por producción, genera como respuesta un aumento de tamaño, debido a la existencia de correlaciones medias y positivas entre tamaño y producción de leche (Ahlborn y Dempfle, 1992). Diversos trabajos evaluaron en forma comparativa los pesos vivos de distintas razas lecheras y sus cruzas. Así,

Touchberry y Bereskin (1966), en uno de los primeros citados, observaron que en todas las edades, las vaquillas H fueron aproximadamente 20% más pesadas que las Guernsey, tendiendo a disminuir las diferencias linealmente al aumentar la edad, y sugieren que el tamaño puede ser modificado aprovechando la varianza genética aditiva entre estas razas y dentro de ellas, más que realizando cruzamientos. En cambio, Batra y Touchberry (1973) y luego Touchberry y Batra (1976), no hallaron diferencias entre el peso corporal de hembras de raza pura H y Guernsey, aunque sus primeras cruzas superaron las medias de PV para ambas razas, en todas las edades.

En trabajos más recientes, autores de USA y Australia compararon vacas H puras con vacas cruza de semen J sobre madres H, hallando que las vacas mestizas tuvieron siempre menos peso, en todas las lactancias evaluadas (Auld et al., 2007; Heins et al., 2008a y 2012). Blöttner et al. (2011), al comparar vacas H puras con sus cruza con PDO, encontraron que éstas últimas fueron significativamente más pesadas que las vacas H puras durante la primera (621 kg vs. 594 kg) y segunda lactancia (678 kg vs. 656 kg), y que tuvieron significativamente más espesor de grasa en relación a las vacas H puras. Por su parte, Walsh et al. (2008) reportaron que vacas H y vacas cruza MON por H, no tuvieron diferencias en la evolución de su PV entre la semana 2 a la 44 de lactancia.

En Irlanda, sobre sistemas pastoriles y en diferentes períodos, Prendiville et al. (2009 y 2010) encontraron que el peso medio de vacas cruza JxH fue menor al de vacas H puras y que éstas últimas, además, tuvieron menor estado corporal. También en este tipo de sistemas, pero en Nueva Zelanda, López-Villalobos et al. (2000b), registraron que las vacas cruza JxH mostraron menor PV y mayor supervivencia que las vacas H puras.

En el sur de Chile, Mella Fuentes et al. (2009 a y b), observaron que las vacas H-FN alcanzaban mayor peso metabólico que vacas cruza de esa raza con J, aunque mantenían similar producción y composición de leche. Esto sugiere que las cruza utilizarían menor proporción de la energía y proteína metabolizable ingerida para cubrir sus requerimientos de mantención, destinando más nutrientes a producción de leche, diferencia que se acentúa cuando se expresa la productividad por unidad de PV. Por ello proponen que, con animales cruza, sería factible aumentar la carga animal e incrementar la producción por unidad de superficie, sin modificar el nivel de alimentación del sistema.

En Uruguay, la información generada respecto a cruza lecheras en los sistemas pastoriles locales es incipiente, pero en estudios de comportamiento productivo y reproductivo de vacas primíparas hijas de madres H Uruguayas y padres H Americano, comparadas con vacas primíparas SRB, J y vacas cruza H Uruguayo con H-FN, las vacas raza J fueron significativamente más livianas que el resto de los genotipos, los cuales no variaron entre ellos (Meikle et al., 2013).

En los sistemas lecheros de Argentina, la hembra H tiene una alzada media de 1,40 a 1,50 metros y su peso adulto está entre los 600 y 650 kg, con diferencias a veces importantes entre diferentes rodeos según origen del semen utilizado y el sistema de manejo y alimentación en que se desarrollan (Molinuevo, 2006). Algunos de estos parámetros fueron estudiados por Marini et al. (2011), quienes luego de comparar rodeos con diferentes tamaños de vacas H en la cuenca lechera pampeana de Argentina,

sugieren que, dentro de las características importantes para definir el sistema a adoptar y la dirección de la selección y los cruzamientos, el tamaño corporal de la vaca lechera es uno de los aspectos a priorizar en los sistemas pastoriles.

Por su parte, en la misma cuenca lechera, Comerón *et al.* (2006), al comparar vacas H con vacas J a pastoreo con adecuada suplementación, mencionan PV promedios de 588 ± 59 kg para las vacas H y de 424 ± 48 kg para las J, los cuales disminuyen durante la lactancia en forma similar entre las razas, especialmente entre los 140 y 230 días postparto, y se recuperan también en forma similar a partir de ese período. En la cuenca lechera de Entre Ríos (Argentina), dos trabajos que evaluaron PV y CC en grupos genéticos que cohabitaban en dos predios lecheros pastoriles, hallaron PV promedios de vacas H de alrededor de 525 kg, contra 480 kg en cruza H por J, sin diferencias en la evolución promedio de la CC durante la lactancia (Krall *et al.*, 2005; Mancuso *et al.*, 2006). En la misma región, Vallone *et al.* (2014) evaluaron PV y altura a la cadera de vacas multíparas H y PDO y primíparas de esas mismas razas y su primera crua, alimentadas y manejadas todas en un mismo rodeo con alta suplementación de forrajes conservados y concentrados, sin encontrar diferencias significativas tanto en PV como en la altura entre las vacas de raza pura, aunque dentro de las primíparas, las cruza fueron más livianas y bajas que las H.

Otro aspecto importante en relación al PV, es también la edad con la cual llegan al peso adecuado para su primer parto las vaquillonas, considerando el peso adulto esperable en las diferentes razas. En tal sentido, McDowell *et al.* (1969) compararon pesos corporales para todas las cruza entre Ayrshires, PDO y H, con vacas H puras contemporáneas para la primera lactancia. Todas las cruza ganaron peso más rápido en relación con la media de las razas puras, con el avance de la edad y hasta 21 meses, por lo que tuvieron su primer parto a edad más temprana que las vacas primerizas de dicha raza. Resultados similares hallaron Mancuso y Marini (2012), al comparar la edad al primer parto (EPP) de cuatro cruzamientos diferentes de J, PDO y Guernsey contra vaquillonas H puras en la cuenca lechera de Entre Ríos (Argentina).

2.2.2. Condición corporal

La selección por rendimiento en leche afectó también el equilibrio energético, y ha dado lugar a muchos cambios fisiológicos que facilitan una mayor movilización de tejidos metabólicamente importantes en las vacas lecheras y pueden afectar a través de diferentes vías su salud, el sistema inmunitario y la fertilidad (Collard *et al.*, 2000; Pryce *et al.*, 2000; Veerkamp *et al.*, 2001). Dichos cambios en las reservas corporales de la vaca a lo largo del ciclo productivo son muy dinámicos, pero pueden evaluarse en forma confiable mediante la determinación de la CC, observando ciertas áreas anatómicas del lomo, la grupa y la base de la cola. Existen diversas escalas para esta evaluación, pero en general la más difundida y aceptada es la escala de 5 puntos, entre “1: muy flaca” y “5: muy gorda”, de Edmonson *et al.* (1989). Cabe aclarar que la población sobre la cual trabajaron estos autores para generar su escala de CC, estaba compuesta exclusivamente por vacas H, por lo que su aplicación en otras razas puede estar sesgada por diferencias genóticas en la distribución de grasa en cualquier puntaje

y condición (Edmonson *et al.*, 1989). No obstante, en diversos estudios se realizaron comparaciones y equivalencias con otras escalas, que avalan su aplicación a otros genotipos (Koenen *et al.*, 2000; Mao *et al.*, 2004; Macdonald *et al.* 2008; Roche *et al.*, 2009).

La puntuación de CC de una vaca lechera es una estimación de la proporción de grasa corporal que posee, y se reconoce como un factor importante en la gestión de ganado lechero (Roche *et al.*, 2009). Es producto del manejo y la nutrición del rodeo, influye en forma importante sobre la reproducción y es la forma más rápida y menos complicada de evaluar las reservas de los tejidos, el estado nutricional y el balance energético de las vacas (Edmonson *et al.*, 1989; Ferguson *et al.*, 1994; Roldán *et al.*, 2005). La CC es uno de los componentes del estatus energético y/o nutricional más importante a ser considerado en los sistemas de producción con vacunos lecheros, sobre todo en condiciones donde la dieta basal, por deficiencias energético-proteicas y/o altos niveles de fibra detergente neutra, no permite elevados consumos y/o aportes de energía (Pinto-Santini *et al.*, 2011).

En general, se recomienda que las vacas ingresen al parto con una CC de 3,5 con rangos de 3,0-4,0, que al inicio de la lactancia no baje de 2,0 y se recupere a mitad de la lactación a 2,5, con pérdidas máximas de CC entre 0,5 y 1 punto durante los primeros 60 días de lactación. La pérdida de un punto de CC en esta escala, corresponde a una pérdida de 50 a 60 kg de reservas corporales y los puntajes de CC al parto que poseen las vacas, la mínima CC alcanzada y la magnitud de la pérdida de CC, se asocian con resultados en producción de leche, reproducción y salud de la vaca (Corbellini, 1998b). Se aconseja que, para optimizar varios parámetros productivos y sanitarios, la CC al parto debe estar idealmente entre 3,0 y 3,5; ya que valores inferiores a 3,0 se asocian con alteraciones en la producción y reproducción (anestro prolongado), mientras que si son superiores a 3,5, se asocian con mayor riesgo de partos distócicos, reducción en la ingesta de materia seca al inicio de la lactancia y menor producción de leche, junto con un aumento en el riesgo de padecer enfermedades metabólicas, especialmente hígado graso y cetosis (Roche *et al.*, 2009). En este sentido, Corbellini (2012) en la cuenca lechera central de Argentina, observó que el promedio de la CC al momento de parto y parto de vaquillonas y vacas, son levemente inferiores a los rangos recomendados, aunque el nivel de pérdidas de reservas corporales entre el parto y el pico de lactancia fue moderado (0,44 en vacas y 0,53 en vaquillonas), con gran variación entre animales.

En resumen, existe una asociación positiva entre la CC al parto y la pérdida de CC post-parto, y de estos con la producción de leche en esa lactancia, proponiéndose que valores entre 2,5 y 3,5 de CC durante los diferentes ciclos de la vaca, serían los indicados para lograr adecuadas producciones y una buena eficiencia en reproducción (Roche *et al.*, 2009).

Existe una amplia variación genética en lo referido a movilización de reservas corporales y CC, más aún si se consideran diferentes métodos de manejo (Kolver *et al.*, 2002, Roche *et al.*, 2006, McCarthy *et al.*, 2007), lo cual permitiría aplicar selección genética sobre este factor. Especialmente se podría trabajar sobre la forma de evolución de la CC durante la lactancia, considerando que las vacas de mayor potencial de producción expresan un “balance energético negativo” (BEN) más prolongado y severo, dando como resultado un mayor estrés biológico. Estratégicamente, el período de

recuperación más adecuado del BEN en las vacas sería durante la misma lactancia y allí debería centrarse la selección, debido a que durante el mismo se observaron las mayores varianzas (Berry *et al.*, 2003).

En relación a la influencia de la raza y los cruzamientos sobre la CC, Britt *et al.* (2003) y Heins *et al.* (2008a), observaron puntuaciones de CC significativamente más altas en vacas “primera cruza” J por H, las que además tuvieron un peso corporal significativamente menor que las H y cuya caída en CC durante la lactancia se estabilizó también antes que el de las vacas H puras. Resultados similares, comparando también cruza de HxJ vs H, obtuvieron Auld *et al.* (2007) en Australia y Washburn *et al.* (2002) en USA, quien las comparó tanto en sistemas confinados como en pastoreo. También Heins *et al.* (2012), al comparar vacas H puras con sus pares obtenidas por cruce de semen J sobre madres H, obtuvieron mejores puntajes de CC durante las tres primeras lactancias en las cruza, en relación a las H puras, lo que se tradujo en mejores indicadores de fertilidad reproductiva. Por su parte, Rastani *et al.* (2001) no encontraron diferencias significativas en la evolución de la CC, al comparar vacas puras J y H durante su lactancia temprana. Algo similar presentan Ferris *et al.* (2014), quienes al comparar vacas H con NR observaron que, si bien las H mantuvieron menor CC durante todas sus primeras y segundas lactancias, no hubo diferencias en la evolución o tasa de ganancia y pérdida de condición entre ambos genotipos.

Algunos estudios han tratado de relacionar estas variaciones en la movilización de reservas, con la eficiencia de uso de la energía consumida por parte de los diferentes genotipos lecheros, aunque los resultados no son muy claros (Chagas, *et al.*, 2007), atribuyéndose esta inconsistencia a la interacción entre el genotipo y el tipo de dieta que se le ofrece, que afecta el perfil y uso de las reservas corporales de esas vacas lecheras (Coffey *et al.*, 2004). En tal sentido, la mayor densidad de energía que aporta por ejemplo una dieta completa mezclada (TMR), en comparación con forrajes en pastoreo, es probable que reduzca el catabolismo de las reservas corporales, sumado a que la ingesta total de energía se espera también que sea mayor en la TMR, debido a la limitación del consumo cuando se trabaja en pastoreo (Berry *et al.*, 2006). En uno de los últimos trabajos publicados sobre el tema, Olson *et al.* (2010) evaluaron vacas de primera lactancia H y J y sus recíprocas cruza, alimentadas con TMR, hallando que el grupo genético explicó la variación en el destino porcentual de la energía, con el J asignando más proporción de energía a la producción que el H (66,3 vs. 60,9%). Detallan, además, que las vacas H consumieron más energía total y que las vacas J utilizaron menos cantidad de energía para producción y para crecimiento que los otros genotipos, sin encontrar diferencias en consumo de energía entre ambas cruza para ninguno de los análisis de eficiencia.

En diferentes sistemas lecheros de la cuenca central de Argentina, Luna (2011) no observó diferencias significativas en la CC al parto y en el posparto entre vacas H puras y sus cruza con J, con valores medios entre 3,32 y 3,00 en parto y 2,67 y 2,40 en posparto y caídas de 0,60 a 0,65 puntos entre tales períodos. En la misma cuenca lechera, Comerón *et al.* (2006), compararon vacas H con vacas J a pastoreo con adecuada suplementación y tampoco encontraron diferencias entre la CC inicial y final de lactancia, con una leve caída en este indicador (0,25 puntos) entre el parto y los primeros 140 días de lactancia para ambos genotipos.

En la cuenca lechera de Entre Ríos (Argentina), Krall *et al.* (2005), evaluaron vacas H y sus primeras cruzas con J en un sistema a pastoreo, con suplementación de 7 kg diarios de concentrados, observando que el estado corporal promedio entre el parto y los 120 días posteriores fue superior en las cruzas (2,60 versus 2,50). En esta misma cuenca, Mancuso *et al.* (2006) no encontraron diferencias en los valores ni la evolución de la CC entre el parto y los 270 días posteriores entre vacas cruza H y sus cruza con J, alimentadas con pasturas de alta disponibilidad y suplementaciones medias de concentrados (5 kg diarios), con CC promedio de 3,00 para ambos genotipos.

En general, existe un reconocimiento de que la CC proporciona una medida bruta pero razonablemente exacta de las reservas de energía de una vaca (Mao *et al.*, 2004) y que, utilizando este esquema de manejo y sus asociaciones con reproducción y producción de leche, se puede construir un "perfil ideal de CC" (Waltner *et al.*, 1993, Buckley *et al.*, 2003, Roche *et al.*, 2009). Con esto se reduciría al mínimo el impacto del BEN sobre la reproducción, al mismo tiempo que permitiría a las vacas lograr una adecuada producción de leche (Buckley *et al.*, 2003). Sin embargo, tanto el PV como la CC no tienen en cuenta los cambios en las reservas adiposas internas y sólo reflejan los cambios retrospectivamente, ya que no puede observarse externamente como se movilizan los depósitos adiposos internos y subcutáneos, que también son utilizados por las vacas cuando están en BEN. Por ello, se requiere una medida alternativa, que explique los cambios en las reservas de proteínas y las reservas internas de grasa, ya que el cuerpo bajo este estrés de energía moviliza todos estos tejidos para mantener las funciones fisiológicas normales (Kadokawa y Martin, 2006; Chagas *et al.*, 2007). Una de las formas de mejorar el conocimiento en cuanto a estos cambios, es realizar perfiles metabólicos sobre las vacas, en diferentes momentos de su ciclo productivo y reproductivo (Galvis *et al.*, 2005).

2.2.3. Metabolismo de energía y proteína en vacas lecheras

La determinación del estado metabólico, como complemento de la estimación de la CC de la vaca, constituye una valiosa herramienta de trabajo, al estructurar un adecuado programa de atención a la reproducción (Galvis *et al.*, 2005). En este sentido, los perfiles metabólicos tienen como objetivo interpretar de manera temprana el estado nutricional de las vacas y la calidad de las dietas que están consumiendo, en términos de energía, proteína y minerales, siendo una herramienta muy útil para la comprensión de la nutrición y la dinámica metabólica (Wittwer, 1994). Dentro de los indicadores más comunes utilizados para los perfiles metabólicos en los rumiantes, las concentraciones plasmáticas de glucosa, colesterol, beta-hidroxibutirato (BHB) y ácidos grasos no esterificados de cadena larga (NEFA) se indican para evaluar el metabolismo energético, mientras que las de proteínas totales (PT), urea y albúmina en plasma, se utilizan para el de proteínas (Silva *et al.*, 2013).

Las concentraciones de esos metabolitos sanguíneos pueden cambiar significativamente con el estado fisiológico de las vacas, así como con la estación del año, especialmente en sistemas a pastoreo (Silva *et al.*, 2013). Además, sus concentraciones oscilan durante el día siguiendo un ritmo circadiano, especialmente debido al comportamiento alimenticio y a los procesos de transformación en ácidos

grasos libres y glucosa en sangre de los carbohidratos ingeridos por los rumiantes, y de las proteínas en aminoácidos y urea (Fischer *et al.*, 2002). En particular, cuando se trata de rodeos lecheros que pastorean durante parte del día, y se les ofrecen suplementos fibrosos y concentrados adicionales, la fermentación ruminal y el abastecimiento de nutrientes al organismo, depende de la calidad y cantidad del forraje ingerido y de los tiempos de pastoreo y de rumia por parte de los animales (Bargo, *et al.*, 2003; Bargo y Muller, 2005; Aikman, *et al.*, 2008). Por este motivo la frecuencia, el momento del día en que se suplementan y el tiempo de ordeño, afectan el comportamiento ingestivo de los animales, influenciando el metabolismo ruminal y los patrones de abastecimiento de nutrientes al organismo (Melin *et al.*, 2005). Por lo anterior, es esperable encontrar oscilaciones en las concentraciones sanguíneas de metabolitos durante el transcurso del día y, consecuentemente, la hora de muestreo de sangre de los animales es un factor a tomar en cuenta al momento de interpretar los perfiles sanguíneos (Hoff y Duffield, 2003). No obstante, Noro *et al.* (2011) hallaron que la suplementación con 3 kg de concentrado realizada dos veces al día a vacas a pastoreo, minimiza las variaciones en las concentraciones sanguíneas de los metabolitos energéticos, proteicos y minerales.

En tal sentido, las concentraciones en sangre de albúmina y BHB son afectados por el asincronismo entre el aporte energético y la proteína degradable ruminal, y se asocian al BEN que ocurre durante el principio del periodo de lactancia que, en los sistemas pastoriles, se dan principalmente en otoño. (Chihuailaf *et al.*, 2010). En esos sistemas de producción, basados en el uso mayoritario de forrajes frescos y conservados, se pueden generar carencias o excesos de nutrientes específicos en periodos definidos del año, predisponiendo a una mayor frecuencia e intensidad de desequilibrios en el ingreso de nutrientes al organismo, su metabolismo y sus egresos a través de la materia fecal, orina, leche y gestación, entre otros (Contreras, 1998). De allí que las variaciones de los índices metabólicos durante el parto, la lactancia, las estaciones del año y con los diferentes alimentos que se le ofrecen a los animales, se consideran efectos normales y fisiológicos, siempre que se encuentren dentro de los parámetros de referencia, mientras que niveles extremos representan diferentes patologías, como por ejemplo “fiebre de la leche” y “cetosis” (Cozzi *et al.*, 2011).

Al abastecimiento de nutrientes a partir de la dieta, se debe agregar la capacidad de movilización de los tejidos de reserva que poseen las vacas lecheras, la cual parece ser más elevada en aquellos animales de mayor mérito genético (Chilliard, 1999; Coffey *et al.*, 2004), lo que los hace más vulnerables a desbalances alimentarios, en aras de sostener su potencial de producción (Corbellini, 1998b). Las vacas que no logran adaptarse a los desafíos que supone este período de transición, tienen mayor predisposición a sufrir consecuencias negativas (Dunleavy, 2015), las cuales incluyen el aumento de la incidencia de enfermedades metabólicas, disminución en la producción de leche, mayor porcentaje de descartes y menor eficiencia reproductiva (Veerkamp *et al.*, 2003; McArt *et al.*, 2013).

2.2.3.1. Metabolismo energético

La producción de leche es máxima entre la tercera y cuarta semana de lactancia, período durante el cual el consumo neto de sustratos energéticos es deficitario y que

recién se recupera varias semanas después de ese pico. Por lo tanto, durante el primer tercio de la lactancia, los animales se encuentran en BEN, debiendo movilizar reservas corporales para cubrir sus demandas (NRC, 2001; Berry *et al.*, 2003). Esa movilización de reservas corporales es lo que permite a estos animales hacer frente a las demandas y compensar el BEN, el cual es universal en las vacas lecheras durante ese primer tercio de lactancia y la mayoría de ellas lo soportan sin desarrollar enfermedades posparto. Para que ello ocurra, son condicionantes la CC en el parto y la dieta que el animal recibió durante esa etapa, la dieta proporcionada después del parto y la genética de las vacas, como factores que más influyen en el grado de desarrollo del BEN (Herdt, 2000; Céspedes-Honorato, 2011).

Durante esos períodos de déficit crónico de energía, la expresión hormonal y la respuesta tisular se alteran, para aumentar la lipólisis y disminuir la lipogénesis, a fin de mantener el equilibrio fisiológico. Este control homeostático implica que, si el ambiente nutricional es adecuado, la vaca lechera en lactancia puede satisfacer sus demandas de energía con los nutrientes consumidos, y la movilización de tejidos será minimizada, lo cual puede evaluarse mediante un perfil metabólico energético que, como se comentó antes, incluye como indicadores básicos las determinaciones de glucosa, NEFA y BHB en sangre (Grummer 1995; De Vries y Veerkamp, 2000; Roche *et al.*, 2009).

En general, vacas con mayor CC movilizan más reservas y presentan mayores concentraciones de NEFA que otras con pobre CC en el parto o al parto (Meikle *et al.*, 2004; Adrien *et al.*, 2012). En vacas primíparas, esa pérdida de CC es habitualmente más abrupta que en múltiparas y presentan mayor dificultad para recuperarse del BEN, reflejado esto a través del perfil metabólico y endocrino más desbalanceado y peores índices reproductivos, proceso probablemente agravado por el estrés que implica su primera lactancia (Meikle *et al.*, 2004 y 2005; Cavestany *et al.* 2009; Adrien *et al.*, 2012). Si bien algunos trabajos hallaron que animales de primer parto movilizaron menos tejido corporal que los múltiparos (Friggens *et al.*, 2007; Xue, *et al.* 2011). También se debe considerar que, bajo condiciones pastoriles y/o con suplementaciones grupales, el efecto de dominancia por la disponibilidad de comida está presente y afecta más a las vaquillonas. Además, durante la primera etapa de la lactancia, la actividad de pastoreo es más baja, con menores tasas de bocado, especialmente en las vacas primíparas (Grant y Albright, 2001). Todas estas consideraciones generan preocupación, sobre todo en sistemas que priorizan el pastoreo y/o poseen restricciones para la suplementación con alimentos concentrados, tal como los de manejo orgánico o ecológico, y hacen más necesario el monitoreo mediante indicadores metabólicos (Hardeng y Edge, 2001; Roesch *et al.*, 2005; Chilibröste *et al.*, 2012).

2.2.3.1.1. Ácidos grasos no esterificados (NEFA) y beta-hidroxibutirato (BHB)

Ante condiciones de déficit de energía o BEN, las hormonas lipolíticas provocan la activación de la lipasa hormona sensible que actúa sobre los triglicéridos, degradándolos a NEFA y glicerol, los cuales son transportados al hígado mediante albúminas específicas (Contreras, 1998). La determinación de las concentraciones plasmáticas de dichos NEFA es, por ello, una herramienta útil para la evaluación de la movilización de reservas adiposas en vacas durante el periodo periparto (Brickner *et al.*, 2007). No

obstante, debe considerarse que sus concentraciones varían durante el transcurso de la lactancia y el momento del día (Eicher *et al.*, 1998), también dependen del tiempo que transcurrió desde que el animal haya comido y de factores ambientales como el estrés (Laguna *et al.*, 2013), así como también de la interacción entre el genotipo y el tipo de dieta que se ofrece (Coffey *et al.*, 2004).

Los NEFA pueden ser utilizados por la vaca directamente como fuente de energía en varios de sus tejidos, como el músculo, por ejemplo, para ahorrar glucosa que será utilizada de forma preferencial por la glándula mamaria para sintetizar lactosa y/o GB (Vernon, 2002; Roche *et al.*, 2009). También pueden ser utilizados como fuente de energía en el hígado o en tejidos periféricos y, si la movilización de NEFA es mayor que su utilización hepática, ellos son re-esterificados y convertidos en triglicéridos o metabolizados a BHB. En vacas lecheras, se consideran normales concentraciones plasmáticas de NEFA de hasta 14 mg/dl (Duffield, 2004; Kaneko *et al.*, 2008) y existe evidencia que, con concentraciones plasmáticas mayores a 20 mg/dl, tienen 5 veces más riesgo de presentar cetosis subclínica (Duffield, 2004; Ospina *et al.*, 2010; Roberts *et al.*, 2012).

El BHB plasmático es un importante precursor de la grasa láctea en las vacas, pero su principal destino es la oxidación a acetoacetato en tejidos periféricos, cumpliendo un rol esencial como sustrato en reemplazo de la glucosa en muchos tejidos y actuando como señal regulatoria del metabolismo energético (Kaneko *et al.*, 2008). Su principal precursor es el ácido butírico originado a partir de la dieta, aunque también se produce a partir de la movilización de reservas de grasa y la metabolización de los NEFA (Wittwer, 2000; Oetzel, 2007). Por ello, su concentración se encuentra relacionada directamente con la tasa de movilización de reservas lipídicas en momentos de déficit energético, y es el indicador más utilizado para determinar dicho balance. Cuando su producción excede la capacidad del organismo para metabolizarlos, las concentraciones se incrementan aumentando el riesgo de cetosis (Ospina *et al.*, 2010), enfermedad metabólica que afecta principalmente a vacas lecheras de alta producción y se caracteriza por una disminución en la glucemia y el aumento de la concentración de los cuerpos cetónicos en los tejidos y fluidos orgánicos, que culmina con el almacenamiento de triglicéridos en forma excesiva en el hígado, ocasionando disfunciones metabólicas conocidas como “Síndrome del Hígado Graso” (Grummer, 1995; Herdt, 2000; Roche *et al.*, 2009).

Los umbrales reconocidos en la bibliografía para los niveles plasmáticos de BHB postparto están entre 9,80 y 18,8 mg/dl (Kaneko *et al.*, 2008; Ospina *et al.*, 2010; Roberts *et al.*, 2012; McArt *et al.*, 2013), niveles entre los cuales se puede presentar cetosis subclínica sin signos clínicos aparentes, por lo cual pasa desapercibida en los rebaños lecheros (Carrier, *et al.*, 2004). Es de considerar que concentraciones mayores a 6,20 mg/dl ya son indicadoras de BEN en el rebaño (Weschenfelder *et al.*, 2010) y que, en la vaca en transición, la vía metabólica de la cetogénesis (síntesis de cuerpos cetónicos, acetoacetato y BHB) está exacerbada. Durante este período de altas demandas energéticas, el límite entre salud y enfermedad en la vaca lechera es muy estrecho y, junto con el aumento de la producción individual en las últimas décadas, existen numerosas evidencias de asociaciones entre niveles altos de NEFA y BHB con la depresión del estado inmunológico de los animales y la ocurrencia de patologías

metabólicas en el periparto, especialmente cetosis, hígado graso e hipocalcemia (Grummer, 1995; Dunleavy, 2015).

En cuanto a diferencias raciales, en general se relacionan con lo antes mencionado del potencial de las vacas, donde existe mayor movilización en los animales que más leche producen (Chilliard, 1999). En tal sentido, Friggens *et al.*, (2007) encontraron diferencias significativas en el equilibrio energético entre las razas H-Danish, Danish Red y J, donde éstas últimas movilizaron más energía corporal en la primera mitad de su primera lactancia en comparación con las otras del estudio. También en Europa, Patton *et al.* (2008), al comparar vacas H-Frisonas de Nueva Zelanda, con H de USA, en sistemas pastoriles de Irlanda, no encontraron diferencias entre ellas en cuanto a balance metabólico energético, aunque si hallaron una alta variación entre individuos dentro de cada genotipo. Resultados similares obtuvieron también Mendonça *et al.* (2014), quienes no hallaron diferencias en la concentración de NEFA ni de BHB, entre vacas H y cruza de H con MON, muestreadas entre los 14 y 56 días post-parto (DPP), sugiriendo que el estado energético de las vacas H y mestizas no fue diferente durante el período de evaluación.

Xue, *et al.* (2011), comparando H con J y sus cruza recíprocas HxJ, concluyen que el grupo genético y el número de lactancias afectaron el nivel de NEFA en sangre, ya que el H puro tuvo mayor concentración de NEFA comparadas con ambas cruza, lo que podría explicar por qué reanuda el ciclo más tarde en la lactancia. Sin embargo, no hubo diferencias respecto a ellas en producción de leche, eficiencia de uso de energía metabólica para la lactancia y reparto de energía entre leche y tejido corporal. Tampoco hubo interacción significativa entre genotipo y nivel de concentrado dietético, ingesta de alimento, producción de leche, o cualquiera de los parámetros de uso de energía en las dos primeras lactancias, aunque las concentraciones de NEFA fueron mayores para todos los genotipos en la segunda lactancia (14,69 mg/dl) respecto a la primera (12,71 mg/dl).

Por su parte, Pereira *et al.* (2010), en sistemas pastoriles del Uruguay, no encontraron diferencias en las concentraciones de BHB y NEFA entre vacas de segunda lactancia H Uruguayas y sus cruza con semen de H-FN, con valores de 9,60 vs 10,73 mg/dl, para NEFA y 5,57 vs 5,88 mg/dl para BHB respectivamente. No obstante, si hubo diferencias entre los mismos genotipos en su tercera lactancia, coincidiendo con un menor CC y mayor producción de leche en las vacas H Uruguayas en relación a las cruza (24,4±0,4 vs. 23,9±0,4 l/vaca/día, respectivamente). Los autores proponen que, las diferencias en las variables endocrinas y metabólicas observadas en ambas líneas genéticas, se deben a una partición de nutrientes y energía diferente, donde las vacas H Uruguayas utilizan mayor energía proveniente de sus reservas corporales, mientras que en las cruza habría un menor gasto de energía de mantenimiento, coincidentes con su menor tamaño corporal.

2.2.3.1.2. Glucosa

El principal sustrato que requiere la glándula mamaria para la producción de leche es la glucosa, y las vacas dependen de la producción de ácidos grasos volátiles (especialmente propionato) y de la gluconeogénesis hepática, para satisfacer esos requerimientos. Durante la lactancia, más del 60% de la glucosa plasmática es utilizada

por la glándula mamaria y, de ella, entre el 50 y 85% es utilizada en la síntesis de lactosa (Kaneko *et al.*, 2008; Roche *et al.*, 2009). Así, una vaca lechera de 500 kg de PV requiere 500 g de glucosa por día sólo para mantenerse viva, sin perder peso, mientras que cuando produce 30 kg de leche por día los requerimientos se elevan a 2500 g diarios de glucosa (De Koster y Opsomer, 2013). Durante la lactancia, la glucemia representa el equilibrio entre la producción hepática de glucosa y su utilización por parte de los tejidos periféricos, principalmente la glándula mamaria, y la cantidad de glucosa disponible determina la cantidad de leche que puede producirse (Mephram, 1993). No obstante, la síntesis de lactosa en la ubre es constante dentro de un amplio rango de concentración de glucosa en sangre (entre 20 y 80 mg/dl), lo que indica que el proceso es máximo aún en condiciones de hipoglucemia (Kaneko *et al.*, 2008; Radostits *et al.*, 2010). Por otra parte, en una primera fase, la disminución de la concentración sanguínea de glucosa puede alterar la ingesta de alimento, la respuesta inmunitaria y el desempeño productivo y reproductivo del animal (Mulligan y Doherty, 2008), pero en casos extremos, cuando es menor a lo requerido por el sistema nervioso central y periférico, las vacas manifiestan sintomatología clínica como tropiezos al caminar, embotamiento y otros síntomas de disfunción del sistema nerviosos central (Goff, 2006).

La determinación de las concentraciones plasmáticas de glucosa, como marcador bioquímico del metabolismo energético, presenta el inconveniente de ser poco sensible a cambios nutricionales, debido al fuerte control homeostático que el organismo ejerce sobre su concentración (González, 2000; Herdt, 2000; Wittwer, 2000). Además, factores como la hora de obtención de la muestra y el manejo adecuado de ésta para evitar alteraciones como la glucólisis, pueden producir variaciones en las concentraciones de glucosa en la muestra (Wittwer, 2000). Sin embargo, la cuantificación de las concentraciones de glucosa aún es de utilidad en condiciones de severa restricción nutricional, en animales gestantes y durante la lactancia (González, 2000).

Los valores de referencia de glucosa en sangre para vacas, en general, están entre 45 y 75 mg/dl (Kaneko *et al.*, 2008) y, durante la lactancia, es deseable mantener niveles superiores a 40 mg/dl desde el parto hasta la 5ta semana y, desde allí, al menos 50 mg/dl (Radostits *et al.*, 2010). Caídas en estas concentraciones son comunes ante problemas de déficit de energía y cetosis, pero lo inverso (hiperglucemia) no es habitual en estos animales (Sahinduran *et al.*, 2010). Por lo dicho antes, la determinación de la concentración sanguínea de glucemia también puede utilizarse como indicador de cetosis, considerándose que existe esta patología cuando el nivel de glucemia es menor a 40 mg/dl (Ardavan *et al.*, 2001).

Algunos trabajos que comparan el comportamiento de la glucosa en sangre entre diferentes genotipos, no hallaron diferencias en los valores promedios entre vacas H puras y sus cruzas con PDO (Di Michele-De Rosa *et al.*, 1977), ni entre H y sus cruzas con MON (Mendonça *et al.*, 2014), aunque Campos *et al.* (2007) sí menciona diferencias en sistemas del trópico colombiano entre siete razas especializadas (Ayrshire, Girolando, H-F, J, Lucerna, PDO y Simenthal), para glucosa y BHB, entre otros metabolitos. Estos últimos autores destacan en este relevamiento el buen comportamiento de las vacas J, que presentaron mejor homeostasis en glucosa que el resto, especialmente frente a H.

2.2.3.2. Metabolismo proteico

Las concentraciones de proteínas en suero, poseen un complejo sistema de control fisiológico para equilibrar sus funciones en áreas de inmunidad, coagulación, transporte de moléculas pequeñas e inflamación. Existe una diversa cantidad y tipo de proteínas séricas, aunque las más fuertemente representadas incluyen albúminas, globulinas, transferrinas y lipoproteínas, las cuales se encuentran en concentraciones que pueden medirse en g/ml y, cambios o pérdidas de equilibrio en ellas, pueden indicar procesos patológicos no específicos (Tothova *et al.*, 2016). Estas proteínas están bajo control genético, por lo cual se producen variaciones entre individuos y, muy especialmente, entre especies (Kaneko *et al.*, 2008). También, al aumentar la edad, la concentración de proteína plasmática aumenta, como resultado de una pequeña disminución de la albúmina y un aumento progresivo de las globulinas y, durante la lactancia, la proteína plasmática total puede disminuir debido a la menor producción de albúminas (Tothova *et al.*, 2016). Al mismo tiempo, durante este período, los requerimientos de proteína de una vaca especializada son muy altos, llegando a necesitar alrededor de 2300 g/día de proteínas si su producción supera los 30 litros de leche diarios, esto es tres veces más que durante el final de la gestación (Bell, 1995; NRC, 2001). De allí la necesidad de monitorear el abastecimiento proteico en el organismo de vacas lactantes, considerando como valores objetivo o normales en sangre para las PT, entre 67 y 75 g/l (Kaneko *et al.*, 2008).

Para evaluar el balance metabólico de las proteínas en sangre, normalmente se monitorean las concentraciones plasmáticas de urea, albúminas y globulinas. La urea refleja el balance diario de nitrógeno proteico y no proteico de acuerdo a la ingesta de proteína en la ración, como también la relación proteína:energía de ésta (Roseler *et al.*, 1993; Wittwer, 2000). La concentración de albúminas refleja el balance proteico a largo plazo, en relación al contenido proteico de la ración y la síntesis de albúmina en el hígado (Contreras, 2000). Finalmente, las globulinas están vinculadas en particular con el sistema inmunológico (Contreras, 2000; O'Connell *et al.*, 2005), y su concentración normalmente se calcula por sustracción de la albúmina de las concentraciones de las PT en sangre (Kaneko *et al.*, 2008).

2.2.3.2.1. Urea

La urea es un producto de excreción derivado del metabolismo nitrogenado y, junto con las concentraciones plasmáticas de albúmina, proveen información sobre el metabolismo proteico del animal (González, 2000). En los rumiantes, del 60 al 80% de la proteína de la ración es transformada en amonio, el cual es utilizado por los microorganismos ruminales para la síntesis de proteína microbiana y cuyo excedente es absorbido a través de la pared del rumen, desde donde es transportado por sangre al hígado, en el cual se transforma en urea, que finalmente se excreta vía renal y en leche, existiendo una fracción que vuelve al rumen por la saliva (Visek, 1979).

La evaluación de su concentración en plasma o sangre, puede ser útil como indicador del estado de la nutrición proteica dentro de un grupo de animales, y podría ayudar a ajustar la dieta o identificar problemas de alimentación (Baker *et al.*, 1995). A

su vez, esa concentración es proporcional a la de MUN y, por ello, esta última se utiliza para predecir la excreción de nitrógeno en vacas lecheras (Baker *et al.*, 1995; Jonker *et al.*, 1998; Kohn *et al.*, 2002). Las variaciones en los valores de dichas concentraciones entre diferentes genotipos lecheros, podrían proporcionar una visión de las diferencias en el metabolismo y utilización del nitrógeno y las proteínas por parte de ellos y abrir un camino a la selección y mejoramiento (Kohn *et al.*, 2005).

Las concentraciones de urea sanguínea, consideradas normales en ganado vacuno, están entre los 20 y 30 mg/dl (Kaneko *et al.*, 2008), aunque en vacas lecheras se acepta un rango mayor, ampliándolas a 16 y 42 mg/dl (Wittwer, 2000). En animales sanos, además de estar influenciado por el grado de preñez y momento de lactancia (Radostits *et al.*, 2010), su nivel depende especialmente del aporte proteico de la ración y de la relación proteína:energía en el rumen. Concentraciones plasmáticas bajas de urea, reflejan una dieta deficitaria en proteína y concentraciones altas, pueden indicar exceso de proteína, déficit de energía o asincronismo entre la degradación de la proteína y energía de la ración (Wittwer, 2000). Bajos aportes de energía en la ración provocan aumentos en la concentración ruminal de amonio, debido a la disminución en la síntesis de proteína microbiana, lo que a su vez ocasiona un aumento en las concentraciones plasmáticas de urea (Wittwer, 2000). Estas, pueden generar problemas de salud y fertilidad en vacas lecheras, además de originar al animal un gasto energético adicional, ya que la formación de urea en el hígado es un proceso que también requiere energía (Godden *et al.*, 2001).

2.2.3.2.2. Albúminas y Globulinas

Las albúminas se sintetizan únicamente en el hígado y representan entre el 50 y 65% de las proteínas plasmáticas, alcanzando sus concentraciones normales entre 30 y 35 g/l (Kaneko *et al.*, 2008). Desempeñan un papel importante en el mantenimiento de la homeostasis, en el transporte de sustancias y limpiando radicales libres, siendo responsables de aproximadamente el 75% de la presión osmótica del plasma y una fuente importante de aminoácidos que puede ser rápidamente utilizada por el cuerpo del animal, si es necesario (Tothova *et al.*, 2016).

Las globulinas, por su parte, son un grupo muy heterogéneo de proteínas, que normalmente se conforman en fracciones α , β y γ , con concentraciones totales que se ubican entre 30,0 y 34,8 g/l en animales sanos (Kaneko *et al.*, 2008).

Concentraciones bajas de albúmina (hipoalbuminemia) pueden indicar desnutrición crónica, ingesta inadecuada de proteínas o asociarse a disminución de la producción hepática, enfermedades gastrointestinales y/o renales o a parasitismo interno (Don y Kaysen, 2004; Lee, 2012). En tanto un aumento de la concentración de albúmina en el suero (hiperalbuminemia), puede observarse en casos graves de deshidratación. Aumentos en las fracciones de globulinas, especialmente ligadas a la función inmunológica, pueden darse como respuestas ante enfermedades de tipo crónico o inflamatorias agudas (O'Connell *et al.*, 2005).

Los niveles de urea, proteína y sus principales fracciones, se hallan en directa relación con el aporte proteico de la ración y la capacidad de síntesis hepática del animal (Contreras, 2000; González, 2000). En vacas lecheras alimentadas con raciones

deficientes en proteínas por periodos prolongados, las concentraciones plasmáticas de albúmina disminuyen, si bien de manera más lenta y más tardía en comparación con las de urea. Al inicio de la lactancia, se observa una disminución de las concentraciones de albúmina, para luego aumentar paulatinamente, siempre y cuando la dieta cumpla con los requerimientos proteicos del animal, observándose que aquellas vacas que mantienen concentraciones de albúminas dentro de los valores de referencia en las primeras 10 semanas postparto, logran mayor producción láctea y mejor fertilidad, en relación a aquellas con niveles menores (Contreras, 2000). La causa por la cual las concentraciones séricas de albúmina disminuyen en el periodo postparto no está clara, postulando algunos autores que los aminoácidos son utilizados para la síntesis de proteína láctea a expensas de albúmina, mientras que otros autores señalan que la menor capacidad de síntesis hepática deriva del síndrome de movilización grasa (Contreras, 2000), a lo cual se agrega que, cuando las vacas se hallan en BEN, existe mayor incidencia de enfermedades infecciosas (Dunleavy, 2015), las cuales originan aumentos de globulinas y disminución de albúminas plasmáticas (Contreras, 2000; Kaneko *et al.*, 2008).

En cuanto a la influencia de las razas en las concentraciones de proteínas en sangre, Campos (2007) halló diferencias en las concentraciones de PT, albúmina y globulinas entre diferentes razas lecheras especializadas en sistemas pastoriles de Colombia, y Pereira *et al.* (2010), también hallaron diferencias para PT, albúmina y globulinas, en vacas puras H Uruguayas respecto de sus cruzas con H-FN, aunque no se diferenciaron en las concentraciones de urea plasmática. La concentración de proteína plasmática total fue de $79 \pm 0,62$ g/l y $75,7 \pm 0,61$ g/l, para las vacas H Uruguayas y sus cruzas con H-FN, respectivamente.

2.3. MINERALES EN BOVINOS LECHEROS EN SISTEMAS PASTORILES

2.3.1. Requerimientos generales en minerales

Los minerales son nutrientes esenciales para los bovinos, y sus concentraciones en sangre deben fluctuar dentro de intervalos estrechos, a fin de mantener el adecuado estado sanitario y productivo de los animales. Esto garantiza las funciones propias del organismo, entre las cuales las más importantes son las estructurales, fisiológicas, catalíticas y reguladoras (NRC 2001; Wittwer, 2007; Suttle, 2010). Además, el estatus mineral influye en el bienestar del animal y cualquier variación en ellos puede alterar los rendimientos productivos (Ciria *et al.*, 2005).

Según las cantidades necesarias en la dieta y/o por su presencia cuantitativa en el organismo del animal, se los clasifica normalmente en macroelementos y microelementos, también denominados oligoelementos o “elementos traza”. Para los primeros las necesidades dietarias se establecen por encima de 100 partes por millón (ppm) y, para los microelementos, por debajo de estas cantidades (Ciria *et al.*, 2005).

En el caso de los principales macroelementos, los bovinos requieren cantidades que pueden medirse en g/día o como porcentaje de MS consumida en la ración. Estos incluyen Calcio (Ca), Fosforo (P), Potasio (K), Sodio (Na), Cloro (Cl), Magnesio (Mg) y Azufre (S) y se distribuyen en mayor proporción en los tejidos de sostén, contribuyen al mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas del ambiente ruminal (capacidad buffer, presión osmótica y tasa de dilución), son componentes celulares y activadores enzimáticos e imprescindibles para mantener las funciones vitales. La mayor proporción de los macroelementos polivalentes (Ca, P y Mg) se encuentran en los huesos y en los dientes y, cuanto más intensa sea la mineralización del esqueleto, más duro será el tejido óseo (Engelhardt y Breves, 2005).

En el caso de los oligoelementos, los requerimientos se expresan en mg o ppm diarios, y se mencionan como más importantes al hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), selenio (Se), yodo (I), cobalto (Co), molibdeno (Mo), cromo (Cr) y flúor (F) (Engelhardt y Breves, 2005). Éstos cumplen funciones de activadores o cofactores enzimáticos del tipo iones metálicos, forman parte de las hormonas, participan del transporte de oxígeno, regulan reacciones enzimáticas microbianas a nivel ruminal y juegan un rol importante en el mantenimiento del desarrollo fetal, la función reproductiva y la actividad inmunitaria (Andrews, 2005).

En general, se menciona que los bovinos requieren quince elementos minerales para garantizar una adecuada nutrición y asegurar una eficiente productividad. Estos nutrientes representan aproximadamente el 5% del PV y, según diferentes autores, se reconocen entre ellos a 7 macrominerales (Ca, P, Mg, K, Na, Cl y S) y 8 microminerales (Fe, Mn, Zn, Cu, Se, I, Co y Mo) (Church y Pond, 1998; Salamanca, 2010). Por su parte, Underwood y Suttle (2002) consideran 22 los elementos esenciales para la vida animal, agregando otros 7 microelementos al listado anterior: Cr, F, arsénico (As), níquel (Ni), silicio (Si), estaño (Sn) y vanadio(V).

Las concentraciones de estos minerales esenciales deben mantenerse dentro de ciertos rangos en tejidos y fluidos, para asegurar la estructura y funcionalidad tisular y permitir el normal crecimiento, la salud y adecuada producción por parte del animal. La carencia de ellos puede generar desbalances metabólico-nutricionales que, dependiendo de su intensidad y persistencia, pueden a su vez desencadenar una serie de cuadros patológicos, generalmente inespecíficos y relacionados a la función que desempeñan. Las alteraciones metabólicas de minerales en los rebaños lecheros pueden, al igual que las alteraciones metabólicas de energía y proteína, predisponer a otras enfermedades del periparto como cetosis, distocia, prolapso uterino, desplazamiento del abomaso, inmunodepresión, retención de placenta, endometritis y mastitis (Goff, 2006; Mulligan y Doherty, 2008; Céspedes-Honorato, 2011).

Los minerales juegan un papel importante en la utilización de los nutrientes y en varias funciones bioquímicas relativas a la producción y la reproducción (Suttle, 2010).

Deben ser proporcionados en concentraciones óptimas y de acuerdo con los requerimientos, que cambian durante el crecimiento y desarrollo del animal y durante el ciclo de producción. En tal sentido, es bastante difícil justificar el término “requerimientos” cuando hablamos de minerales, puesto que no se ajusta de la misma manera a como se hace para energía, proteína o aminoácidos (López-Alonso, 2012). Los requerimientos de minerales son difíciles de establecer y la mayoría de las estimaciones se basan en “el nivel mínimo necesario para superar la deficiencia o un síntoma”, y no necesariamente en la promoción de la productividad (López-Alonso *et al.*, 2011; López-Alonso, 2012). Por otra parte, los requerimientos de minerales para los bovinos dependen de la raza, el tipo y nivel de producción, la edad de los animales y su adaptación al tipo de suplemento, el nivel y forma química del mineral ofrecido y de la posible interrelación que exista con otros minerales presentes (Salamanca, 2010). La presencia de un elemento mineral en la cantidad requerida en la dieta, no siempre puede garantizar su disponibilidad total, debido a varios factores que influyen en su absorción y utilización. Esta biodisponibilidad puede ser influenciada a su vez por la especie animal, la función fisiológica, la magnitud de la ingesta previa del nutriente y las interacciones entre los nutrientes de la dieta (Ammerman *et al.*, 1995; Ramos *et al.*, 2007; Postma, 2010).

Una de las mayores dificultades para confiar en la estimación de requerimientos, es que la ingesta de MS por parte del animal varía ampliamente, especialmente en los sistemas en pastoreo, y en que el verdadero coeficiente de absorción de la mezcla de alimentos es generalmente desconocido. Por ello, la formulación de raciones lácteas debería abordar las interrelaciones de los distintos macrominerales, ya que las concentraciones naturales de uno o más de estos elementos podrían manejarse en forma complementaria con concentraciones variables de las otras, optimizando el rendimiento y la salud del animal (Beede, 1991). A esto se suma que, en muchos establecimientos y particularmente en los pastoriles de Argentina, existen errores nutricionales y de manejo a veces muy groseros, que afectan la respuesta animal y enmascaran las posibles deficiencias y los beneficios de las suplementaciones con minerales, especialmente cuando se trata de microminerales (Corbellini, 1998a).

Existen diversas metodologías recomendadas en Reino Unido (ARC), Francia (INRA), Australia (SCIRO), USA (NRC), para estimar y cubrir las necesidades de minerales en los rebaños lecheros y evitar que la producción de ganado se deteriore por desequilibrios en la dieta, sin embargo, no existe un consenso total entre ellas y, si bien las recomendaciones para el ganado del NRC (2001) son las de más reciente actualización, existen opiniones acerca de que deberían ser consideradas como “requisitos mínimos” a cubrir, ya que no incluyen los denominados “márgenes de seguridad” (Weiss, 2002).

Las recomendaciones minerales deben incluir un margen de seguridad para tener en cuenta la presencia de antagonistas (López-Alonso *et al.*, 2004; Blanco-Penedo *et al.*, 2006; Blanco-Penedo *et al.*, 2009; López-Alonso *et al.*, 2011; López-Alonso, 2012). Por ejemplo, en los rumiantes la absorción de Cu se inhibe con Mo, S y, en menor medida, con Fe. También altos niveles de Ca en la alimentación pueden inhibir la absorción de Zn, se requieren niveles más altos de Cu en presencia de mayores concentraciones de Zn y, animales sometidos a estrés, requieren niveles más altos de Cu y Zn (Suttle,

2010). Por otra parte, cuando se determinan las necesidades de minerales y la suplementación, se debe prestar atención a la cantidad y el tipo de ingredientes incluidos y su contenido mineral inherente, el procesado de la dieta, las condiciones de almacenamiento y ambientales, así como la inclusión y el contenido de otros minerales en la misma (López-Alonso, 2012).

En particular, al considerar los denominados “micronutrientes anti-oxidantes” (Se, Zn, Mn y Cu) en la alimentación de vacas lecheras en producción, se observa que los requerimientos en algunos de ellos podrían ser mayores a los tabulados, ya que están basados en general en técnicas de balance que no son suficientes para definir las necesidades biológicas de estos animales (Corbellini y Busso Vanrell, 2008). Además de los cuidados antes mencionados, al estimar requerimientos es necesario recordar que la mayor parte de las tablas de nutrición provienen de investigaciones realizadas en países con sistemas de producción intensivos, que poseen diferentes condiciones ambientales, de alimentación y de manejo y, muy especialmente, trabajan con animales de mayor potencial genético de producción (Corbellini, 1998a).

2.3.2. Deficiencias y métodos diagnósticos

Las deficiencias en general son de difícil percepción y, aunque es posible estimar el estatus metabólico mineral del rebaño a partir del análisis de los alimentos constituyentes de la dieta, las interferencias y variaciones en la disponibilidad de los mismos, hacen que el análisis de sangre sea la herramienta de preferencia para su diagnóstico (Underwood y Suttle, 2002; Céspedes *et al.*, 2009a; González, 2000). Estas concentraciones sanguíneas de minerales en el rumiante, normalmente utilizadas para referir las posibles deficiencias, a su vez se ven afectadas por factores tales como la edad, la raza, el sexo, las formas químicas en que se presentan en los alimentos, así como el momento fisiológico, el nivel de producción y las interacciones minerales que establecen entre sí y con otros compuestos orgánicos dentro del organismo animal (Church y Pond, 1998).

Además, aunque el rumiante consuma cantidades variables de minerales, en muchos casos puede mantener constante los niveles de los elementos minerales funcionales en los tejidos, gracias a un control homeostático. El rendimiento normal en los animales, que suele ocurrir incluso ante fuertes variaciones en el consumo, es consecuencia de este control homeostático. El grado de homeostasis mineral y los mecanismos implicados, varían notablemente con los diferentes minerales, así como también cambian las cantidades absorbidas, retenidas y excretadas de ellos (Ciria *et al.*, 2005). En bovinos lactantes, intervienen en este intercambio mineral especialmente los huesos, el hígado, los intestinos, la ubre y la sangre (Suttle, 2010).

Como herramienta de diagnóstico paraclínico, con el objetivo de estudiar la naturaleza de los trastornos metabólicos y evitar situaciones adversas producto de desequilibrios nutricionales en los rebaños, Payne *et al.* (1970) propusieron el empleo de perfiles metabólicos, los cuales actualmente son ampliamente utilizados (Herdt *et al.*, 2000; Roldán *et al.*, 2005; Van Saun, 2009). No obstante, la evaluación del estado

mineral en el animal tiene sus limitaciones, puesto que los análisis deben ser realizados en un momento concreto del ciclo productivo, teniendo en cuenta factores diversos, como son el nivel de estrés del animal, el tipo de análisis, el antagonismo entre los diferentes elementos y la naturaleza de los alimentos complementarios utilizados (Clark *et al.*, 1993; Mulryan and Mason, 1992). Así, si bien el análisis de los perfiles metabólicos constituye un instrumento paraclínico de utilidad, que permite estudiar los trastornos metabólicos y obtener un acercamiento a la evaluación del balance nutricional del organismo (Macrae *et al.*, 2006), no es fácil comparar los resultados obtenidos en el campo con los obtenidos experimentalmente (Rowlands, 1980). Por otra parte, los síntomas de deficiencias generalmente no son específicos y pueden confundirse con otras alteraciones que comúnmente afectan a los rebaños lecheros, limitando su productividad y constituyendo un tema de preocupación asociado al bienestar animal (Khan *et al.*, 2004; Wittwer, 2007).

La correcta interpretación de los perfiles metabólicos requiere del empleo de parámetros de base apropiados (Horn y Pesce, 2003; Van Saun, 2009), determinados específicamente para grupos de vacas lecheras. En relación con este aspecto, y con el objeto de minimizar la variación dentro del rebaño, es fundamental agrupar a los individuos en base a factores que puedan afectar las concentraciones de los parámetros, entre los que destaca su estado fisiológico (Herdt *et al.*, 2000; Van Saun, 2009; Cozzi *et al.*, 2011). Además, si las vacas se manejan en pastoreo, se pueden presentar también variaciones según la época del año, asociadas a características de los suelos, los forrajes disponibles, la suplementación y el clima (Whitehead, 2000).

Deficiencias de minerales en el ganado han sido reportadas en varias regiones, incluyendo las praderas de Argentina (Minatel *et al.*, 2004; Salamanca, 2010) y se consideran como minerales críticos para los rumiantes en pastoreo especialmente el Ca, P, Na, Co, Cu, I, Se y Zn, por ser elementos fundamentales para la utilización de la energía y proteína en las funciones del animal (Salamanca, 2010). Cuando existen deficiencias minerales, éstas se manifiestan especialmente en problemas reproductivos, baja producción, enfermedades y mortalidad (Roldán *et al.*, 2005; Ciria *et al.*, 2005; Suttle, 2010). Gran parte de las mermas de producción en rumiantes debidas a deficiencias minerales, ocurren porque ellas ocasionan menores eficiencias de conversión alimenticia, disminuyendo la digestibilidad y aprovechamiento de los nutrientes (Wittwer, 2007).

Si bien en raras ocasiones se pueden producir deficiencias o toxicidad agudas, las deficiencias y/o excesos subclínicos, especialmente en minerales traza, son más comunes y difíciles de diagnosticar y están asociadas en general a bajas productividades y problemas reproductivos (Coonan *et al.*, 2002; Blanco-Penedo *et al.*, 2009; Rollin y Guyot, 2014). Estas enfermedades carenciales no son de etiología única y suele distinguirse entre la deficiencia primaria, originada en una insuficiente concentración mineral de los pastos ingeridos, de aquella otra provocada por la interacción o interferencia por parte de otros elementos presentes en las pasturas que impiden la correcta absorción mineral, conocida como deficiencia secundaria o condicionada (De La Vega-Villatoro, 2009).

En términos generales, se puede resumir que las deficiencias minerales que más afectan la producción de los bovinos lecheros en Argentina, son las originadas por

insuficientes niveles de P, Mg, Zn, Na y/o Se en las pasturas, en tanto las carencias de Cu, en general son inducidas por interferencias debidas a los excesos de Mo, Fe o sulfatos (Corbellini, 1998a; Morlacco *et al.*, 2014). A medida que el nivel de producción aumenta, el riesgo de que aparezcan estos desbalances también es mayor, ya que se emplean niveles de alimentación más exigentes y no siempre existe una correlación adecuada entre el nivel de aporte de un nutriente de la dieta con las concentraciones observadas en la sangre, debido a los variados mecanismos regulatorios y, en particular, al complejo proceso de absorción (Corbellini, 1998b).

Concentraciones muy bajas de Ca, P y Mg en sangre pueden causar que una vaca pierda su capacidad de mantenerse de pie, ya que estos minerales están relacionados con la actividad muscular y nerviosa. Pero disminuciones menos severas en las concentraciones plasmáticas de estos minerales, puede causar disminución del consumo voluntario y de la motilidad ruminal, menor productividad, fertilidad y salud de los rebaños, aumentando la susceptibilidad a otras enfermedades metabólicas e infecciosas, que son más difíciles y complejas de diagnosticar (Goff, 2006; Luna y Roldán, 2013). También el cambio en la forma de alimentar a los rebaños puede generar desbalances donde no los había, esto ocurre en algunas granjas lecheras europeas donde las deficiencias en elementos traza se están incrementando actualmente (Enjalbert *et al.*, 2006; Guyot *et al.*, 2009; Miranda *et al.*, 2015) y probablemente puedan relacionarse con la aparición de monocultivos de gramíneas como el maíz o el raigrás para ensilado, con raciones para el ganado cada vez menos variadas y equilibradas (Rollin y Guyot, 2014).

En la región litoral y nordeste de Argentina, Coppo *et al.* (1999) detectaron niveles bajos de Mg y Se en muestras de forrajes y de sueros bovinos de cría y deficiencias de Zn en muestras de suelo, pasturas, sangre e hígado de bovinos. Los mismos autores, sugieren que la baja disponibilidad de Cu en las pasturas naturales de esa región provocaría carencias primarias de este oligoelemento, agravada por el exceso de Mo en pastos y de S en agua, o por exceso de Fe en forrajes. Este último mineral, junto con el Mn, fueron monitoreados en los pastizales de Entre Ríos y Corrientes (Argentina) por Mufarrega (2003), quién encontró niveles suficientemente altos de ambos en suelos y forrajes, sin detectar deficiencias en el ganado bovino. En relación al Mg, Mufarrega (2001), sugiere que las hipomagnesemias detectadas en vacas con cría serían producidas por el alto contenido en K de los suelos, ya que el contenido de Mg en pastos es superior al 0.20% de la MS y parecería ser adecuado en esta región.

Para la provincia de Entre Ríos en particular, mediante estudios sobre pasturas naturales se determinaron estados deficitarios especialmente en P, Cu, S y Co, los cuales se traducirían en trastornos en la producción y/o aspectos reproductivos en el ganado de cría de la región, especialmente en el centro norte provincial (Hoffer *et al.*, 1974; Ricciardino *et al.*, 1982; Hoffer y Monje, 1985; Rochinotti, 1991). Mufarrega (2002), cita como valores medios de minerales en los pastizales nativos del norte de Entre Ríos, los siguientes: 0,30% Ca; 0,09% P; 0,28% Mg; 1,0% K; 0,045% Na; 0,09% S; 0,30ppm Co; 6,0ppm Cu; 0,015ppm I; 570ppm Fe; 430ppm Mn; 1,9ppm Mo; 21ppm Zn y 5,2ppm Ni. En tanto, sobre las principales leguminosas utilizadas en los rebaños lecheros de la región, Ramos *et al.* (2007) hallaron contenidos entre 1 y 3% de Ca; 0,1 y

0,35% de P; 30 a 50 ppm de Zn y 6 a 24 ppm de Cu, con variaciones importantes (30 al 80%) en su bioaccesibilidad según especies y época del año.

2.3.3. Minerales de interés para el presente estudio

Dentro del conjunto de minerales, se describen en forma sucinta los macrominerales Ca, Mg, P y los elementos traza Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se y Zn, utilizados como indicadores en el presente estudio.

2.3.3.1. Macrominerales

Ca es el elemento mineral más abundante en el organismo animal, siendo componente importante de los huesos y dientes, donde se encuentra almacenado alrededor del 99% del total. En los rumiantes, se encuentra en cantidades que varían entre 9 y 10 mg/dl de Ca en suero sanguíneo, de los cuales 40–45% se encuentra ligado a la proteína plasmática (especialmente a la albúmina), 5% está ligado a compuestos orgánicos como citrato y el resto se encuentra en forma ionizada. De estas tres formas, la que debe mantenerse constante en el plasma es la forma ionizada, con valores entre 4 y 5 mg/dl, ya que de esto depende la actividad normal de nervios y músculos (Jagos y Dvorák, 1991). Las concentraciones de Ca plasmático están sujetas a control endocrino, el cual involucra a la paratohormona, la calcitonina y la vitamina D₃, que actúan para mantener la homeostasis mineral, en especial en periodos de alta demanda como la gestación y la lactancia temprana. Esta última, requiere hasta 36 gramos diarios de Ca en leche para una vaca que produce 30 litros, es decir, 4 veces más la cantidad de Ca circulante en el plasma sanguíneo, por lo que el organismo recurre a la movilización de Ca óseo para satisfacer esos requerimientos. Como recomendación general, el NRC (2001) fija entre 0,55 y 0,75% de Ca en la MS de la ración los requerimientos diarios de bovinos lecheros en lactancia. Cualquier interferencia en la movilización o absorción de Ca, tales como desbalances en la relación Ca:P de la dieta, baja cantidad de proteína en la dieta, alta ingesta de Mg, aumento del pH sanguíneo y/o hipomagnesemia, pueden causar hipocalcemia (también llamada fiebre de leche o “síndrome de la vaca caída” (González, 2000; Goff, 2006). Los niveles normales de Ca en sangre están por encima de 2 mmol/l (8 mg/dl); y entre 1,5-2 mmol/l (6-8 mg/dl) hablaríamos de hipocalcemia subclínica, que a día de hoy es un gran reto su control, por las grandes pérdidas económica que ocasionan en los rebaños lecheros (Goff, 2006). La hipocalcemia clínica se presenta cuando el Ca sérico baja de 1,5 mmol/l (6 mg/dl) y se observa principalmente en vacas lecheras de alto rendimiento, asociado con el parto y el inicio de la lactancia sobre todo en vacas adultas de 5 o más años de edad (Horst *et al.*, 1990; Suttle, 2010; Sánchez y Saborío-Montero, 2013; Amaral, 2014). La prevalencia de este desbalance metabólico es variable en los rebaños de ganado lechero y se asocia también con la raza, CC, otras enfermedades, clima e instalaciones en que se mantienen los animales y la composición mineral de dieta (NRC, 2001; Goff, 2006; Sánchez y Saborío-Montero, 2014). Diversos autores comprobaron que existe una mayor

predisposición en animales de las razas J y Guernsey a desarrollar hipocalcemia, en relación a vacas H, lo cual se debería a una menor cantidad de receptores a la hormona 1,25 dihidroxivitamina D en aquellas (Goff *et al.*, 1995; Amaral, 2014; Sánchez y Saborío-Montero, 2014). La hipocalcemia es factor predisponente para la distocia, prolapso uterino, retención de membranas fetales, desplazamiento del abomaso y cetosis, las cuales pueden afectar la salud posparto de la vaca en producción y, aunque son trastornos independientes, casi siempre unos inducen a los otros y se presentan asociados, aunque en intervalos de tiempo diferentes. Estos problemas están vinculados con el nivel de producción y, a medida que éste aumenta, por lo general el riesgo de que aparezcan es mayor, ya que se emplean niveles de alimentación más exigentes y son las principales causas de descarte de animales (Corbellini, 1998b; Ciria *et al.*, 2005).

El Mg cumple un importante rol en la actividad neuromuscular y como cofactor enzimático en múltiples procesos metabólicos, entre ellos la movilización de Ca desde el tejido óseo. No está sujeto a un control hormonal, por lo que su concentración depende del aporte y absorción desde los alimentos, así como de la excreción renal. Su absorción puede verse afectada por múltiples factores, tales como alteraciones en la relación Na:K, la cantidad de Ca, P y K de la dieta y las concentraciones de amonio ruminal, entre otros (González, 2000) y ocurre tanto en rumen como en omaso, intestino delgado y en el colon, donde probablemente operan dos mecanismos para su absorción, uno saturable activo que prevalece ante bajos consumos de Mg y otro pasivo, que es la ruta de absorción cuantitativa durante periodos de alto o excesivo consumo de Mg (Underwood y Suttle, 2002). Esto es importante, porque el metabolismo del Mg no presenta un pool de reserva que pueda movilizarse en respuesta a mayores requerimientos, por lo tanto, la homeostasis del Mg depende de la ingesta en la dieta y la cantidad que es excretado (Rosol y Capen, 1997). La concentración óptima en plasma bovino es de 0,8 a 1,1 mmol/l (1,9-2,6 mg/dl) (Jagos y Dvorák, 1991) y los niveles en sangre raramente exceden el límite superior de 3 mg/dl (Church y Pond, 1998). Además, es importante considerar que el Mg está presente en el sudor y, durante estaciones cálidas, esta vía de salida puede representar hasta el 25% de la pérdida total diaria del mismo. La concentración en el plasma solo disminuye en casos de deficiencia severa y un exceso o falta de Mg se refleja inmediatamente en la mayor o menor excreción de Mg en la orina. Por esto, se propone también a la excreción diaria como indicador de la disponibilidad del Mg (McDowell *et al.*, 1993). La hipomagnesemia se manifiesta especialmente a través de trastornos de excitabilidad neuromuscular y suele darse en vacas con BEN, ya que la lipólisis enzimática de los triglicéridos de reserva requiere de importantes cantidades de Mg como cofactor y normalmente se relacionan con problemas reproductivos y productivos (Jagos y Dvorák, 1991; González, 2000; Contreras, 2002; Sánchez y Saborío Montero, 2014). Como recomendación general, el NRC (2001) fija las necesidades diarias entre 0,18% y 0,25% de Mg en la MS para raciones de vacas lecheras lactantes.

Las funciones conocidas del P en el organismo de los bovinos son más numerosas que las de los demás elementos minerales. Existe una estrecha relación entre el P y el Ca dentro de la constitución del hueso, forma parte del núcleo de las células y de los fosfolípidos de las membranas celulares, realiza funciones vitales en el metabolismo energético, es esencial para el funcionamiento adecuado de los microorganismos del rumen, para la regulación del pH de la sangre y otros fluidos e interviene en el

metabolismo de las proteínas y varios sistemas enzimáticos (McDowell *et al.*, 1993; Rosol y Capen, 1997). NRC (2001) recomienda entre 0,32% y 0,38% de P en la dieta diaria de vacas lecheras, para mantener rangos normales de 4 a 6 mg/dl de este mineral en suero o plasma, pero su contenido en sangre no está bajo un control homeostático estricto y sus variaciones son más fuertes que las de Ca, dependiendo de las necesidades para el crecimiento óseo y muscular del feto, las pérdidas fecales, urinarias y lácteas. A dicha concentración le afectan factores tales como la edad, número de partos, estación del año, momento de lactancia y de preñez e incluso suceden variaciones durante el día. Al inicio de la lactancia, la producción de leche y calostro moviliza una gran cantidad de P desde el plasma, pérdida que se ve incrementada en animales que cursan hipocalcemia, como suele ocurrir al inicio de lactancia, debido a que la paratohormona aumenta la pérdida urinaria y salival de P (Rosol y Capen, 1997).

2.3.3.2. Microminerales

La provisión de niveles adecuados de microminerales en la dieta del ganado lechero es esencial para mantener a los animales en buen estado general de salud y como prevención de enfermedades (Corbellini, 1998a; Yasui *et al.*, 2009). Son críticos para el organismo en cuanto a la función inmune, el metabolismo oxidativo, la nutrición y el metabolismo energético y para la función reproductiva en las vacas lecheras (Spears y Weiss, 2008). Se consideran como los principales a Fe, Cu, Zn y Mn, asociados a nivel fisiológico especialmente como cofactores de los sistemas enzimáticos, en aspectos de fertilidad y crecimiento (Ciria *et al.*, 2005). En particular, Zn, Cu y Mn, han recibido una atención considerable en las vacas lecheras y se han realizado diversos estudios para evaluar sus efectos sobre el rendimiento productivo y reproductivo (Siciliano-Jones *et al.*, 2008; Formigoni *et al.*, 2011; Nemeč *et al.*, 2012). Debido a su función antioxidante, el manejo de algunos minerales traza durante el período de periparto contribuye a contrapesar y modular el estrés oxidativo en vacas lecheras, lo que podría reducir los problemas metabólicos e inmunes durante el período de transición y mejorar aspectos de la producción y reproducción (Corbellini, 1998a; Bernabucci *et al.*, 2005; Sordillo y Aitken, 2009; Yasui *et al.*, 2009).

Dentro de los 18 oligoelementos descritos como esenciales (Underwood y Suttle, 2002), se describen en los párrafos siguientes aquellos que han sido evaluados en el presente estudio: Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se y Zn.

El Co integra la molécula de la vitamina B₁₂ (cianocobalamina) y como elemento mineral es utilizado por los microorganismos del rumen para sintetizarla, sin que existan evidencias de su síntesis en los tejidos corporales de los rumiantes. Por ello, el abastecimiento de esta vitamina en el ganado vacuno depende del suministro de Co y de la capacidad del rumen para sintetizarla. La vitamina B₁₂ está involucrada en el metabolismo energético y proteico, de allí que una deficiencia de Co en la dieta es similar a la de una mala nutrición en general o a una parasitosis interna (McDowell *et al.*, 1993). La deficiencia de Co en el ganado vacuno en pastoreo es común en las regiones tropicales y de igual importancia que la de Na, P y Cu (McDowell *et al.*, 1993), considerándose como adecuadas las concentraciones en sangre de 0,07 a 0,11

ppm o mg/l (Judson y McFarlane; 1998). No obstante, la evaluación del estado del Co en los rumiantes es complicada y poco fiable con los ensayos de laboratorio de rutina (Herdt *et al.*, 2000; Underwood and Suttle, 2002) y se lo estima también a través de la concentración de vitamina B₁₂, con valores considerados normales cuando están sobre entre 30–60 pmol/l en suero sanguíneo de bovinos pastoreando (Suttle, 2010). Los niveles normales en suero, medidos por espectroscopia de plasma (ICP) varían entre 0.17-2 µg/l (Herdt y Hoff, 2011). El NRC (2001) sugiere niveles entre 0,11 y 0,35 ppm sobre MS en las raciones ofrecidas, como adecuados para cubrir los requerimientos diarios de vacas lecheras, siendo 10 ppm el límite a partir del cual puede existir toxicidad.

El Cr tiene funciones como componente del factor de tolerancia a la glucosa, el cual potencia la acción de la insulina y actúa en el metabolismo energético, aunque no se conocen con certeza los requerimientos de Cr del ganado (Mufarrege, 1999) y el NRC (2001) no ha comprobado que su suplementación beneficie la producción en bovinos de leche. Yang *et al.* (1996) sugieren que los factores de estrés nutricionales, fisiológicos y psicológicos, asociados con la primera lactancia, aumentan los requisitos de Cr, por lo que una buena provisión mejoraría la respuesta de estas vacas. En igual sentido, Subiyatno *et al.* (1996) observaron aumentos del rendimiento de la leche ante aportes de Cr orgánico, adjudicándolos a mayores eficiencias en la gluconeogénesis o la glicogenolisis. La máxima concentración de Cr tolerable en el ganado es de 1000 ppm en su forma trivalente como tricloruro de cromo, y se menciona como nivel adecuado de Cr en suero sanguíneo el de 0,12-0,24 µg/l (ppb) (Suttle, 2010).

El Cu se encuentra en todas las células interviniendo en numerosos sistemas enzimáticos, pero se acumula especialmente en el hígado, que actúa como principal reservorio del organismo y protege al animal de su toxicidad por excesos. Realiza importantes funciones en numerosos sistemas enzimáticos y resulta necesario para la pigmentación del pelo y la piel, además de tener influencia en la fertilidad y como factor de crecimiento en animales jóvenes (Ciria *et al.*, 2005). Una disminución en la concentración de Cu hepático es un marcador temprano de una ingesta dietética insuficiente en Cu y sus niveles reflejan la disponibilidad a largo plazo del Cu dietético. Si bien existe una relación curvilínea entre la concentración de Cu hepática y en sangre, la concentración de Cu hepática debe bajar drásticamente antes de que pueda apreciarse una disminución en la concentración de Cu en sangre (Underwood and Suttle, 2002). De esta manera, la evaluación del nivel de Cu en sangre es un marcador tardío (a largo plazo) de la deficiencia en Cu y hacerlo sobre plasma es un mejor indicador que sobre suero, porque una cantidad variable de Cu puede quedar cautiva en el coágulo (Rollin y Guyot, 2014). Como referencia, Jagos y Dvorák (1991) y Bouda *et al.* (2005) sugieren concentraciones de Cu en plasma de bovinos lecheros entre 0,7-1,2 mg/l, similares a los propuestos por Puls (1994) (0,6-1,5 mg/l); y más recientemente por Herdt y Hoff (2011) (0,6-1,1 mg/l), utilizando nuevas técnicas analíticas multielemento como la espectroscopia de plasma (ICP).

Si bien el NRC (2001) fija el requerimiento diario de Cu en las raciones para bovinos en crecimiento entre 8 y 10 ppm y para vacas lecheras entre 10 y 15 ppm, puede existir deficiencia inducida de Cu cuando los forrajes tienen una proporción de Cu:Mo menor de 2,8:1, especialmente ante valores altos de S (McDowell, *et al.* 1993).

Así, Rollin y Guyot (2014), proponen entre 9 y 18 ppm los niveles recomendados en la MS de la dieta y sugieren no superar niveles las 40 ppm en las raciones, por riesgo de toxicidad. La disponibilidad de Cu también está asociada a la concentración de Mo y S en la dieta, especialmente si éstos se hallan en exceso, pues tienen gran influencia en la absorción del Cu. Niveles de sulfatos en el agua de bebida por encima de 0,50 g/l podrían producir interferencias con la absorción de Cu y, para animales adaptados, el valor máximo tolerable de sulfatos es de 4 g/l, situación que suele darse en las pasturas nativas del noreste de Argentina (Sager, 2000 y 2008; Postma, 2010). Dentro del rumen, el S de la dieta puede reaccionar con Cu, formándose precipitados de sulfuro de Cu, lo que disminuye su absorción. También el Mo forma complejos de baja solubilidad que reduce la absorción, ya de por sí baja, del Cu y, combinados, el Mo y el S en el rumen pueden formar un compuesto que liga y hace indigerible al Cu (Suttle, 2010; Rollin y Guyot, 2014). La acción antagónica del Mo sobre el metabolismo del Cu, produce el síndrome de deficiencia condicionada de Cu por exceso de Mo, denominada hipocuprosis secundaria y esta alteración afecta la absorción, transporte y utilización del Cu por el organismo del animal (Matrone, 1970; Suttle, 2010). Por otra parte, concentraciones altas de Fe en alimentos (entre 250 a 500 ppm), pueden originar también deficiencias de Cu en rumiantes.

El Fe es un elemento esencial que compone la hemoglobina y la mioglobina, necesario para el transporte de oxígeno por la sangre a los tejidos y para la respiración celular; interviene en la síntesis de mioglobina (constituyente muscular), transferrina (plasma sanguíneo) y ferritina (en hígado) (Ciria *et al.*, 2005). Los niveles normales en suero de bovinos están entre 1,1-2,5 mg/l (Puls, 1994; Herdt y Hoff, 2011). Aunque no se conocen trabajos definitivos sobre las necesidades de Fe en vacas adultas, sus requerimientos serían relativamente bajos durante la lactancia, por ser pequeña la cantidad relativa que se secreta en leche. La necesidad adicional de una vaca lechera que produce 40 kg de leche diarios se cumple con sólo 16 ppm de Fe sobre MS para mantener el pico de producción (Suttle, 2010). En tal sentido el NRC (2001) fija entre 12 y 20 ppm los requerimientos mínimos diarios para vacas lecheras, que en general son cubiertos con el pastoreo en las condiciones de la región pampeana de Argentina (Mufarrege, 1999; Morlacco *et al.*, 2014). Finalmente, Rollin y Guyot (2014) recomiendan no superar las 1000 ppm (mejor las 500 ppm) de Fe en raciones para evitar efectos perjudiciales, tanto por toxicidad, como por interacciones con otros oligoelementos.

El Mn incrementa el volumen muscular, es factor de fertilidad en animales adultos y posee funciones de activación enzimática. Altas concentraciones de Ca, P o K en la dieta pueden aumentar la excreción de Mn en las heces, probablemente como resultado de una reducción en su tasa de absorción, y altas concentraciones de Fe reducen la retención de Mn (Rollin y Guyot, 2014). El NRC (2001) fija entre 25 y 40 ppm los requerimientos diarios para cubrir las necesidades de vacas lecheras, aunque algunos autores suponen que están subestimados (Weiss y Socha, 2005) y que deberían incrementarse ante altas proporciones de Ca:P en la dieta del animal (Ciria *et al.*, 2005). No obstante, se sugiere no superar las 1000 ppm en las raciones, como límite máximo tolerable por los bovinos (Rollin y Guyot, 2014). Pocos forrajes incumplen los requisitos mencionados del NRC (2001), e incluso los animales que dependen en gran medida de los pastos y forrajes, en ocasiones se exponen a un consumo elevado de Mn

que son potencialmente tóxicos y sus excesos pueden ocasionar deficiencias secundarias de Cu en el ganado (Suttle, 2010). Los valores de Mn plasmático reportados son extremadamente variables, mencionándose como normales valores en vacas de 15-17 $\mu\text{g/l}$ (Weiss y Socha, 2005), o 6-70 $\mu\text{g/l}$ (Puls, 1994). Si bien, cabe destacar que con las técnicas analíticas actuales (espectroscopía de plasma: ICP) los niveles mencionados son bastante inferiores, variando entre 0.9-6 $\mu\text{g/l}$ (Herdt y Hoff, 2011).

El Mo forma parte de enzimas relacionadas con la oxidación de las purinas y su reducción a citocromo C, siendo sus requerimientos en bovinos muy bajos, recomendando el NRC (2001) al menos 1 ppm en la MS de la ración, con niveles considerados adecuados en sangre entre 10-100 $\mu\text{g/l}$ (Puls, 1994), o entre 2-35 $\mu\text{g/l}$ (Herdt y Hoff, 2011). En las condiciones de pastoreo de los vacunos en Argentina, es improbable que ocurra una deficiencia de Mo, aunque si pueden darse efectos tóxicos, siendo el ganado vacuno poco tolerante a sus excesos (Mufarrege, 1999). Las posibilidades de que ocurra una intoxicación dependerán de la cantidad de Cu disponible, ya que éste actúa como protector de la toxicidad del Mo, siendo 5 a 6 ppm de Mo en la MS el máximo nivel compatible con el almacenamiento normal de Cu (NRC, 2001).

La función del Ni en el metabolismo de los mamíferos es desconocida, aunque en los rumiantes es un componente esencial para las bacterias ureolíticas del rumen, afectando su disponibilidad las funciones y productos derivados de la fermentación microbiana (NRC, 2001). Los niveles normales de Ni en plasma de rumiantes son bajos ($<0,017 \mu\text{mol/l}$) y varían de un órgano a otro, siendo mucho mayor en los riñones y pulmones (Suttle, 2010). Si bien la información disponible no es suficiente como para establecer los requerimientos de Ni en el ganado vacuno, la concentración máxima tolerable ha sido estimada en 50 ppm de la dieta, debido a la aparente susceptibilidad de la microflora ruminal a valores por encima de este umbral (NRC, 2001; Suttle, 2010). En general, no se mencionan problemas de importancia práctica en la alimentación del ganado debido a deficiencias de Ni, ya que la disponibilidad del elemento en pastos y otros alimentos sería suficiente, y su concentración no parece ser diferente entre forrajes cuando crecen en un mismo suelo (Underwood y Suttle, 2002).

El Se en suero o plasma es un buen indicador de la ingesta dietética, ya que aumenta rápidamente después del suplemento oral (Ellis *et al.*, 1997). El NRC (2001) menciona un rango entre 0,30 y 0,50 ppm en la dieta diaria como adecuado para cubrir los requerimientos de las vacas lecheras, aunque Jagos y Dvorák (1991) mencionan niveles algo mayores, estimando entre 0,80 y 1,4 ppm las necesidades de las vacas lecheras. Suttle (2010) menciona como valores normales entre 80-90 $\mu\text{g/l}$ en suero, similar a los límites inferiores descritos por Puls (1994): 80-300 $\mu\text{g/l}$ y por Herdt y Hoff (2011): 65-140 $\mu\text{g/l}$. Cuando las concentraciones de Se en sangre son excesivamente bajas, puede ocurrir una reducción en la producción de leche y, especialmente, en su contenido de grasa (Suttle, 2010). No obstante, los efectos más comunes que se mencionan ante deficiencias de Se son retención placentaria, baja fertilidad, distrofia muscular y terneros muertos al parto (Jagos y Dvorák, 1991). Por exceso, Suttle (2010) menciona riesgos para bovinos en dietas que provean entre 5 a 10 ppm diarios de Se y cuando los niveles de este mineral estén entre 2,5 y 3,5 mg/l en el suero o plasma sanguíneo.

El Zn interviene en el metabolismo de proteínas y procesos celulares, está distribuido especialmente en músculos, cabellos, pezuñas y fluidos reproductivos. Es componente de varias enzimas y tiene influencia en la reducción del estrés y de conteos de células somáticas en leche, como restaurador de los epitelios y factor de fertilidad en los animales adultos (Ciria *et al.*, 2005). La absorción del Zn se realiza en el abomaso (33%) e intestino delgado (66%) y es transportado al hígado, donde se metaboliza. Se excreta por heces, pero grandes cantidades se pierden también en el sudor, especialmente en climas tropicales y/o en períodos de estrés calórico (Suttle, 2010). Jagos y Dvorák (1991) sugieren valores óptimos de Zn en plasma de 0,80 a 2,00 mg/l, destaca que las deficiencias de este elemento se manifiestan principalmente como disminuciones en la inmunidad de los animales y que su absorción puede verse afectada ante altas concentraciones de Cu, Ca y Fe en la dieta. Niveles similares de Zn en suero describen Puls (1994): 0,8-1,4 g/l y Herdt y Hoff (2011): 0,6-1,9 mg/l. Minson (1990) por su parte, sugiere que el nivel de Zn en suero debería estar entre 0,4 y 0,6 mg/l para no existir deficiencias, con valores ideales entre 0,70 y 1,30 mg/l. Se sugiere que una baja concentración de Zn en plasma puede indicar deficiencias, mientras que niveles normales no excluyen necesariamente que existan (Underwood y Suttle, 2002). El NRC (2001) fija entre 42 y 55 ppm los requerimientos diarios para una vaca en lactancia, aunque Rollin y Guyot (2014) elevan el rango óptimo de Zn en la dieta a 43–73 ppm diarios sobre MS, con límite de tolerancia de 300 ppm.

2.3.4. Fuentes de minerales en sistemas lecheros a pastoreo

Los elementos minerales no pueden ser sintetizados por los animales, por lo que sus necesidades deben ser cubiertas básicamente por los alimentos que ingieren (Ciria *et al.*, 2005). En los bovinos, un buen manejo de la nutrición mineral consiste en aportar la cantidad necesaria según sus requerimientos, lo que puede ser factible de evaluar mediante la determinación de los elementos en diferentes tejidos del animal (McDonald *et al.*, 1997). En tal sentido, al observar concentraciones de minerales dentro de los rangos referenciales, se puede pensar que las vacas están clínicamente sanas y que, tanto el aporte como el mecanismo homeostático que regula las concentraciones sanguíneas, son adecuados y permiten concentraciones séricas compatibles con un balance metabólico nutricional óptimo en el animal (Cedeño *et al.*, 2011).

En los sistemas a pastoreo, normalmente los animales se proveen de la mayoría de los minerales a partir de los forrajes que consumen, y la ingesta de minerales se ve influida así por aquellos factores que determinan el contenido mineral de las plantas. Estas concentraciones de minerales dependen en gran medida de la especie y variedad de forraje, del tipo y calidad de suelo sobre el cual crece (especialmente su concentración original de nutrientes, tipo y contenido de arcillas y pH), de interacciones a partir de decisiones de manejo del cultivo (especialmente por las fertilizaciones y enmiendas), del clima, del momento fisiológico en que esté y de la parte de la planta que se analice (Sundrum, 1997; Hayashida *et al.*, 2004; Ciria *et al.*, 2005; Suttle, 2010).

Como consecuencia de esto, los forrajes pueden ser deficientes o desequilibrados en algunos minerales, incluso dentro de la misma especie forrajera, en función del suelo y

de su estado fisiológico. Además, la digestibilidad y biodisponibilidad de estos elementos presentes en los alimentos, está condicionada por la absorción de los diferentes compuestos, ya sean en forma orgánica o inorgánica, su utilización metabólica y la homeostasis o movilidad de determinadas reservas en el cuerpo del animal (Ciría *et al.*, 2005). Así, en establecimientos que utilicen en gran medida forrajes en pastoreo directo como principal fuente de alimento para el ganado, pueden darse desequilibrios en la dieta según el tipo de pastura que se ofrezca, la estación del año y el manejo del cultivo y/o el pastoreo (Sundrum, 1997; Underwood and Suttle, 2002; Hayashida *et al.*, 2004).

Las concentraciones minerales en las plantas en general reflejan la provisión que posee el suelo, sin embargo, las plantas responden a las limitaciones en nutrientes disminuyendo también su ritmo de crecimiento y/o la concentración de los elementos deficientes en sus tejidos. Estas respuestas varían según el mineral que se considere, la especie o variedad de planta, con el suelo, las condiciones climáticas y/o de manejo, todo ello hace que la interpretación de los datos sea extremadamente difícil, debido al amplio rango de valores que se presentan en la concentración de un mismo elemento (Suttle, 2010). Se suma a esto el hecho que, en situaciones de pastoreo, el forraje de las muestras recogidas puede no representar adecuadamente el material seleccionado por el animal. En tal sentido, existen diferencias en la actividad en pastoreo entre razas y entre animales, que muestran preferencias por diferentes tipos y partes de plantas que pueden variar ampliamente en concentración de minerales. Este pastoreo selectivo influye mucho en la composición de la dieta, y podría influir en la ingesta de minerales, cuando el ganado tiene libre acceso a una mezcla de especies forrajeras (Mufarrege, 1999).

En el caso de los micronutrientes, sus concentraciones son generalmente más altas en la superficie del suelo y disminuyen con la profundidad del mismo y, a pesar de que puede ser alta la concentración de la mayoría de ellos en el suelo, sólo una pequeña fracción está disponible para las plantas, siendo el pH del suelo uno de los factores más importantes que afectan esa disponibilidad (Gupta *et al.*, 2008). La concentración de elementos traza en los pastos también varían estacionalmente, siendo Fe, Cu, B, Mo y Zn más disponibles durante primavera, cayendo ligeramente en verano y alcanzando un pico de nuevo en otoño. Los niveles de Mo y Mn caen gradualmente a medida que avanza la temporada de crecimiento, mientras que los de Se aumentan en ese sentido (Socha *et al.*, 2002; Griffiths *et al.*, 2007; Suttle, 2010). En resumen, se puede afirmar que con la maduración desciende el contenido de P, K, Na, Cl, Cu, Co, Fe, Ni, B, Zn y Mo, y aumentan los de Se y Si (Terry *et al.*, 2000; Ciría *et al.*, 2005; Tame, 2008).

En relación a los grandes grupos de forrajes, las leguminosas son generalmente mucho más ricas en macro-elementos que las gramíneas, cuando crecen en condiciones comparables, ya sea en climas templados o tropicales (Minson, 1990; Mufarrege, 1999). Estos autores reportan valores medios de Ca de 14,2 y 10,1 g/kg MS en leguminosas templadas y tropicales, respectivamente, contra 3,7 y 3,8 g/kg MS en gramíneas, aunque las leguminosas suelen tener niveles excesivamente bajos en Na, con menos de 4,0 g/kg MS. Los elementos traza, especialmente Fe, Cu, Zn, Co y Ni, también son generalmente más altos en las leguminosas que en gramíneas forrajeras que crecen en climas templados (BurrIDGE *et al.*, 1983; Hopkins *et al.*, 1994). Algunos minerales traza pueden ser deficientes en la ración, mientras que otros pueden estar presentes en forma

abundante o, incluso a niveles tóxicos, como puede ocurrir con el Mo en pasturas de regiones templadas de leguminosas y gramíneas, con promedios mayores a 12 ppm y que llegan a más de 50 ppm (Mufarrije, 1999). En algunas pasturas de la región pampeana argentina se han detectado bajos niveles de Co (Rochinotti, 1991) y se conoce que la concentración de Co de las leguminosas es mayor que el de las gramíneas cuando crecen en un mismo tipo de suelo (Underwood y Suttle, 2002).

Gran parte de los oligoelementos están presentes en mayor medida en los granos de cereales y oleaginosas y en sus subproductos agroindustriales, con respecto a los forrajes de pastoreo o silaje, siendo su biodisponibilidad también más alta en aquellos alimentos (Fernández Mayer, 2001; NRC, 2001; Suttle, 2010). Por ello, el uso extensivo de residuos agrícolas tales como tortas oleaginosas en las dietas del ganado las enriquece con minerales, aunque pueden existir variaciones amplias en la composición según el origen y tratamiento de los subproductos (Arosemena *et al.*, 1995; Fernández Mayer, 2001).

En la cuenca lechera central Argentina, Luna (2011) analizó los principales componentes y la concentración de macro y micro minerales de dietas para rebaños lecheros, hallando importantes variaciones, según el tipo de cultivo y la parte de la planta analizada (Tabla N°1), especialmente en minerales traza.

Tabla N°1. Rango de valores medios para componentes de dietas de rebaños lecheros en 3 establecimientos lecheros de la Cuenca Central de Santa Fe (Luna, 2011).

Mineral	Pastura de alfalfa	Sorgo Forrajero	Silaje de maíz en planta	Grano de maíz	Avena
Ca (% de la MS)	1,68-2,22	0,30-0,37	0,10-0,21	0,25	0,25-0,31
Mg (% de la MS)	0,23-0,32	0,21-0,26	0,20-0,23	0,16	0,24-0,26
P (% de la MS)	0,21-0,24	0,28-0,31	0,18-0,23	--	0,18-0,20
Zn (mg/kg MS)	22-28	36-39	26,5-30,5	15	29,5-34,0
Mo (mg/kg MS)	2,0-2,5	1,7-2,1	2,5-3,8	--	--
Cu (mg/kg MS)	10-13	9,4-11	3,14-3,81	--	9,4-13,0
Fe (mg/kg MS)	226-510	117-121	165-196	25	1068-1142

MS: Materia Seca.

Teniendo en cuenta los diversos factores que pueden influir en la dotación mineral de los forrajes y de los demás alimentos componentes de las raciones, existen considerables dificultades para obtener los valores representativos, ante lo cual, en general se utilizan los valores de referencia del NRC para estimar los requerimientos y formular las dietas, aunque estos requieren ajustes y ser revisados en cada caso (Berger, 1995; McDowell, 2003).

Aunque el agua no es considerada habitualmente como fuente de minerales, las vacas lecheras en producción beben alrededor de 95 litros de agua promedio por día, llegando hasta 120 litros/día de consumo durante verano, en días de altas temperaturas

(Valtorta *et al.*, 2000). Por esta razón, el agua de bebida llega a aportar hasta un 20% del Ca, 11% del Mg, 35% del Na y 28% del S requerido en la dieta (Bavera *et al.*, 2001; Suttle, 2010; Linn, 2010). Este consumo varía en función del contenido de sales del agua, de factores dependientes del animal (tasa metabólica, el calor producido durante el metabolismo, la raza, el sexo, el estado fisiológico), del porcentaje de MS y tipo de ración, la disponibilidad y temperatura del agua y de factores ambientales como la temperatura, el viento y la humedad (Beede, 1993).

Recientes estudios en California (Castillo *et al.*, 2013), sugieren que no incluir la ingesta de minerales a través del agua potable y no conocer las concentraciones reales de minerales de los alimentos utilizados, conduce a errores en la estimación del consumo diario. La inclusión del aporte en minerales por parte del agua, explicó el aumento en el estiércol de la mayoría de los minerales para sus ensayos (5% mayor para Ca, Mg, S, Cu, Fe y Mn), con respecto al estimado según balances realizados en base a valores del NRC (2001).

A su vez, la composición mineral del agua de bebida influye no sólo sobre su ingesta, sino también sobre el consumo total de alimento, condicionando así los niveles productivos alcanzados (Pérez-Carrera *et al.*, 2007). Por ello, el aporte de minerales del agua adquiere importancia productiva en la dieta y debería considerarse a la hora de formular las raciones, tal el caso de la cuenca lechera central de Argentina, donde las pasturas son deficientes en Na y el agua de bebida pasa entonces a ser la principal fuente de obtención de este mineral (Luna, 2011).

En la cuenca lechera de la provincia de Entre Ríos, si bien existen grandes variaciones locales, los principales acuíferos poseen en promedio aguas algo alcalinas (pH 7,37), con 78,8 ppm de cloruros; 88,1 ppm de sulfatos; 19,9 ppm de nitratos; 483,7 ppm de bicarbonatos; 8,5 ppm de K; 205,7 ppm de Na; 12,3 ppm de Mg; 42,4 ppm de Ca y 0,28 ppm de B (Vivot *et al.*, 2000).

2.3.5. Manejo y nutrición mineral en sistemas lecheros a pastoreo

Tradicionalmente, los desequilibrios minerales han sido relativamente fáciles de manejar en los sistemas intensivos, donde los animales y sus dietas están bajo un mayor control y reciben de forma rutinaria suplementos minerales en el alimento concentrado (López-Alonso, 2012). De esta manera, los minerales se incorporan de forma rutinaria con los concentrados y, por lo general, se asegura que los animales reciben la ingesta necesaria de ellos (Chládek y Zapletal, 2007). Además, en general las raciones se formulan con márgenes de seguridad, para que la ingesta de nutrientes exceda los requisitos sin ninguna consecuencia negativa para la salud animal y la productividad (López-Alonso *et al.*, 2011; López-Alonso, 2012).

En sistemas extensivos, donde se manejan rebaños bajo pastoreo en grandes superficies, se utiliza como principal fuente de alimentación el forraje grosero, con un uso limitado de alimentos concentrados y suplementos minerales. En ellos ocurren variaciones estacionales elevadas en el tipo y composición de los forrajes ofrecidos, que pueden ocasionar mayor riesgo de desnutrición y de carencias específicas de minerales

durante el año, asociadas a características de suelos, forrajes y clima, los cuales son más complejos y costosos de superar (Whitehead, 2000; Ciria *et al.*, 2005). Este tipo de dietas pastoriles, asociadas a deficiencias y desequilibrios de minerales, son más comunes en zonas donde los suelos tienen un contenido mineral inadecuado y/o baja biodisponibilidad mineral (Govasmark *et al.*, 2005; Tame, 2008; Blanco-Penedo *et al.*, 2009; López-Alonso *et al.*, 2011; López-Alonso, 2012), lo cual hace prever la necesidad de suplementar con minerales, como suele ocurrir en los sistemas pastoriles de Argentina (Corbellini y Busso Vanrell, 2008).

Por otra parte, las concentraciones de minerales en sangre están reguladas por mecanismos complejos e interrelacionados con absorción, metabolismo y eliminación, mediante los cuales, en períodos de altas temperaturas ambientales, comunes en regiones como las cuencas lecheras centrales de Argentina, las vacas tratan de restablecer su equilibrio térmico, aumentando la sudoración y la respiración (Valtorta *et al.*, 2000). Como consecuencia, las vacas eliminan más minerales, lo que podría conducir a una disminución de las concentraciones de estos en sangre (Collier *et al.*, 1982). En ambientes cálidos, el menor consumo de alimento reduce el suministro de P y hay menos flujo sanguíneo en el tracto digestivo, lo cual afecta la absorción general de nutrientes (Sánchez *et al.*, 1994; Bertoni, 1998). En tal sentido, Younes *et al.* (2011) encontraron que los niveles de Ca, Mg, P y Fe fueron mayores en otoño en comparación con verano y, tanto Kume *et al.* (1986), como Sánchez *et al.* (1994), hallaron también menos concentración de Ca plasmático durante las estaciones cálidas en vacas lecheras y novillas bajo pastoreo.

Las deficiencias más comunes son de nivel subclínico o marginal, difíciles de diagnosticar pero que pueden causar estrés fisiológico y disminución de la producción (Blanco-Penedo *et al.*, 2009). Esto significa que en los sistemas a pastoreo tienen mucha importancia el monitoreo y las prácticas agronómicas, manejando los suelos y los forrajes con un sistema de gestión altamente eficiente (Kuusela y Khalili, 2002; Kabata-Pendias, 2011). La inclusión de concentrados complejos en las raciones dentro de dichos sistemas productivos, incluso en baja proporción, evitaría que el ganado a pastoreo exclusivo sufra deficiencias minerales (Blanco-Penedo *et al.*, 2009). Así, en rebaños de granjas ecológicas, donde hay una mayor dependencia del pasto y podrían asimilarse a los sistemas extensivos bajo pastoreo, se han detectado deficiencias de ciertos minerales, especialmente Cu, Zn, Se y I (Coonan *et al.*, 2002; Blanco-Penedo *et al.*, 2009; Miranda *et al.*, 2015). Al formular raciones minerales para el ganado lechero, se deberían tener en cuenta tanto los requisitos dietéticos como las recomendaciones de alimentación, donde el requisito es la cantidad de un elemento necesario para satisfacer las necesidades metabólicas de mantenimiento, crecimiento, preñez y/o lactancia del animal, en tanto que la recomendación considera además la cantidad de minerales que el animal realmente absorbe, también conocido como “utilización”. Ésta depende de factores ligados al animal, como edad, estado fisiológico, estado sanitario y estado nutricional y de otros factores vinculados al alimento, tales como tipo de mineral, su origen y/o forma química, nivel en la dieta y las interacciones con otros minerales y/o compuestos orgánicos (Ciria *et al.*, 2005). Los datos de utilización son poco abundantes y su importancia práctica no está del todo clara, pero no obstante se conocen algunos casos, como el de Mg que presenta menor utilización en forrajes inmaduros; el de los cationes monovalentes (Na, K y Cl) que se absorben en su totalidad en tanto los

divalentes (Ca, Mg y Zn) presentan una absorción más lenta; que la absorción del Mn es del orden del 3-4 % y que para Ca, Zn y Fe la cantidad absorbida depende del total ingerido. Además, el metabolismo, las cantidades necesarias y la utilización de los elementos, se ven afectados por los demás elementos de la dieta y estas interacciones, aunque poco estudiadas y conocidas, deberían tenerse en cuenta en muchas circunstancias de la alimentación práctica, para conocer con exactitud la seguridad de la dieta recomendada (Ciria *et al.*, 2005). Como ejemplo, Gowda (2004), al suplementar con minerales mediante una fuente inorgánica a vacas lecheras cruzadas de H con rendimiento medio, logró una mejor utilización en términos de ingesta y retención, en comparación con la administración de los mismos a través del forraje, como fuente moderada de la mayoría de los minerales.

Dentro de esas relaciones, se pueden distinguir dos de mayor importancia, por un lado, el antagonismo entre minerales y por el otro, las interacciones entre los minerales y los componentes orgánicos de la dieta. Mediante el antagonismo, la presencia de un elemento disminuye la disponibilidad de otro y esto ocurre entre Cu y Mo y entre Ca con P, Fe, I, Zn y Mn, por lo que la presencia en determinadas cantidades de un elemento, puede hacer aumentar las necesidades de otros al provocar cambios en su absorción o excreción, modificaciones de los efectos a nivel tisular o funcional y/o variaciones en su distribución en tejidos o líquidos corporales (Suttle, 2010). En relación a las interacciones entre los minerales y los compuestos orgánicos de la dieta, son típicos las que existen entre la vitamina D y el Ca y de esta misma vitamina en el metabolismo de Mg y Zn; entre vitamina E y Se; los fitatos que pueden disminuir la utilización del P de los cereales, la inducción de proteínas no específicas de unión a metal (ferritina por Fe y metalotioneína por Cu o Zn). Estas interacciones todavía se complican más al tener en cuenta también las hormonas, así es el caso de hormona paratiroidea con Ca y P, la aldosterona con Na y K y la calcitonina y los estrógenos con Ca (Suttle, 2010).

La suplementación mineral en las granjas europeas, donde el ganado se encuentra a pastoreo y no recibe ración de concentrados, se hace principalmente con bolos ruminales o con bloques minerales suministrados *ad libitum*. También se pueden administrar minerales por vía parenteral, particularmente cuando hay elementos antagonistas que afectan localmente, como ante la presencia de Mo en el suelo que afecta a la absorción de Cu. Sin embargo, estas últimas formulaciones minerales tienen el inconveniente de que no pasan por el rumen, y los microorganismos presentes en él no pueden recibir un adecuado aporte de oligoelementos para sus funciones (López-Alonso *et al.*, 2011). La suplementación mineral debe ser considerada como una medida correctora, pero sin excesos, y cuando se necesitan suplementos para mantener la salud y la productividad, éstos deben adaptarse a las necesidades específicas de los animales y deben tratarse de minerales con alta biodisponibilidad. Los correctores minerales que se introducen en la ración de concentrados suelen ser a base de sales inorgánicas, como sulfatos, carbonatos, cloruros y óxidos, los cuales se descomponen en el tracto digestivo para formar iones libres y luego se absorben. Sin embargo, esos iones libres son muy reactivos y pueden formar complejos con otras moléculas de la dieta, que son difíciles de absorber. Grandes cantidades de minerales no absorbidos se eliminan por las heces provocando riesgo medioambiental. Por esta razón, a día de hoy existe un creciente interés por los minerales quelados o unidos a aminoácidos o péptidos pequeños, que los

hace más biodisponibles y bioactivos. Por tanto, se podrían reducir las concentraciones suplementadas a niveles menores, sin comprometer el rendimiento y minimizando la excreción de nutrientes y el impacto medioambiental (Lopez-Alonso *et al.*, 2011; López-Alonso, 2012).

En las dietas de ganado lechero de Argentina, es habitual la suplementación mineral mediante la incorporación de sales a los alimentos concentrados que se les ofrece. Esto se debe a que las cantidades de minerales encontradas en los forrajes son relativamente bajas en relación con las necesidades de las vacas lecheras y varían considerablemente entre sitios y entre estaciones climáticas (Corbellini y Busso Vanrell, 2008). La suplementación proporciona un margen de seguridad contra la deficiencia potencial, pero la sobredosificación es una preocupación real y por ello es importante consultar las concentraciones máximas de tolerancia segura para la mayoría de los oligoelementos, evitando así el uso excesivo de suplementos (Beede, 1993).

En la cuenca lechera del sur de Chile, Céspedes *et al.* (2009a y 2009b), evaluaron las concentraciones plasmáticas de minerales en rebaños lecheros bajo pastoreo, cuyas medias se encontraron dentro de los límites de referencia y sin diferencias entre grupos de vacas por momento de lactancia ni por producción de leche, pero sí con variaciones significativas entre los predios evaluados a los cuales pertenecían. Las concentraciones sanguíneas promedio fueron: Ca (2,17–2,19 mmol/l), P (1,79–1,84 mmol/l), Mg (0,81 mmol/l), Cu (16,65–16,84 μ mol/l) y Zn (12,56–12,63 μ mol/l). En trabajos posteriores en la misma región, Céspedes-Honorato (2011), halló diferencias en las concentraciones de minerales en sangre de vacas lecheras, según la época del año considerada, con promedios de concentración sanguínea que se encontraban, para Ca entre 2,17 a 2,26 mmol/l; P entre 1,77 y 2,05 mmol/l; Mg de 0,77 a 0,83 mmol/l; Cu entre 13,2 y 16,8 μ mol/l y Zn, entre 10,6 y 12,8 μ mol/l. Wagemann *et al.*, (2014), en un estudio retrospectivo, en el que se analizaron registros de los perfiles metabólicos (Ca, P, Mg, Na, K, Cu, Se y Zn) de rebaños lecheros del sur de Chile, hallaron que los desbalances metabólicos nutricionales de minerales, principalmente carencias, aumentaron desde el período 2003-2011 respecto al período 1986-2002, afectando con mayor frecuencia a la categoría parto y observándose en todas las estaciones del año, siendo la deficiencia de Na y de Se y el exceso de P, los desbalances más frecuentes.

En la región centro de Santa Fe (Argentina), Luna y Roldan (2013) observaron que algunos minerales (Ca, Mg, Cu, Zn y Fe) en suero sanguíneo de bovinos lecheros lactantes se encontraban por debajo del rango de referencia considerado en la bibliografía, aunque no observaron manifestaciones clínicas de patologías relacionadas con la carencia de los mismos. En el caso del Zn, los altos niveles de Mo en la pastura de alfalfa consumida por las vacas, podrían haber ocasionado una posible competencia de tipo antagonista entre ambos minerales, que daría otra razón para los bajos valores de aquel mineral en suero. No obstante, no apareció esa interacción con el Cu, que mostró una relación adecuada con el Mo. Los valores medios de las concentraciones séricas fueron: Ca entre 8,60 y 9,11 mg/dl; Mg entre 1,89 y 2,04 mg/dl; Cu entre 0,62 y 0,76 mg/l; Zn de 0,69 a 0,87 mg/l y Fe entre 0,85 y 1,01 mg/l. En trabajos previos en la misma cuenca lechera Argentina, Roldán *et al.* (2005) evaluaron las concentraciones de macroelementos en suero de vacas H-F, hallando valores similares a los antes mencionados para Ca y Mg, midiendo además valores entre 7,14 y 6,98 mg/dl de P. Las

concentraciones de los macrominerales se encontraban dentro del rango descrito en la literatura, lo que significa que tanto el aporte como el mecanismo homeostático relacionado con la regulación de los niveles de los mismos en sangre son adecuados. Este último trabajo analizó además las diferencias en las concentraciones según la CC de los animales, detectando mayores niveles de Ca y Mg cuando las vacas tenían mejor CC, pero sin diferencias en cuanto al contenido de P.

En relación a las necesidades según razas lecheras, Gowda (2004) sugiere que el forraje verde podría cumplir con los requerimientos de la mayoría de los minerales traza en vacas de mediano a bajo potencial de rendimiento, pero que incluso en este tipo de vacas, algunos macrominerales como Ca y Mg deberían completarse con otras fuentes, especialmente durante el pico de producción. Además, las diferencias en el comportamiento y selectividad durante el pastoreo que poseen las distintas razas lecheras (Suttle, 2010), podrían originar también diferencias en el tipo de forraje que consumen dentro de la misma pastura y así consumir diferentes tipos y niveles de minerales. Mylrea (1968) realizó un muestreo sobre cinco granjas lecheras de Nueva Gales del Sur (Australia) entre rebaños de diferentes razas lecheras alimentados con pasturas y alguna escasa suplementación. Midió, entre otros metabolitos, minerales en suero sanguíneo (Cl, K, Na, Ca; Mg, P y Cu) y encontró diferencias relativamente pequeñas en sus concentraciones medias entre los rebaños, pero con amplia variación entre individuos dentro de cada rebaño, por lo cual no pudo detectar efectos debidos a raza, medio ambiente o manejo de los rebaños muestreados, sugiriendo que este efecto a nivel individuo podría ser aprovechado para mejoras dentro de cada rebaño.

En relación a las posibles diferencias raciales, Sánchez y Saborío-Montero (2014) no encontraron diferencias entre vacas de razas H, J y Guernsey en Ca sanguíneo (medias entre 7,49 y 8,09 mg/dl), a pesar que en la bibliografía se menciona que los animales J tienden a tener valores menores de este mineral, especialmente al aumentar el número de partos (Goff *et al.*, 1995; Corbellini y Busso Vanrell, 2008). En relación con el contenido de Mg sanguíneo, en la literatura no se asocia esta variable con la raza del animal, pero Sánchez y Saborío-Montero (2014) encontraron que vacas de la raza J mostraron concentraciones de Mg sanguíneos mayores a H y Guernsey (2,78 vs 2,37 y 2,35 mg/dl; respectivamente). Los mismos autores observaron que la concentración promedio de Ca sanguíneo en los animales de las razas J y H cae consistentemente por debajo de los 8,0 mg/dl después del segundo parto, mientras que en las vacas Guernsey esto ocurre a partir del tercero. El análisis de las concentraciones de Mg en sangre no difirió según el número de parto en ninguna de las razas.

En estudios realizados en la cuenca central de Santa Fe, vecina a la cuenca de Entre Ríos, animales pertenecientes a primeras cruza entre vacas H y J mostraron, en relación a las H puras, valores promedios más elevados de Ca, Mg, Cu, Fe y Se. No se encontraron diferencias en Zn y las concentraciones fueron menores para P en las cruza en relación a las puras durante la lactancia, sugiriendo la autora que esto se debe a su mejor adaptación a las altas temperaturas y la elevada humedad del ambiente (Luna, 2011). Los resultados coinciden con otros trabajos que relacionan los menores contenidos relativos de Ca, Mg y Na en sangre de los animales H puros con su mayor producción de leche, con respecto a vacas cruza H x J y/o J puras (Comerón *et al.*, 2002 a y b; Campos *et al.*, 2007).



Material y métodos





3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. GRANJA DE ESTUDIO

El trabajo experimental de recolección de datos y muestras se llevó adelante en un establecimiento lechero comercial ubicado en el centro-oeste de la Provincia de Entre Ríos (32° 00' Sur y 59° 34' Oeste), Argentina. La zona se caracteriza por un paisaje de peniplanicies suavemente onduladas a planas, con suelos predominantes muy arcillosos, de tipo vertisólicos (peludertes árgicos), con áreas pequeñas de suelos molisólicos (argiudoles vérticos), de mejor calidad estructural y composicional y otras de alfisoles, que presentan problemas de encharcamiento y salinidad (Plan Mapa de Suelos, 2001). Este predominio de suelos arcillosos genera serios problemas para el traslado de vehículos y el manejo de los animales, tanto dentro del establecimiento como en los caminos públicos de acceso al mismo. La ruta pavimentada más cercana se halla a 25 km (5 km de ripio –afirmado con grava de río- y 20 km de tierra) y la localidad más cercana es la ciudad de Maciá (6.500 habitantes), a 32 km de distancia (2 km de tierra y 30 km de ripio).

El clima de la región es templado húmedo de llanura, con un promedio anual de lluvias de 1160 mm, pero muy variable entre años (Plan Mapa de Suelos, 2001), con extremos en el último quinquenio de 710 y a 1650 mm anuales. En general, el 70% de las lluvias ocurren durante el período octubre-abril y el 30% restante desde mayo a septiembre, siendo alta la probabilidad de tener otoños lluviosos e inviernos y/o primaveras secas (Plan Mapa de Suelos, 2001). La temperatura media anual es de 18,4°C, con promedios de 24°C en verano y de 12°C en invierno, aunque se dan con frecuencia temperaturas superiores a los 30°C durante pleno verano y el promedio de días con heladas (temperaturas por debajo de 0°C) es de 8 al año. La humedad relativa ambiente promedio anual es de 72% (Plan Mapa de Suelos, 2001). La combinación de temperaturas elevadas y alta humedad en esta región durante gran parte del período primavera-verano, provoca sobre los rebaños un importante efecto de estrés calórico en esta época del año. Esta condición puede medirse a través del denominado “Índice Termo -Higrométrico o de Temperatura-Humedad” o “ITH” (Armstrong, 1994), combinación de temperatura y humedad relativa ambiente que se calcula según la fórmula:

$$ITH = \frac{0,81 \times \text{Temperatura Ambiente } (^\circ\text{C}) + \text{Humedad Relativa Ambiente } (\%)}{100 \times (\text{Temperatura Ambiente } (^\circ\text{C}) - 14,4) + 46,4}$$

Cuando este indicador supera el valor de 72, las vacas entran en estado de malestar y corren riesgo de estrés por calor, situación que en esta región ocurre entre 40 y 80 días al año, siendo frecuentes los períodos de 3 o más días consecutivos con un superior a 72, que no permiten recuperar a los animales su estado fisiológico normal (Valtorta y Leva, 1998). En la Tabla N°2 puede observarse un resumen de las precipitaciones y de la cantidad de días con ITH superior a 72 para los períodos durante los cuales se rebaño realizó este estudio: período 1 (abril 2012 –junio 2013) y período 2 (abril 2013- junio 2014).

Tabla N°2. Resumen de precipitaciones e ITH para los períodos 2012-13 y 2013-14.

VARIABLE	Períodos	
	Abril 2012- Junio 2013	Abril 2013- Junio 2014
Precipitaciones totales del período (mm)	1714	1436
Días con ITH superior a 72	79	78

ITH: índice termo-higrométrico o de temperatura-humedad.

En el Gráfico N°1 se presenta la evolución mensual de las precipitaciones, la temperatura media y la acumulación de días con ITH superior a 72, para todo el período abril 2012 a junio 2014.

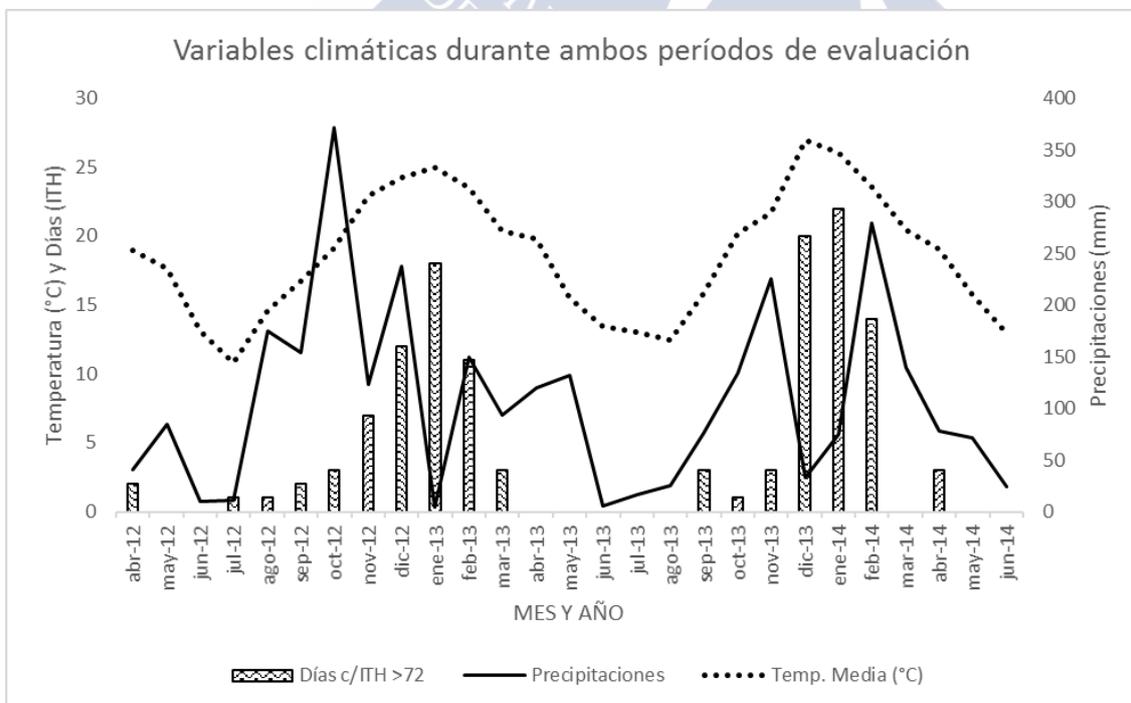


Gráfico N°1. Evolución de algunas variables climáticas (precipitaciones, temperatura media e ITH), para ambos períodos considerados (abril 2012 a junio 2014).

ITH: índice termo-higrométrico o de temperatura-humedad. Temp. Media: temperatura media mensual.

3.2. ANIMALES EVALUADOS

Se realizaron dos experimentos en períodos consecutivos sobre rebaños de vacas lecheras, con diferentes animales en cada período, pertenecientes a cinco genotipos lecheros (Lámina N° 1).



F1: Holstein Americano (H) x Jersey Americano



G: F1 x Guernsey



M: F1 x Montbeliarde



PS: F1 x Pardo Suizo



R: Retrocruza (PS, G o M) x H

Lámina N° 1. Genotipos lecheros evaluados en el presente trabajo

3.2.1. Primer período de estudio. Años 2012-2013

Abarcó los partos de otoño de 2012 (entre los meses de abril y junio) y se extendió hasta junio de 2013, recopilando la lactancia completa de los animales involucrados.

Se seleccionaron en principio 60 vacas lecheras por grupo genético, pertenecientes a dos categorías, que fueron “vaquillonas de 1er parto” y “vacas de 2 a 5 partos”. Sobre ese total, hubo variaciones durante el desarrollo del trabajo, siendo finalmente evaluados los animales que se muestran en la Tabla N°3.

Tabla N° 3. Animales por tipo genético y categoría en el primer período (2012-13).

CATEGORÍA	TIPO GENÉTICO					TOTALES
	F1	G	M	PS	R	
Vaquillonas de 1er parto	14	9	19	8	17	67
Vacas de 2 o más partos	32	24	10	33	38	137
TOTALES	46	33	29	41	55	204

F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde;
PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H.

Los animales seleccionados para el muestreo y seguimiento se hallaban dentro de rebaños más amplios de vacas en ordeño, separados a su vez en tres instalaciones de ordeño en función de la cantidad de lactancias previas: primera parición (Tambo 1), de 2 pariciones (Tambo 2) y de 3 a 5 pariciones (Tambo 3) (Lámina N°2).

Las tres instalaciones pertenecen a la misma granja lechera y están dentro de un mismo establecimiento, con una distancia máxima entre ellas de 4 km (Tambos 1 y 3). El manejo general de todos los animales de los rebaños fue similar, con el mismo tipo de instalaciones para alimentación y ordeño e igual dotación de personal. Todas las vacas se alimentaron con el mismo criterio y sobre similares pasturas y verdeos, con igual asignación de forrajes conservados y alimentos concentrados.

3.2.2. Segundo período de estudio. Años 2013-14

Abarcó la lactancia completa de los animales, involucrando los partos de otoño de 2013 (entre los meses de abril y junio), y extendiéndose el seguimiento hasta junio de 2014.

En este caso, todas las vacas de los cinco grupos de animales con origen genético diferente según nivel de cruzamiento, correspondieron a la categoría “dos partos”, se manejaron en una misma instalación de ordeño (Tambo 2) y se alimentaron sobre las mismas pasturas y verdeos, con igual asignación de forrajes conservados y alimentos concentrados (Tabla N°4).

Tabla N° 4. Animales por tipo genético en el segundo período (2013-14).

CATEGORÍA	TIPO GENÉTICO					TOTALES
	F1	G	M	PS	R	
Vacas de 2° parto	29	21	21	31	47	149

F1: Holstein Americano (H) x Jersey Americano (J); G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H.

3.2.3. Supervivencia en base a lactancias previas

Se analizaron 4.362 lactancias previas completas disponibles en el establecimiento de los genotipos H, F1, PS y G, a fin de evaluar su supervivencia hasta la finalización de cada lactancia.

3.3. ALIMENTACIÓN

El tipo de pasturas destinadas a pastoreo directo ofrecidas en ambos períodos fueron praderas polifíticas con mezcla de festuca (*Lolium arundinaceum* Schreb. *Darbysh*), alfalfa (*Medicago sativa* L.), trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl) y/o verdeos de invierno monofíticos de avena (*Avena sativa* L.) y raigrás anual (*Lolium multiflorum* L.), según momento del año y disponibilidad de forraje en pie.

Se les aportó además forrajes conservados en forma de silaje de maíz (*Zea mays* L.) y henos de praderas y concentrados, confeccionados en el mismo establecimiento en base a granos, subproductos de la agroindustria y sales minerales, según necesidades de balance de dietas y/o de oferta forrajera para las vacas en ordeño.

3.3.1. Consumo de alimentos

3.3.1.1. Forraje fresco

Se realizó un muestreo mensual y/o cada vez que se cambió de lote de pastoreo (diferente recurso forrajero), lo que se diera primero, sobre las parcelas previo a la entrada de los animales (oferta) y otro sobre la inmediatamente anterior, ya pastoreada (rechazo). El muestreo se realizó con marcos de $\frac{1}{4} \text{ m}^2$, con una intensidad equivalente a 8 muestras/ha, cortando a nivel de 1cm de altura en pasturas consociadas y verdeos invernales (avena y raigrás). La diferencia entre “oferta” y “rechazo” de pasturas en cada parcela se asumió como “consumo de forraje fresco” por parte de la totalidad del rebaño.

3.3.1.2. Concentrados

En 8 comederos, seleccionados al azar y coincidiendo con los momentos de muestreo de las pasturas, se pesó la cantidad de concentrados ofrecidos individualmente dentro de las instalaciones de tambo y el rechazo por parte de las vacas, a partir de lo cual se estimó el consumo individual de concentrado.

3.3.1.3. Forrajes conservados y ración parcialmente mezclada

Cuando se ofreció heno, silaje o ración parcialmente mezclada (PMR) a nivel grupal, fuera de las instalaciones del tambo, se estimó la oferta total, así como también el nivel de aprovechamiento y consumo, teniendo en cuenta el total de animales del lote de alimentación.

3.3.2. Calidad de los componentes de la ración

Se analizó Materia Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Neutra (FDN) y Ácida (FDA) y concentración de minerales sobre muestras representativas por estación climática de las distintas pasturas permanentes y verdeos de invierno, sobre cada tipo de heno y silaje que se entregó y sobre cada tipo de concentrado y PMR ofrecida.

Las muestras para análisis de calidad de pasturas y verdeos se tomaron de alícuotas equivalentes a 1 m^2 , pertenecientes a las colectas de mediciones de consumo. En el caso de las pasturas permanentes, se tomó una muestra de forraje fresco por tipo de pastura o verdeo invernal que se pastoreó, y por estación del año en que se aprovechó con el rebaño bajo estudio. En verdeos de invierno se tomó una muestra del segundo pastoreo, tanto para avena como para raigrás anual y en silajes de maíz se tomaron muestras de

cada silo confeccionado. El forraje fresco se colocó en bolsas de nylon rotuladas para su identificación. Entre la recolección y el almacenamiento en congelador (-20°C), el transporte las muestras fue realizado en una conservadora con refrigerantes.

Se recolectaron muestras de cada alimento entregado fuera de las instalaciones de ordeño, sea silaje, heno o PMR, las cuales se analizaron como otro recurso forrajero. En el caso de los concentrados, que fueron formulados y confeccionados en el mismo establecimiento, se tomaron muestras sobre cuatro partidas repartidas durante ambos períodos de estudio, directamente de los comederos automáticos en que se alimentaban las vacas.

Todas las muestras de alimentos recolectadas se mantuvieron congeladas (-20°C) hasta el momento de secarlas en estufa con circulación forzada y temperatura constante (60°C), durante 48 horas y/o hasta constancia de peso, lo que ocurriera primero. Una vez secas, las muestras fueron enviadas para su análisis composicional a dos laboratorios de referencia, en los cuales se molieron hasta tamaño de partículas de 1 mm, previo a su procesamiento químico.

Los análisis de PB (%), FDN (%) y FDA (%), se realizaron en el Laboratorio del Área de Producción Animal Estación Experimental Agropecuaria INTA Rafaela. Los Métodos de referencias fueron, para PB: colorimétrico, AOAC, 1998 N° 976.05; para FDN: Ankom Technology-Method 6-2011 según protocolo NFTA y para FDA: Ankom Technology -Method 5-2011 según protocolo AOAC 973.18.

En cuanto a los análisis de minerales: Ca (%), Mg (8%), P (%), Cu (mg/kg), Fe (mg/kg), Mn (mg/kg), Se (mg/kg) y Zn (mg/kg), se realizaron en el Laboratorio del Área de Producción Animal Estación Experimental Agropecuaria INTA Rafaela. En tanto el análisis de Cr (mg/kg) se realizó en el Laboratorio en el Laboratorio de Bioquímica Clínica y Enfermedades Metabólicas del Instituto de Patobiología, Área de Patología, CICVyA INTA Castelar.

Los análisis de P se realizaron mediante espectrofotómetro UV-visible (F3560, Hitachi) y los de los cationes Ca, Mg, Fe, Cu, Cr, Mn y Zn, a través de un espectrofotómetro de absorción atómica (EAA) (PinAAcle 900. Perkin-Elmer. Connecticut. USA). El Se se valoró en el mismo espectrofotómetro de absorción atómica, mediante generación de hidruros. Todas las mediciones se hicieron por triplicado y se consideró el valor promedio en cada una de las determinaciones. Por razones operativas y falta de equipamiento adecuado, no se pudieron analizar Ni, Mo ni Co.

Previo a la determinación de minerales, se realizó una digestión ácida de las muestras, en un sistema de microondas Perkin Elmer Anton Paar Microwave Reaction System Multiwave 3000 w/Rotor Working, equipado con vasos de alta presión. A cada muestra de 0,5 g de alimento se le añadieron 4 ml de ácido nítrico concentrado y 2 ml de peróxido de hidrógeno 30 % p/v y se sometieron a un proceso de digestión según protocolo XF-8 XF100-4, detallado en Tabla N°5. La digestión resultante se diluyó con agua desionizada hasta un volumen final de 10 ml y se almacenó hasta su posterior lectura. El contenido de minerales se expresó sobre MS.

Tabla N° 5. Protocolo de digestión ácida de forrajes en microondas Perkin Elmer 3000.

FASE	POTENCIA	RAMPA	MANTENIMIENTO	VENTILADOR
1	1400	10:00 minutos	30:00 minutos	01:00 minuto
2	0		15:00 minutos	03:00 minutos

3.4. DETERMINACIONES ANALÍTICAS EN SUELO

Se tomaron muestras representativas de suelo a una profundidad de 10 cm, en lotes pertenecientes a cada área de pastoreo de las unidades de ordeño involucradas (Tambos 1, 2 y 3). Se analizó: pH, Carbono Total, Materia Orgánica, Nitrógeno total, Ca, Mg, K, Na, P, S, B, Fe, Mn, Cu y Zn en el Laboratorio Tecnoagro SRL. CABA. (<http://www.tecnoagro.com.ar/laboratorio/suelos/>).

Además, se analizó Cr en el Laboratorio en el Laboratorio de Bioquímica Clínica y Enfermedades Metabólicas del Instituto de Patobiología, Área de Patología, CICVyA INTA Castelar. Todas las muestras de Cr estuvieron por debajo del límite de detección. (0,10 mg/kg).

Los valores obtenidos en dichos análisis se presentan en la Tabla N°6a y 6b.

Tabla N° 6a. Datos analíticos de los suelos en las principales áreas de pastoreo. Materia orgánica y macroelementos en meq/100 g.

UBICACIÓN	pH	Ct	MO	Nt	MINERALES (meq / 100 g)			
		%	%	%	Ca	Mg	K	Na
Área Tambo 1	6,7	2,71	4,67	0,23	22,40	6,50	1,10	1,20
Área Tambo 2	6,9	3,88	6,69	0,33	28,70	3,50	1,80	0,20
Área Tambo 3	6,5	2,49	4,29	0,23	17,40	4,30	1,00	0,80
PROMEDIOS	6,7	3,03	5,22	0,26	22,83	4,77	1,30	0,73

Ct: carbono total; MO: materia orgánica; Nt nitrógeno total.

Tabla N° 6b. Datos analíticos de los suelos presentes en las principales áreas de pastoreo. Macro y microelementos en ppm.

UBICACIÓN	MINERALES (ppm)							
	P	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Cr
Área Tambo 1	3,60	3,90	44,00	41,80	1,94	1,90	0,90	<0,10
Área Tambo 2	5,40	5,00	27,30	28,40	1,15	1,30	0,80	<0,10
Área Tambo 3	1,90	2,10	41,80	45,80	1,70	1,70	0,20	<0,10
PROMEDIOS	3,63	3,67	37,70	38,67	1,60	1,63	0,63	<0,10

3.5. DETERMINACIONES ANALÍTICAS EN AGUA

Se analizó el agua ofrecida en los bebederos de los tambos involucrados enviando una muestra representativa al Laboratorio Tecnoagro S.R.L. (<http://www.tecnoagro.com.ar/laboratorio/aguas/>) según análisis estándar de calidad para consumo animal, el cual considera datos de: acidez o alcalinidad, Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros, Sulfatos, Ca, Mg, K, Na, Sales totales y Conductividad eléctrica. Los valores obtenidos en dichos análisis se presentan en la Tabla N°7. Además, se analizó Cr en el Laboratorio de Bioquímica Clínica y Enfermedades Metabólicas del Instituto de Patobiología, Área de Patología, CICVyA INTA Castelar. Todas las muestras de Cr estuvieron por debajo del límite de detección. (0,10 mg/kg).

Tabla N° 7. Datos analíticos del agua de bebida en las instalaciones de tambo involucradas

Parámetro	Unidad	Tambo 1	Tambo 2	Tambo 3
Acidez o Alcalinidad	pH	7,9	7,9	7,5
Carbonatos	ppm	0	0	0
Bicarbonatos	ppm	108,6	133,0	295,9
Cloruros	ppm	71,6	429,4	1782,9
Sulfatos	ppm	39,4	340,5	1284,8
Calcio	ppm	18,4	100,2	297,2
Magnesio	ppm	6,3	32,0	111,0
Potasio	ppm	12,12	16,42	25,02
Sodio	ppm	47,8	318,1	1264,3
Cromo	ppm	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Sales Totales	ppm	304,3	1369,6	5061,2
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	380,0	2250,0	7700,0

3.6. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE

Se midió la producción individual de leche en kg durante el ordeño (mañana y tarde), mediante metodología fiscalizada por el sistema de Control Lechero de ACHA y utilizando lactómetros homologados por esta misma institución, al total de vacas bajo estudio.

Se evaluaron todos los parámetros de producción por lactancia normalizada a 305 días, siendo éstos: leche total en kilogramos (PL305), GB en kg (GB305) y PT en kg (PT305). Se calculó además la producción de leche equivalente al 4% de GB (PL4%) para el mismo período, mediante la fórmula de Gaines (1927), según se detalla:

$$PL4\% = 0,4 * (\text{kg L305}) + 15 * (\text{kg GB305})$$

Para los análisis de calidad composicional (GB y PT), sanitaria (CCS) y MUN (sólo en el período 2012-13), se conformaron muestras compuestas individuales de leche para todas las vacas en ensayo cada vez que se realizó el control lechero, mediante volúmenes proporcionales a la producción de leche de la mañana y de la tarde de cada una de ellas.

Las determinaciones de GB, PT, MUN y CCS se realizaron en el Laboratorio Regional de Servicios Analíticos (La.R.S.A.) perteneciente a la Asociación del Litoral de Entidades de Control Lechero (A.L.E.Co.L.), de Esperanza, Santa Fe. Argentina (<http://alecol.com.ar/areas/servicios-analiticos/>), el cual utiliza analizadores infrarrojos Bentley B2000, Bentley B2300 y Bentley FTS 500.

3.7. PESO VIVO

Se pesaron las vacas en forma individual al momento posterior al parto, con balanza electrónica y sin que los animales tuvieran acceso previo al agua.

3.8. CONDICIÓN CORPORAL

La estimación de la CC se realizó por apreciación visual en cada bovino mediante escala de 1 (muy flaca) a 5 (muy gorda) (Edmonson *et al.*, 1989), con periodicidad quincenal durante los primeros 60 días y mensualmente los siguientes 90 días o cada vez que se realizó un control lechero y/o un muestreo sobre el total de los animales seleccionados (Lámina N°3).

PUNTAJACIÓN	Procesos espinosos Procesos espinosos y transversos Procesos transversos Estantes de los procesos transversos Entre las tuberosidades isquiática y coxal Tuberosidades coxal e isquiática Entre los coxales De la base de la cola a la tuberosidad isquiática								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
RAQUITICA O EMANCIADA	1.00 1.25 1.50	Procesos individuales obvios. Apariencia en dientes de sierra	Depresión profunda	Muy prominente. > 1/2 visible	Estantería con cavidad definida	Muy anguloso	Depresión severa, sin cobertura	Depresión profunda	Huesos prominentes con cavidad en "V" bajo la cola
ESTRUCTURA OSEA OBVIA	1.75 2.00 2.25 2.50	Procesos individuales evidentes	Depresión obvia	1/2 del proceso visible	Estantería prominente	Prominente	Muy hundido	Depresión definida	Huesos prominentes. Cavidad en "U"
COBERTURA EQUILIBRADA	2.75 3.00 3.25 3.50	Anguloso	Curva cóncava suave	Entre 1/2 y 1/3 visible	Estantería ligeramente visible	Cubierto	Cobertura delgada	Depresión moderada	Comienza a haber grasa
ESTRUCTURA OSEA POCO VISIBLE	3.75 4.00 4.25 4.50	Curvas suaves. Procesos no evidentes	Pendiente suave	Apariencia suave	Suave	Redondeada con grasa	Depresión	Depresión ligera	Cobertura de tejido adiposo
OBESA	4.75 5.00	Plano. Procesos no discernibles	Casi plano	< 1/4 visible	Enterrado en grasa	Enterrado en grasa	Depresión ligera	Depresión ligera	Huesos redondeados. Ligeras depresión bajo la cola
		Enerrado en grasa	Redondeado (convexo)	Bordes suaves y redondeados	Borde casi indistinguible	Prominente	Redondeado	Redondeado	Piñetes de grasa

Lámina N° 3. Tabla de puntuación de condición corporal para vacas Holstein (traducida de la original de Edmonson *et al.*, 1989).

3.9. ASPECTOS REPRODUCTIVOS Y DE SUPERVIVENCIA

El establecimiento lechero en el cuál se realizaron los ensayos realiza sus registros de eventos reproductivos mediante el sistema informático Dairy Comp 305® (Valley Agriculture Software, Tulare, CA), a partir del cual se recolectaron datos, para cada vaca y en cada período considerado, vinculados a EPP, días en lactancia (DEL), intervalo entre el parto y la fecha de concepción (IPC), cantidad de inseminaciones (servicios) realizados para lograr la preñez de la vaca (SPP) e IPP, entre el parto anterior y el actual.

Para los análisis de supervivencia, se analizaron datos retrospectivos de cuatro lactancias (años 2007 a 2011) en vacas pertenecientes a cuatro genotipos lecheros: H, F1, PS y G, cuyo número se presenta en la Tabla N°8.

Durante el período considerado, todas las vacas se manejaron en una misma instalación de ordeño y se alimentaron sobre similares pasturas y verdeos, con asignación similar de forrajes conservados y alimentos concentrados.

Tabla N° 8. Cantidad de Animales (N) Analizados por Genotipo y Lactancia

GENOTIPOS	LACTANCIAS				TOTALES
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	
H	52	70	108	136	366
F1	634	707	646	446	2433
G	486	340	109	28	963
PS	327	134	97	42	600
TOTALES	1499	1251	960	652	4362

H: Holstein Americano, F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; PS: F1 x Pardo Suizo

3.10. INDICADORES DE METABOLISMO ENERGÉTICO Y PROTEICO Y CONTENIDO DE MINERALES EN SANGRE

Durante el primer período de evaluación (ciclo 2012-2013), se tomó una única muestra de sangre entre los días 30 y 60 post-parto a todas las vacas bajo ensayo, en tanto en el segundo período (ciclo 2013-2014) se tomaron 2 muestras por vaca, una en el período entre 20 y 40 DPP y otra cuando estaban entre 41 y 60 DPP. Sobre esas muestras se realizaron evaluaciones del contenido de glucosa, NEFA, BHB, urea, PT, albúmina y de minerales (Ca, P, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, Co, Cr y Se).

3.10.1. Colección de las muestras de plasma y suero

En ambos períodos, la metodología de recolección de muestras en los animales bajo evaluación fue similar. Las vacas se separaban luego del ordeño matutino, se las colocaba en la manga de trabajo y se procedía a extraer 20 ml de sangre de cada animal mediante punción de la vena coccígea. La toma de muestras se realizó a horas similares en todos los casos, iniciando el trabajo alrededor de las 05:00 horas y culminando alrededor de las 09:00 horas, sin que los animales tengan acceso a agua ni alimentos durante esta espera.

Para la extracción, se utilizaron agujas estériles de seguridad para muestreo múltiple BD Vacutainer® (0,9 x 38 mm), y dos tipos de tubos de transporte doble polímero BD Vacutainer® (BD Biosciences. Plymouth. UK): tubos con EDTA K2E 18.0 mg (10 ml) para obtención de plasma y tubos con activador de coagulación y gel para la separación de suero (10 ml).

Las muestras en tubos con EDTA se centrifugaron inmediatamente luego de la extracción, en tanto los tubos sin anticoagulante se centrifugaron luego de retraído el

coágulo, en ambos casos a 3000 rpm durante 15 minutos a temperatura ambiente (18 – 24°C). Luego, se distribuyó el plasma y el suero por triplicado en tubos eppendorf de 2 ml cada uno, los que se congelaron y almacenaron a -20° C hasta su posterior procesamiento y análisis.

3.10.2. Bioquímica en suero y plasma

La determinación de la bioquímica (PT, albúminas, globulinas, NEFA, BHB y urea), se realizó en el Laboratorio de Bioquímica Clínica y Enfermedades Metabólicas del Instituto de Patobiología, Área de Patología, CICVyA INTA Castelar, empleando los correspondientes kits comerciales.

3.10.2.1. Proteína total

Se determinó sobre suero sanguíneo, mediante el kit “Proti 2”, de Wiener Laboratorios, Rosario, Argentina. Los iones de Cu reaccionan con las proteínas en un medio alcalino, dando lugar a un complejo de color violeta, con máximo de absorbancia en espectrofotómetro (UV-visible F3560, Hitachi) a una longitud de onda de 540 nm, la cual es proporcional a la concentración de proteínas en la muestra ensayada.

3.10.2.2. Albúmina

Se determinó sobre suero sanguíneo, mediante el kit “Proti 2”, de Wiener Laboratorios, Rosario, Argentina. El verde tetra-bromocresol fenoltaleína reacciona con la albúmina en presencia de un exceso de colorante en medio tamponado a pH 3.8, formando un complejo coloreado cuya absorbancia se mide a una longitud de onda de 625 nm en espectrofotómetro (UV-visible F3560, Hitachi), la cual es proporcional a la concentración de albúmina en la muestra ensayada.

3.10.2.3. Globulina

Una vez determinadas las concentraciones de PT y de albúminas, la fracción de globulina se calculó por sustracción de la albúmina de las concentraciones de PT (Kaneko *et al.*, 2008).

3.10.2.4. Ácidos grasos no esterificados (NEFA)

Se empleó un kit comercial (NEFA® de RANDOX Laboratories Ltd., Crumlin, Co Antrim, UK), que utiliza un método enzimático-UV de punto final para la determinación de NEFA plasmáticos, según indicaciones del fabricante.

A temperatura de 37°C los ácidos grasos libres reaccionan con ATP y coenzima A en una reacción catalizada por la acilCoA sintetasa formando acilCoA, este compuesto es oxidado por la acil-CoA-oxidasa formando peróxido de hidrógeno, éste último se valora al hacerlo reaccionar con N-etil-N-(2-hidroxi-3-sulfopropil)-m-toluidina y 4-Aminoantipirina, en una reacción catalizada por la peroxidasa, formando un producto púrpura cuya absorbancia se lee a 550 nm. La lectura de absorbancia se efectuó en espectrofotómetro UV-visible F3560, Hitachi.

3.10.2.5. β -hidroxibutirato (BHB)

Se empleó un kit comercial (Ranbut® de Randox Laboratories Ltd., Crumlin, Co Antrim, UK), para la determinación de BHB plasmático, mediante un método enzimático-colorimétrico, cinético, siguiendo las indicaciones del fabricante y cuya absorbancia se lee a 340 nm. La lectura de absorbancia se efectuó en espectrofotómetro UV-visible F3560, Hitachi.

3.10.2.6. Urea

Para calcular la concentración de urea sérica se utilizó el kit comercial para urea de Wiener Laboratorios, Rosario, Argentina. El principio de la reacción es que la urea es desdoblada por la acción específica de la enzima ureasa en dióxido de carbono y amoníaco. En una segunda etapa el amoníaco reacciona con el fenol y el hipoclorito de Na en medio alcalino, produciendo azul de indofenol, el cual se determina colorimétricamente a 540 nm. La absorbancia es proporcional a la concentración de urea en la muestra y es leída en un espectrofotómetro (UV-visible F3560, Hitachi) a los 60 y 120 segundos.

3.10.2.7. Controles de Calidad

Para evaluar que la exactitud y precisión, tanto dentro como entre ensayos, estuviera dentro de los rangos aceptables para cada metodología, se utilizaron los sueros controles provistos por los fabricantes de cada kit comercial (Suero Standard Nivel 2 y 3, Randox Laboratories Ltd., Crumlin, Co Antrim, UK).

3.10.2.8. Glucosa

La glucosa se determinó por medición directa “*in situ*” mediante un dispositivo electrónico que incorpora tiras reactivas para glucosa en sangre, marca Optium Xceed. MediSense Blood Glucose Meter 133-224 Optium® TM®. Laboratorios Abbott Diabetes Care Inc. Alameda, California 94502. USA.

3.10.3. Análisis de minerales en suero sanguíneo

3.10.3.1. Determinación de macrominerales

La determinación de P se realizó mediante colorimetría (UV-visible F3560, Hitachi) y las determinaciones de Ca y Mg por espectrofotometría de absorción atómica (PinAAcle 900. Perkin-Elmer. Connecticut. USA). Ambos se realizaron en el Laboratorio de Bioquímica Clínica y Enfermedades Metabólicas del Instituto de Patobiología, Área de Patología, CICVyA INTA Castelar.

El P se analizó por el método cuantitativo directo de molibdato de amonio (kit para fosfatemia de Laboratorios Wiener, Rosario, Argentina). En medio ácido, el P reacciona con el molibdato para dar fosfomolibdato, que es reducido por el ácido ascórbico a azul de Mo, el cual puede medirse por espectrofotometría, en un rango de lectura entre 620 y 650 nm.

Los otros dos macro minerales (Ca y Mg), se analizaron por el método de espectrofotometría de absorción atómica en un espectrofotómetro de absorción y emisión atómica (PinAAcle 900. Perkin-Elmer. Connecticut. USA). Previo a su lectura, las muestras de suero se diluyeron según protocolo del manual Perkin Elmer® (1982) en una relación 1:50, con una solución acuosa de cloruro de lantano al 0.1%, para evitar la presencia de interferencias en Ca. Longitud de onda de lectura para Ca 422.7 nm; para Mg 285.2 nm. La solución blanca para ajuste de cero fue cloruro de lantano al 0.1%.

3.10.3.2. Determinación de microminerales

La determinación de los niveles de los microminerales en suero sanguíneo se realizó mediante Espectroscopia de Masa con Fuente de Plasma Acoplado (ICP-MS) según las condiciones descriptas en la Tabla N°9. Los análisis se realizaron en el Laboratorio Fisqitecnal perteneciente a los Servicios Centrales de la Universidad de Santiago de Compostela, sito en Lugo, Galicia, España.

Las muestras se almacenaron a -20°C hasta su digestión en un medio ácido, para lo cual se añadieron a las muestras de suero (2 ml) 2,5 ml de ácido nítrico (69%) para obtener una digestión fría durante 1 hora, posteriormente se añadieron 0,5 ml de peróxido de hidrógeno (33% w/v). Las muestras se colocaron en un bloque termostático a 120 °C durante 60 minutos para completar la digestión. Después de esto, se añadieron 2 ml de agua ultrapura Milli-Q, y una vez enfriado, las muestras digeridas se diluyeron a 10 ml con agua ultrapura Milli-Q. Todas las soluciones se prepararon usando agua ultrapura de resistencia 18 MΩ cm⁻¹ obtenido a partir de un sistema de purificación Milli-Q (Millipore Corp., Bedford, MA, USA). El ácido nítrico (69%) y peróxido de hidrógeno 33% w/v se adquirieron de Panreac (Barcelona, España).

Se determinaron 8 elementos en muestras de suero: Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se y Zn, por ICP-MS (VG Elemental PlasmaQuad SOption). Las muestras se analizaron por duplicado.

Tabla N° 9. Condiciones instrumentales para el análisis de metales por ICP-MS.

Potencia	1,35 kW
Flujo gas nebulizador	0,8 mL/min
Flujo gas auxiliar	1 mL/min
Flujo gas enfriamiento	14 mL/min
Nebulización neumática	Meinhard 1 mL/min
Cámara nebulización	Scott doble paso, 4 °C
Conos	Ni
Vacío cámara de expansión	2 mbar
Vacío cámara intermedia	0x10 ⁻⁴ mbar
Vacío analizador	7x10 ⁻⁷ mbar
Modo medida	Scan
Modo detección	DUAL (pulsos/analógico)
Tiempo medida	3 s/isótopo
Réplicas	3
Calibración	Externa, ajuste lineal mínimos cuadrados

Durante todo el análisis se llevó a cabo un programa de control de calidad analítica. En cada lote de 10 muestras se incluía un blanco y dos muestras de material de referencia certificado y los valores del blanco fueron restados de las lecturas de las muestras antes de calcular los resultados.

Los límites de detección en la digestión ácida se calcularon como tres veces la desviación estándar de los blancos, y el límite de cuantificación se calculó teniendo en cuenta el volumen de la muestra analizada. Las recuperaciones analíticas se determinaron a partir de un material de referencia (CRM; 1598A material de referencia estándar, suero bovino) analizado junto a las muestras. Los resultados se dan en la Tabla N° 10 y las recuperaciones tuvieron buenos resultados.

Tabla N° 10. Resultados del programa de control de calidad analítico utilizado en la determinación de microminerales.

Elementos	Límite de detección (µg/L)	CRM-1598	
		Valores certificados (µg/L)	Recuperación %
Co	0.152	1.24±0.07	90.1
Cr	0.119	(0.33±0.08)	101
Cu	0.955	1580±90	97.3
Fe	1.121	1680±60	101
Mn	0.721	1.78±0.33	99.4
Mo	0.444	(5.5±1.0)	98.2
Se	0.748	134.4±5.8	97.1
Zn	1.877	880±24	96.1

3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todos valores obtenidos se tabularon categóricamente en planillas de cálculo (Excel®) y se procesaron mediante el programa estadístico SPSS. Versión 21 para Windows®, licencia concedida por la Universidad de Santiago de Compostela.

3.11.1. Producción, calidad de leche y aspectos reproductivos

En el primer período de evaluación (años 2012-13), los datos vinculados a producción total por lactancia cerrada a 305 días (PL305, PL4%, GB305, PT305), de producción ponderados por el PV de cada vaca: kilogramos de PL305 por peso vivo (PL.kgPV), kilogramos de PL4% por peso vivo (PL4.kgPV), kilogramos de PT por peso vivo (PT.PV) y kilogramos de GB por peso vivo (GB.PV), de composición y calidad sanitaria de la leche (GB, PT, MUN y CCS) y sobre aspectos reproductivos (EPP, IPC, SPP, IPP, DEL), se analizaron mediante un modelo de diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial (Genotipo y Lactancias), utilizando el Modelo General Lineal (MGL) multivariado.

Para el segundo período (años 2013-14), como todos los animales cursaban su segunda lactancia, los mismos datos (salvo MUN que no se midió), se analizaron mediante ANOVA de un factor (Genotipo).

En ambos casos se utilizó la prueba de diferencias entre medias de Tukey, estableciendo diferencias estadísticamente significativas a $p < 0,05$.

3.11.2. Peso vivo, condición corporal y metabolismo de energía y proteínas

Los valores de pesos vivo, en el primer período de evaluación (años 2012-13), se analizaron mediante un modelo de diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial (Genotipo y Lactancias), utilizando el Modelo General Lineal (MGL) multivariado. Para el segundo período (años 2013-14), los datos se analizaron mediante ANOVA de un factor (Genotipo). En ambos casos se utilizó la prueba de diferencias entre medias de Tukey, estableciendo diferencias estadísticamente significativas a $p < 0,05$.

Las concentraciones de metabolitos en suero y plasma, durante el primer período de trabajo (años 2012-13), se analizaron mediante un modelo de diseño experimental

completamente aleatorizado con arreglo factorial (Genotipo y Lactancias), utilizando el Modelo General Lineal (MGL) multivariado. En tanto, para las concentraciones del período 2013-14, la influencia de la raza sobre los parámetros analizados se evaluó mediante un Modelo General Lineal (MGL) de medidas repetidas, donde la variable “Genotipo” fue considerada como efecto principal fijo del diseño intersujetos y, los metabolitos evaluados en cada “Momento de muestreo”, como efectos del diseño intrasujetos (Factor 1). Para la comparación de medias, se utilizó en los dos casos la prueba de Tukey, definiendo diferencias estadísticamente significativas a $p < 0,05$.

La CC, para ambos períodos, se analizó mediante un modelo de diseño experimental completamente aleatorizado, utilizando el Modelo General Lineal (MGL) de Medidas Repetidas en el Tiempo. Dicho Modelos, para el primer período se diseñó con arreglo factorial, incluyendo como efectos principales fijos a “Genotipo y Lactancias”, en tanto para el segundo período, solo se consideró como factor fijo la variable “Genotipo”. En ambos casos se consideró a la CC en cada fecha de evaluación de DPP, como efectos del diseño intrasujetos (Factor 1) y se utilizó la prueba de diferencias entre medias de Tukey, estableciendo diferencias estadísticamente significativas a $p < 0,05$.

3.11.3. Minerales

Las concentraciones de minerales en suero durante el primer período de trabajo (años 2012-13), se analizaron mediante un modelo de diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial (Genotipo y Lactancias), utilizando el Modelo General Lineal (MGL) de SPSS. En la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey, definiendo diferencias estadísticamente significativas a $p < 0,05$.

En el análisis de minerales en suero del período 2013-14, la influencia de la raza sobre los parámetros analizados se evaluó mediante un Modelo General Lineal (MGL) de medidas repetidas. La variable raza fue considerada como efecto principal fijo (diseño intersujetos) y los dos momentos de muestreos de sangre según los DPP que poseía el animal como medidas repetidas (diseño intrasujetos). Se utilizó la prueba de diferencias entre medias de Tukey, estableciendo diferencias estadísticamente significativas a $p < 0,05$.

3.11.4. Análisis de supervivencia

Se aplicó un modelo de regresión logística multinomial, mediante el programa estadístico SPSS para Windows® (SPSS Inc., Chicago, IL, versión 13.0), siendo la variable respuesta considerada: número de lactancias alcanzadas por cada vaca y genotipo y edad (en días) las variables explicativas, por ser las únicas que aportaron significativamente al modelo utilizado. Para estimar la función de supervivencia de la variable “tiempo” hasta finalizar la lactancia para cada genotipo se aplicó el método de Kaplan y Meier (1958). Luego, se evaluó si existían diferencias significativas entre las

funciones de supervivencia para los distintos genotipos aplicando el test de Wilcoxon (1945).



Resultados y discusión





4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CALIDAD Y CONSUMO DE LAS DIETAS OFRECIDAS

4.1.1. Aportes de nutrientes desde forrajes, consumos y dietas estimadas

Se relevaron los tipos y cantidades de alimentos ofrecidos a los diferentes rodeos evaluados, durante ambos períodos de trabajo. En la Tabla N°11 (a y b) se presentan los valores promedio de calidad nutricional de los componentes de las dietas.

En general, las raciones no se modificaron en forma sustancial entre períodos y a lo largo de los monitoreos, con salvedad de que las pasturas cambiaron su disponibilidad y calidad a lo largo de las estaciones y que aquí se presentan los valores promedios de, al menos, 4 evaluaciones estacionales. Además, en el Período 2 (años 2013-14) se incluyó el pastoreo de verdeos de invierno (avena y raigrás) durante la etapa de muestreo de sangre (primeros 60 DPP).

En la Tabla N°12 se presenta la oferta diaria promedio estimada de alimentos, disponibles por vaca y discriminados para cada período de evaluación. La composición de referencia corresponde a promedios de los muestreos de alimentos realizados entre mayo y octubre de cada período de evaluación, coincidentes con los momentos de muestreos de sangre y leche y que se consideran los más representativos de los nutrientes consumidos para evaluar las concentraciones de minerales y parámetros del metabolismo energético y proteico en las vacas.

Tabla N° 11a. Composición de los diferentes alimentos ofrecidos en cada tambo en cada período de evaluación. Proteína, fibras, ceniza y macroelementos, en %.

PERÍODO / TAMBO	RECURSO	PROTEÍNA, FIBRAS Y MACROELEMENTOS (%)						
		PB	FDN	FDA	Ceniza	Ca	Mg	P
Período 1 / Tambo 1	Pasturas base alfalfa	20,49	43,33	26,52	10,46	1,01	0,23	0,29
	PMR (Mixer)	14,47	32,77	20,74	8,74	0,31	0,44	0,65
	Heno	14,77	63,22	44,73	8,20	1,38	0,26	0,25
	Concentrado	14,02	14,79	4,86	4,78	0,60	0,53	0,44
Período 1 / Tambo 2	Pasturas base alfalfa	23,30	46,92	28,68	11,12	1,20	0,28	0,34
	PMR (Mixer)	14,47	32,77	20,74	8,74	0,31	0,44	0,65
	Heno	14,77	63,22	44,73	8,20	1,38	0,26	0,25
	Concentrado	14,02	14,79	4,86	4,78	0,60	0,53	0,44
Período 1 / Tambo 3	Pasturas base alfalfa	18,76	42,95	25,61	10,59	0,68	0,27	0,34
	PMR (Mixer)	14,47	32,77	20,74	8,74	0,31	0,44	0,65
	Heno	14,77	63,22	44,73	8,20	1,38	0,26	0,25
	Concentrado	15,45	15,21	4,60	5,34	0,69	0,52	0,51
Período 2 / Tambo 2	Pasturas base alfalfa	24,23	44,89	26,68	11,56	1,44	0,27	0,30
	Verdeo de avena	20,57	45,50	25,36	14,92	0,63	0,23	0,31
	Verdeo de raigrás	16,61	47,11	26,04	15,87	0,45	0,20	0,36
	PMR (Mixer)	10,19	27,32	16,76	6,83	0,29	0,43	0,62
	Heno	14,77	63,22	44,73	8,20	1,38	0,26	0,25
	Concentrado	16,42	14,17	4,93	6,47	0,79	0,50	0,35

PMR: ración parcial mezclada. PB: proteína bruta; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido.

Tabla N° 11b. Composición de los diferentes alimentos ofrecidos en cada tambo en cada período de evaluación. Microelementos, expresados en mg/kg.

PERÍODO / TAMBO	RECURSO	MICROELEMENTOS (mg/kg)					
		Cu	Fe	Mn	Se	Zn	Cr
Período 1 / Tambo 1	Pasturas base alfalfa	9,10	264,67	63,67	0,10	22,33	2,03
	PMR (Mixer)	7,35	877,00	76,50	0,17	36,00	0,10
	Heno	8,00	141,00	43,00	0,15	24,00	2,80
	Concentrado	35,00	234,00	89,00	0,10	189,00	0,10
Período 1 / Tambo 2	Pasturas base alfalfa	9,65	200,25	62,00	0,10	27,00	1,68
	PMR (Mixer)	7,35	877,00	76,50	0,17	36,00	0,10
	Heno	8,00	141,00	43,00	0,15	24,00	2,80
	Concentrado	35,00	234,00	89,00	0,10	189,00	0,10
Período 1 / Tambo 3	Pasturas base alfalfa	7,95	257,00	58,00	0,10	43,00	0,35
	PMR (Mixer)	7,35	877,00	76,50	0,17	36,00	0,35
	Heno	8,00	141,00	43,00	0,15	24,00	0,10
	Concentrado	33,00	239,00	126,50	0,64	180,50	0,10
Período 2 / Tambo 2	Pasturas base alfalfa	9,65	219,00	64,50	0,10	24,75	1,68
	Verdeo de avena	8,00	271,00	80,00	0,10	26,00	3,20
	Verdeo de raigrás	8,00	189,00	66,00	0,10	19,00	0,80
	PMR (Mixer)	7,20	476,80	57,60	0,20	34,20	0,10
	Heno	8,00	141,00	43,00	0,15	24,00	2,80
	Concentrado	31,00	244,00	164,00	1,17	172,00	0,10

PMR: ración parcial mezclada.

Tabla N° 12. Consumo diario promedio estimado de alimentos, PB, fibras y minerales por vaca para cada período de evaluación. Expresados en unidades por vaca y por día.

OFERTA		Período 2012-13			Período 2013-2014
Componente	Unidad	Tambo 1	Tambo 2	Tambo 3	Tambo 2
Pastoreo	kg MS/VO/día	10,80	10,80	11,10	10,30
PMR (mixer)	kg MS/VO/día	5,80	5,80	5,30	6,20
Heno	kg MS/VO/día	0,80	0,80	0,80	0,50
Concentrado	kg MS/VO/día	5,70	5,70	5,90	5,90
TOTAL (kg MS/VO/día)		23,10	23,10	23,10	22,90
PB	kg/VO/día	3,15	3,45	3,76	3,12
FDN	kg/VO/día	6,72	7,11	7,44	6,40
FDA	kg/VO/día	4,13	4,37	4,24	3,68
Cenizas	kg/VO/día	1,67	1,74	1,96	1,71
Ca	g/VO/día	132,20	152,16	133,10	145,65
Mg	g/VO/día	53,21	58,90	83,45	75,43
P	g/VO/día	71,66	76,18	101,74	85,67
Fe	g/VO/día	9,36	8,66	9,02	6,75
Mn	g/VO/día	1,67	1,65	1,83	1,81
Zn	g/VO/día	1,54	1,59	1,75	1,44
Cu	mg/VO/día	345,20	351,16	327,49	296,12
Se	mg/VO/día	2,72	2,72	5,84	9,08
Cr	mg/VO/día	25,40	21,60	6,40	11,90

PMR: ración parcial mezclada. PB: proteína bruta; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido.

4.1.2. Discusión sobre contenido y consumo de nutrientes en las dietas

La composición en cuanto a proteínas, fibras y macroelementos de los diferentes alimentos ofrecidos a cada rodeo de tambo, durante ambos períodos de evaluación (Tabla N°11a), pueden considerarse dentro de los rangos normales para cada recurso en la región de trabajo (Mufarrege, 1999; Fernández Mayer, 2001; INTA, 2008; Luna, 2011). No obstante, merecen resaltarse los bajos niveles de Ca hallados en las pasturas, vinculados al tipo de suelo sobre el cual se desarrollaron, y las altas concentraciones de P en todos los recursos, a pesar de los normalmente bajos niveles iniciales de P que se relevaron en los suelos del establecimiento (Tabla N°6b) y que existen en la zona (Boschetti *et al.*, 2000; Plan Mapa de Suelos, 2001), lo que refleja las altas fertilizaciones previas a cada cultivo que se realizan con este nutriente en dichos lotes de pasturas y cultivos para silajes. Esto puede ser preocupante, si se considera que el P puede presentar interacciones que perjudiquen la asimilación de Fe, Cu y, sobre todo, de Zn y, al mismo tiempo, aumenten la asimilación de B y Mo (Minson, 1990; Mufarrege, 1999).

En relación a los contenidos en microelementos, tanto en suelo (Tabla N°6b) como en los forrajes (Tabla N°11b), no existe demasiada información local al respecto, por lo cual el presente relevamiento aporta al conocimiento de la disponibilidad de los mismos en la región. En suelo, los valores de Cu pueden considerarse medianos a altos, en tanto que Fe y, muy especialmente Mn, están en rangos de medianos a bajos para la región (Cruzate *et al.*, 2006). En los alimentos, todos los elementos traza, especialmente Fe, Cu y Zn estuvieron entre los valores medios y/o muy por encima de los citados como normales para pasturas y silajes (Burrige *et al.*, 1983; Hopkins *et al.*, 1994; NRC, 2001). Los oligoelementos están presentes en mayor medida en los granos y subproductos de cereales y oleaginosas (Fernández Mayer, 2001; NRC, 2001; Suttle, 2010), que en este caso se entregaron como parte de los concentrados y en la PMR, por lo cual resulta consistente que los mayores niveles de los mismos se hayan detectados en dichos recursos para todos los casos. En cuanto a posibles problemas por excesos y/o interacciones entre oligoelementos, merece atención el muy alto nivel de Fe en la PMR y los elevados niveles de Zn y Cu en los concentrados, para todos los períodos y rodeos monitoreados, lo que sería consecuencia del uso inadecuado y poco controlado de las concentraciones de los suplementos minerales en dichas mezclas, que se preparan en conjunto para todos los tambos.

En cuanto al agua disponible en los tres tambos (Tabla N°7), puede considerarse dentro de los valores esperables para la cuenca lechera de la provincia de Entre Ríos, si bien poseen algo más de cloruros y sulfatos, especialmente en la aguada del tambo 3, donde además son mayores a las esperables las concentraciones de K, Na, Mg y Ca (Vivot *et al.*, 2000). En el caso de los tambos 1 y 2, su calidad puede considerarse de buena a regular para consumo del rodeo lechero (Bonell y Ayub, 1984; Grant, 1993; NRC, 2001; Linn, 2010). La del Tambo 3, si bien puede ser considerada “apta” para consumo de las vacas lecheras, su calificación está entre regular a mala, debido a los valores de sales totales cercanos a la tolerancia (encima de 5000 ppm) y los altos niveles

de sulfatos (1285 ppm), que podrían generar algunos problemas de tolerancia (NRC, 2005; Linn, 2010) y/o como disminución en el consumo de alimentos y/o agua (Bonell y Ayub, 1984; Grant, 1993).

Los aportes adicionales por el consumo de agua, tanto de Ca como de Mg, están dentro de los niveles adecuados en los tambos 1 y 2, pero nuevamente en el tambo 3, podrían llevar el consumo de estos minerales por encima de los adecuados para esta categoría de animales (Bonell y Ayub, 1984; NRC, 2001; Linn, 2010). No obstante, dentro del grupo de vacas que permanecieron en estas instalaciones, no se observó ninguno de los comportamientos descritos.

El consumo estimado total de MS por vaca fue el mismo para los tres rodeos durante el período 2012-13 y muy similar en el período siguiente (2013-14) (Tabla N°12). Se debe tener en cuenta que, para este cálculo estimado, se realizaron mediciones periódicas de la disponibilidad y rechazo grupal de pasturas, PMR y heno (entre 30 y 45 días en promedio), así como al menos ocho estimaciones de consumos individuales de concentrados en los comederos automáticos de cada tambo. A partir de esta metodología, que implican supuestos importantes de consumos promedios por vaca y lactancia, sólo se pretende caracterizar y dar una información global sobre el tipo de alimentación que tuvieron disponibles los rodeos, sin llegar a realizar balances detallados de energía, proteína, fibras y/o minerales. Se pudieron observar algunas pequeñas variaciones entre el aporte de pasturas y en la asignación de PMR y concentrados por vaca en los tambos 1 y 2, respecto al 3 en el período 2012-13 y algunas diferencias un poco más marcadas entre este primer período y el siguiente período de evaluación (2013-14), que se realizó íntegramente en el Tambo 2.

El aporte de MS total (promedio de 23 kg/vaca/día), cubrió el requerimiento estimado según NRC (2001) para estos animales, que ronda los 20,4 kg de MS/día. De ese total, el aporte de los forrajes frescos pastoreados (pasturas polifíticas y verdeos de invierno) estuvo entre el 45 y 48% de la MS y los concentrados entre el 25 y 26%, proporciones normales para los sistemas a pastoreo de la región (Taverna, 2007; Krall, 2010; Mancuso y Marini, 2012), los que incluyen suplementos en base a forrajes conservados (henos y silajes) y concentrados.

Mediante la metodología propuesta por NRC (2001), se realizaron estimaciones de requerimientos generales de nutrientes en base a vacas de 550 kg de PV y un promedio general de 25 litros de leche (4% GB). De tal manera, los requerimientos de energía neta de lactación estimados para esas vacas rondaron los 32,0 Mcal/vaca/día, los cuales fueron cubiertos en todas las dietas, con aportes entre 37,0 y 35,8 Mcal/vaca y día. No ocurrió lo mismo con los requerimientos de proteína metabolizable, los cuales estuvieron alrededor de 1900 g/vaca y día, pero los aportes desde las raciones solo oscilaron entre 1670 y 1780 g/vaca/día según tambo y período, lo cual implicaría alguna restricción en cuanto a la producción y/o calidad de la leche producida por los animales. Otro componente importante para estas dietas pastoriles es la FDN, que los cuatro tipos de dietas estimadas se mantuvo dentro de los niveles recomendados (28 a 32% de la MS) y no habría limitado el consumo (NRC, 2001).

En relación a los minerales evaluados, si bien los requerimientos son difíciles de establecer y la mayoría de las estimaciones se basan en el nivel mínimo necesario para

superar la deficiencia o un síntoma, (Weiss, 2002; Lopez-Alonso *et al.*, 2011; López-Alonso, 2012), al comparar los valores con los datos de NRC (2005), ninguno de ellos superó los niveles de tolerancia máximos diarios, aunque los aportes de Fe, Cu, Mn, Zn y Ca, sumando en este último el agregado por agua de bebida, fueron muy altos. En el otro extremo, según las estimaciones de las dietas, no se cubrieron los requisitos mínimos (NRC, 2001) de Se, con aportes de la mitad del mínimo recomendado, lo cual suele ocurrir con cierta frecuencia en granjas lecheras de Argentina, incluso en aquellas con altas suplementaciones (Corbellini y Busso Vanrell, 2008). Para los demás minerales, sus aportes estuvieron por encima de los requerimientos mínimos fijados por el NRC (2001).



4.2. PRODUCCIÓN, CALIDAD DE LECHE Y ASPECTOS REPRODUCTIVOS

4.2.1. Primer período de estudio. Años 2012-2013

4.2.1.1. Producción total por lactancia cerrada a 305 días

En la Tabla N°13 se presentan, discriminados por lactancia y por genotipos, las medias de producción total de leche por lactancia normalizada a 305 días (L305), la misma producción corregida al 4% de GB (PL4%) y los kilogramos de PT (PT305) y GB (GB305) producidos en igual período.

Se hallaron diferencias significativas entre lactancias para todas las variables de producción de leche, GB y PT, pero no hubo interacción en el comportamiento de las producciones de los genotipos dentro de cada lactancia, por lo cual se presentan los resultados de cada genotipo sin especificar las lactancias. Al analizarlos de esta manera, no hubo diferencias entre genotipos para ninguna de las variables consideradas.

Tabla N° 13. Análisis de Varianza para producción de leche y sólidos útiles, discriminados por lactancia y genotipo. Período 1, años 2012-13.

Variable	Lactancia		Gen*Lact p-valor	Genotipos				
	1	≥2		F1	G	M	PS	R
L305 (kg)	7628 a	8107 b	0,406	7771	7531	8127	7996	7930
PL4% (kg)	6995 a	7479 b	0,423	7080	7107	7345	7339	7318
GB305 (kg)	262,9 a	282,8 b	0,496	264,8	273,0	273,3	276,0	277,8
PT305 (kg)	260,9 a	285,6 b	0,395	267,5	261,9	280,7	282,4	276,9

Letras distintas en la misma fila, dentro de lactancia y genotipo, indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; Gen: genotipo; Lact: número de lactancia; L305: producción de leche en lactación normalizada 305 días; PL 4%: producción de leche en kg, equivalente al 4% de grasa butirosa; GB305: producción de grasa butirosa en lactación normalizada 305 días; PT305: producción de proteína total en lactación normalizada 305 días.

4.2.1.2. Producción ponderada por peso vivo

Al realizar el análisis de los mismos datos anteriores de producción, ponderados por el PV para cada vaca, no se halló interacción entre genotipos y número de lactancias, por lo cual se agruparon todos los animales por lactancia y, por otra parte, cada genotipo sin especificar las lactancias que transcurría.

Se hallaron solo diferencias en la cantidad de PT por unidad de PV entre lactancias y no se hallaron diferencias entre las medias de ninguna de las variables para los genotipos, considerando a todos sin discriminar por lactancia (Tabla N°14).

Tabla N° 14. Análisis de Varianza para producción de leche y sólidos, ponderados por peso vivo de las vacas y discriminados por número de lactancia y genotipo. Período 1, años 2012-13.

Variable	Lactancia		Gen*Lact p-valor	Genotipos				
	1	≥2		F1	G	M	PS	R
PL.kgPV (kg)	15,58	16,26	0,416	16,04	15,07	16,07	16,22	16,04
PL4.kgPV (kg)	14,28	14,99	0,337	14,61	14,22	14,51	14,88	14,82
GB.PV (kg)	0,537	0,566	0,302	0,546	0,546	0,539	0,559	0,563
PT.PV (kg)	0,533 a	0,572 b	0,395	0,552	0,523	0,555	0,572	0,560

Letras distintas en la misma fila, dentro de lactancia y genotipo, indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; Gen: genotipo; Lact: número de lactancia; PL.kgPV: producción de leche en lactación normalizada a 305 días por kg de peso vivo; PL4.kgPV: producción de leche en kg, equivalente al 4% de grasa butirosa, por kg de peso vivo; GB.PV: producción de grasa butirosa, por kg de peso vivo; PT.PV: producción de proteína total, por kg de peso vivo.

4.2.1.3. Composición y calidad sanitaria de la leche

En la Tabla N°15 se presentan los valores hallados para los contenidos de GB, PT, MUN y CCS en leche, con diferencias significativas sólo en el contenido de PT y en el CCS entre las vacas primíparas y multíparas, siendo ambas variables de mayor magnitud en las vacas de éste último grupo. No hubo interacción entre genotipos y número de lactancias para ninguna de los variables ($p < 0,05$), por lo cual se continuó el análisis por genotipo en forma conjunta.

Tabla N° 15. Análisis de Varianza para indicadores de calidad composicional y sanitaria de la leche, discriminados por lactancia y genotipo. Período 1, años 2012-13.

Variable	Lactancia		Gen*Lact p-valor	Genotipos				
	1	≥2		F1	G	M	PS	R
GB% (%)	3,46	3,50	0,766	3,42 a	3,64 b	3,37 a	3,47 ab	3,52 ab
PT% (%)	3,43 a	3,53 b	0,770	3,45	3,49	3,46	3,54	3,50
MUN (mg/l)	9,70	9,87	0,896	9,11 a	10,05 ab	9,75 ab	9,86 ab	10,02 b
CCS (miles)	123,4 a	302,1 b	0,754	206,6	220,2	146,0	310,8	255,5

Letras distintas en la misma fila, dentro de lactancia y genotipo, indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; Gen: genotipo; Lact: número de lactancia; GB%: porcentaje de grasa butirosa; PT%: porcentaje de proteína total; MUN: urea en leche; CCS: contenido de células somáticas.

No se presentaron diferencias entre genotipos para PT% y CCS, pero fue mayor el contenido de MUN en las vacas R respecto de las F1, y el porcentaje de GB en las G, respecto de las F1 y M, sin diferenciarse ellas con el resto de los genotipos evaluados ($p < 0,05$).

4.2.1.4. Aspectos reproductivos

Los valores hallados para las medias de los indicadores reproductivos y sus diferencias estadísticas, se presentan en la Tabla N°16.

Se detectó interacción entre genotipos y número de lactancias para EPP, por lo cual se presentan para esta variable las medias y sus diferencias en forma discriminada por lactancia y luego, dentro de cada una de ellas, por genotipo. No se presentó este efecto en las demás variables, que se analizaron agrupadas por lactancia y por genotipos.

Se hallaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para DEL, IPC y SPP entre las vacas primíparas y múltiparas, con éstas últimas presentando siempre los mayores valores. No se pudo realizar esta comparación para IPP, debido a que en este trabajo dicho indicador se calculó en base al parto actual y el anterior, el cual no existe en primíparas. No se presentaron diferencias entre genotipos para DEL, SPP e IPP, pero fue mayor el IPC en las vacas triple cruza G, respecto de las cruza M y R, sin diferenciarse estos últimos entre sí.

Se observa que las vacas múltiparas tuvieron mayor edad en su primer parto, respecto a las actuales primíparas. Dentro del grupo de primíparas, se diferenciaron dos conjuntos de vacas por EPP, por un lado, los genotipos PS y R, más jóvenes al llegar a su primer parto y, por otro, los restantes tres genotipos (F1, G y M), con mayor edad en su primer parto. En las múltiparas, las vacas G se destacaron por ser más precoces que las F1 y PS, sin diferenciarse ellas de los otros dos genotipos (M y R).

Tabla N° 16. Análisis de Varianza para indicadores de aspectos reproductivos de las vacas, discriminados por número de lactancia y genotipo. Período 1, años 2012-13.

Variable	Lactancia		Gen*Lact p-valor	Genotipos					
	1	≥2		F1	G	M	PS	R	
DEL (días)	269,3 a	286,7 b	0,189	279,4	281,4	278,4	281,4	279,2	
IPC (días)	85,9 a	100,5 b	0,845	98,2 ab	119,2 b	76,2 a	91,9 ab	89,5 a	
SPP (cantidad)	1,93 a	2,39 b	0,853	2,40	2,59	1,89	2,16	1,96	
IPP (días)	NC	372,0	NC	373,7	380,9	367,6	373,9	363,7	
EPP (meses)	22,85a	23,60b	0,002	L1	24,4 b	23,5 b	23,6 b	21,3 a	22,3 a
				L2	24,3 b	22,6 a	23,6 ab	24,2 b	23,6 ab

Letras distintas en la misma fila, dentro de lactancia o de genotipo, indican diferencias significativas ($p < 0,05$). NC: no corresponde, ya que se consideró el período entre el parto anterior y el actual; F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; Gen: genotipo; Lact: número de lactancia; DEL: días en lactancia; IPC: intervalo parto-concepción; SPP: servicios por preñez lograda; IPP: intervalo parto-parto; L1: vacas de primera lactancia. L2: vacas con 2 o más lactancias.

4.2.2. Segundo período de estudio. Años 2013-2014

4.2.2.1. Producción total por lactancia cerrada a 305 días

En la Tabla N°17 se presentan, discriminados por genotipos, los resultados de producción total de leche, leche corregida al 4% de GB, cantidad de GB y PT, todo en lactancia normalizada a 305 días. La producción medida como L305 fue mayor en las vacas retrocruza (R), respecto a las vacas de la primera cruza (F1), sin diferenciarse ambas de los otros tres genotipos. Para los demás indicadores de producción, no hubo diferencias entre los genotipos considerados ($p < 0,05$).

Tabla N° 17. Análisis de Varianza para producción de leche y sólidos por genotipo. Período 2, años 2013-14.

Variable	Genotipos				
	F1	G	M	PS	R
L305 (kg)	6767 a	6954 ab	6908 ab	7223 ab	7536 b
PL4% (kg)	6061	6644	6192	6602	6760
GB305 (kg)	223,6	257,5	228,7	247,6	249,7
PT305 (kg)	224,2	232,7	230,9	244,2	247,2

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; L305: producción de leche en lactación normalizada a 305 días; PL 4%: producción de leche en kg, equivalente al 4% de grasa butirosa; GB: producción de grasa butirosa; PT: producción de proteína total.

4.2.2.2. Producción ponderada por peso vivo

No se detectaron diferencias entre genotipos, para las variables que involucran a la producción de leche corregida al 4% de GB y a la producción de GB, consideradas en función del PV de las vacas. No obstante, sí se hallaron diferencias entre genotipos para PL.kgPV y PT.PV, donde las vacas pertenecientes al genotipo G, para ambas variables, presentó menores magnitudes que las vacas PS y R (Tabla N°18).

Tabla N° 18. Análisis de Varianza para producción de leche y sólidos, ponderados por peso vivo de las vacas y discriminados por genotipo. Período 2, años 2013-14.

Variable	Genotipos				
	F1	G	M	PS	R
PL.kgPV (kg)	12,35 ab	11,01 a	11,86 ab	12,74 b	12,84 b
PL4.kgPV (kg)	11,05	10,51	10,63	11,64	11,51
GB.PV (kg)	0,407	0,407	0,392	0,436	0,425
PT.PV (kg)	0,409 ab	0,369 a	0,396 ab	0,431 b	0,421 b

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; PL.kgPV: producción de leche en lactación normalizada a 305 días por kg de peso vivo; PL4.kgPV: producción de leche en kg, equivalente al 4% de grasa butirosa, por kg de peso vivo; GB.PV: producción de grasa butirosa, por kg de peso vivo; PT.PV: producción de proteína total, por kg de peso vivo.

4.2.2.3. Composición y calidad sanitaria de la leche

En la Tabla N°19 se presentan los valores medios y sus respectivas diferencias estadísticas, para los contenidos de GB, PT y CCS en leche en los cinco genotipos evaluados.

No se detectaron diferencias significativas entre genotipos para PT y CCS ($p < 0,05$), pero el contenido de GB fue mayor en las vacas G, respecto de las F1, M y R, sin diferenciarse ninguno de ellos con el genotipo restante (PS).

Tabla N°19. Análisis de la Varianza para indicadores de calidad composicional y sanitaria de la leche, discriminados por genotipo. Período 2, años 2013-14.

Variable	Genotipos				
	F1	G	M	PS	R
GB% (%)	3,30 a	3,71 b	3,34 a	3,43 ab	3,29 a
PT% (%)	3,31	3,37	3,36	3,39	3,28
CCS (miles)	325,3	300,0	293,7	311,6	304,8

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; GB%: porcentaje de grasa butirosa; PT: porcentaje de proteína total; CCS: contenido de células somáticas.

4.2.2.4. Aspectos reproductivos

Los valores medios y las diferencias estadísticas, para los indicadores reproductivos evaluados, se presentan en la Tabla N°20.

No se presentaron diferencias entre genotipos para DEL, IPC e IPP, aunque fue mayor la cantidad de SPP en las vacas triple cruza G, respecto de las cruza PS y R, sin diferenciarse estos últimos entre sí y con los genotipos F1 y M con valores intermedios y sin diferencias con ninguno de los demás.

Para EPP se diferenciaron los genotipos PS, más jóvenes al parir, de los M, mayores en edad en su primer parto. Los restantes tres genotipos (F1, G y R), no se diferenciaron entre ellos ni de los otros dos ya mencionados.

Tabla N°20. Análisis de Varianza para indicadores de aspectos reproductivos de las vacas, discriminados por genotipo. Período 2, años 2013-14.

Variable	Genotipos				
	F1	G	M	PS	R
DEL (días)	350,5	360,2	334,5	307,5	311,2
IPC (días)	132,9	139,4	124,4	95,7	91,3
SPP (cantidad)	3,64 ab	3,94 b	2,33 ab	2,20 a	2,29 a
IPP (días)	438,6	447,65	427,2	383,7	379,8
EPP (meses)	24,7 ab	24,4 ab	25,5 b	23,8 a	24,7 ab

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; DEL: días en lactancia; IPC: intervalo parto-concepción; SPP: servicios por preñez lograda; IPP: intervalo parto-parto.

4.2.3. Discusión sobre producción y calidad de leche en los dos períodos

Durante el primer período de evaluación son de resaltar los altos niveles de producción alcanzados en todos los genotipos, que no mostraron diferencias entre ellos. Los 25 a 27 litros promedio de leche diarios por vaca en ordeño logrados (o entre 23 y 24 litros corregidos a 4% GB), son en general superiores a los informados para rodeos cruza en las cuencas de Argentina (Weidmann *et al.*, 1997; Comerón *et al.*, 2003, Krall, *et al.*, 2005; Comerón *et al.*, 2006; Mancuso *et al.*, 2006; Krall *et al.*, 2007; Krall, 2010; Mancuso *et al.*, 2010; Mancuso *et al.*, 2011). Esto podría explicarse por el buen nivel genético de los reproductores utilizados en el establecimiento, junto con una adecuada disponibilidad y calidad de las raciones ofrecidas durante gran parte del período de evaluación (si bien algo limitadas en aporte de proteínas), que permitió en gran medida expresar las cualidades propias de las razas, sumadas al efecto heterótico de los cruzamientos (Ruvuna *et al.*, 1983; Hansen, 2006; Dechow *et al.*, 2007; Sørensen *et al.*, 2008; Heins *et al.*, 2012).

No se mantuvieron los buenos niveles de producción durante el segundo período de evaluación, con vacas de segunda lactancia, atribuyendo en parte esto a condiciones de estrés calórico más fuerte que lo normal para la época (Valtorta y Leva, 1998; Valtorta, 2000; Gallardo y Valtorta, 2007), que afectó el bienestar y la productividad de los animales. A esto, se sumó un menor nivel de precipitaciones en los meses de diciembre y enero, que deterioraron en parte la calidad y disponibilidad de algunas pasturas durante fin de primavera e inicio de verano. En ese momento, gran parte de las vacas en evaluación estaba en el segundo tercio de su lactancia y sufrieron una caída importante en su producción individual, que repercutió luego en los promedios que se presentan. No obstante, dichas producciones medias se mantuvieron por encima de los valores informados por los trabajos anteriores realizados en la zona. Las vacas menos

productivas fueron las del genotipo F1, que lograron 22,2 l/vaca/día, lo cual fue significativamente menor a los 24,7 l/vaca/día promedio que lograron las R. Los otros tres genotipos mostraron valores intermedios, entre 22,7 y 23,7 litros, sin diferencias entre ellos ni con los otros dos extremos. Esto mostraría una mayor estabilidad ante situaciones adversas de disponibilidad de pasturas y /o estrés climático en las cruza R, que disminuyeron sólo 394 litros (5% menos) en el segundo período respecto del primero, contra los 1004 litros (13% menos) de caída en las F1.

En relación a los contenidos de GB y PT, en general se lograron valores altos respecto a los mencionados en otros trabajos con cruza en esta cuenca (Krall *et al.*, 2005; Mancuso *et al.*, 2006; Krall, 2010; Mancuso *et al.*, 2010; Mancuso *et al.*, 2011) y al promedio regional de la leche recibida por las industrias (Minagro, 2017). No obstante, fueron mayores todos los contenidos de GB y PT en el primer período (años 2012-13) respecto al segundo (años 2013-14), debido probablemente a la mayor disponibilidad de forrajes de calidad y menor estrés calórico que sufrieron esas vacas (Valtorta y Leva, 1998; Valtorta, 2000; Gallardo y Valtorta, 2007). Se presentaron algunas diferencias en los porcentajes de GB entre genotipos, puesto que las vacas G fueron superiores a los de las vacas F1 y M en ambos períodos, agregándose que superó también a la R en el segundo. No hubo ninguna diferencia entre genotipos en el contenido de PT, en ninguno de los períodos de evaluación. Un aspecto que llama la atención, es la relación GB:PT muy cercana a 1:1 en todos los genotipos y que llega a ser incluso levemente inversa para las vacas en los genotipos F1, M y PS durante el primer período de evaluación. Este hecho podría deberse a un aporte inadecuado de fibra efectiva para la rumia (Mertens, 1996; NRC, 2001; Gallardo, 2006; Gallardo y Valtorta, 2007), lo cual es posible que haya ocurrido, ya que –si bien el porcentaje total de fibra en la dieta era adecuado– el silaje ofrecido estaba con un picado fino a muy fino; el heno representaba muy baja proporción (3,5% de la MS) y las pasturas eran de alta calidad y tiernas, especialmente en ese primer período. Además, Gallardo y Valtorta (2007) sugieren que estos aspectos pueden verse potenciados cuando se trabaja con cruza y se está en la primera etapa de la lactancia, a lo cual podría sumarse un pastoreo diferencial por parte de las vacas de mayor edad y/o tamaño, ejerciendo su dominio sobre los otros animales del rodeo al consumir PMR y seleccionando el forraje y/o los rebrotes más tiernos en las pasturas (Mufarrege, 1999).

En cuanto a producción en kilogramos de GB y PT totales, no hubo diferencias entre genotipos en ninguno de los dos períodos evaluados, lo cual era esperable ante similares producciones en volumen de leche y al estar presentes en todos ellos genes de razas mejoradoras del contenido de sólidos (Bereskin y Touchberry 1966; López-Villalobos *et al.*, 2000b; Van Raden y Sanders 2003; Dechow *et al.*, 2007; Walsh *et al.*, 2008, Heins *et al.*, 2012). Merece comentarse la compensación que realizaron las vacas F1 en su producción de sólidos, respecto de las R, siendo que desapareció la diferencia mostrada entre ambos genotipos en producción de leche. De nuevo, los niveles individuales de SU producidos por todos los rodeos cruza evaluados, están por encima de los mencionados en la bibliografía para la región (Weidmann *et al.*, 1997; Comerón *et al.*, 2003, Comerón *et al.*, 2006; Krall, 2010; Mancuso *et al.*, 2010; Mancuso *et al.*, 2011). Este hecho de alcanzar similares producciones de SU entre las distintas cruza, coincide con lo observado en otros trabajos que compararon también vacas mestizas entre sí (McDowell y McDaniel, 1968a; Heins *et al.*, 2006a; Mancuso *et al.*, 2010;

Mancuso *et al.*, 2011; Heins *et al.*, 2014), quienes en general resaltan que estos animales expresan respuestas originadas a partir del vigor híbrido o heterosis, que es máximo en la F1 y se mantendría en altos niveles a partir del uso de una tercer raza en los cruzamientos (Hansen y Heins, 2006a; Sørensen *et al.*, 2008; Heins *et al.*, 2014).

Cuando se comparan las producciones totales de leche y SU en base a un indicador biológico, tal como es el rendimiento por kg de PV, se mantiene la paridad general entre las diferentes cruzas evaluadas, ya que solamente se hallaron diferencias en el segundo período de evaluación para producción total de leche sin corregir y PT por unidad de PV entre las vacas R y las G, reflejando las menores producciones y mayor PV relativos que poseen entre ellos. En PT.PV (kg) también los genotipos PS superaron a los G, producto de un mayor aporte de PT en leche en relación a éste último, que no fue detectado estadísticamente. En cuanto a este tipo de evaluaciones mediante indicadores biológicos de productividad, se encontraron también resultados similares entre genotipos comparando tanto cruzas entre sí (McDowell y McDaniel, 1968a; Heins *et al.*, 2006a; Mancuso *et al.*, 2010, 2011; Heins *et al.*, 2014), como comparando a las cruzas con sus razas parentales (Hollon *et al.*, 1968; Brandt *et al.*, 1973; González *et al.*, 2002; Garay-García, 2007; Dutour *et al.*, 2010a; González-Romero, 2011; Meikle *et al.*, 2013). No obstante, es interesante resaltar que en varios estudios, especialmente la mayoría de los realizados en Uruguay, Chile y Argentina, las cruzas son más eficientes en general para este indicador de productividad, en relación a sus razas parentales (González y Magofke, 2003; Krall, *et al.*, 2005; Gutiérrez-Pérez, 2006; Mancuso *et al.*, 2006; Krall *et al.*, 2009; Krall, 2010; Pereira *et al.*, 2010), lo cual no puede probarse en el presente trabajo.

Al analizar los animales en función de su número de lactancias, se encontraron diferencias en todos los parámetros productivos entre primíparas y multíparas, sin importar el genotipo al cual pertenecían, siempre a favor de las vacas con dos o más lactancias. Esto está en línea con el concepto general de que las producciones de leche y sólidos se incrementan desde la primera lactancia hacia las subsiguientes (Chilliard, 1999; Overton, 2011) y con otros trabajos con cruzas que evaluaron similares rasgos y hallaron diferencias (Dechow *et al.*, 2007; Owens, 2010; Pereira *et al.*, 2010; Heins *et al.*, 2011; Coffey *et al.*, 2016) y/o tendencias (Mendonça *et al.*, 2014) a mayor producción en las multíparas. En el caso de los contenidos de SU, también hubo diferencias entre números de pariciones en cuanto a PT, pero, si bien el porcentaje de GB fue algo más elevado en las multíparas, no se lo detectó como estadísticamente diferente. También se observó aquí que la relación GB:PT se mantuvo muy cercana a 1:1 en ambas pariciones, llegando a ser incluso levemente inversa para las vacas multíparas. El rendimiento de leche y sólidos por kg de PV, sólo muestra una diferencia significativa entre primíparas y multíparas para PT por unidad de PV, con algo más del 7% de incremento a favor de estas últimas. El mismo, al integrar producción de leche y contenido de PT, alcanzaría a reflejar las diferencias antes mencionadas entre grupos de vacas por número de pariciones, que no fueron detectados como diferencias significativas.

En el primer período se pudo valorar también el contenido de MUN, el cual reflejó lo antes mencionado sobre el probable déficit en el aporte de proteína metabolizable en la dieta, estimado a partir del NRC (2001). En todos los genotipos y para ambas

categorías de vacas (primíparas y multíparas), todos los niveles de MUN estuvieron en el límite inferior de 10 mg/dl, umbral recomendado para evitar deficiencias en aporte de nutrientes nitrogenados en la dieta (Butler *et al.*, 1996; Nozad *et al.*, 2013), lo que podría haber limitado el potencial productivo de algunos animales (NRC, 2001; Gallardo, 2006; Gallardo y Valtorta, 2007). No se detectaron diferencias entre vacas multíparas y primíparas y, en cuanto a los genotipos, el R estuvo por encima del F1, sin diferenciarse ambos de los demás grupos, aunque los valores relevados son muy cercanos entre sí y sería muy difícil que expliquen posibles diferencias en producción y/o composición de leche, o reproductivas entre ellos. En relación a datos regionales, todos los valores están por debajo de los mencionados para tambos pastoriles del Uruguay (Acosta, *et al.*, 2005) y de la cuenca central de Argentina (Scándolo *et al.*, 2011).

Los CCS en ambos períodos mostraron valores entre buenos a muy buenos para los rodeos y sistemas de esta región, considerando que las estadísticas oficiales de las industrias que recolectan leche en esta cuenca, reconocen valores medios de 590.000 células/ml. No obstante, al compararlos con otros ensayos zonales que evaluaron otras razas o cruza frente a la H, los valores resultaron similares o algo mayores (Balserini y Hodel, 2005; Hofstetter y Mancuso, 2011). No se dieron diferencias entre los genotipos, a pesar que los valores medios absolutos en el primer período para las vacas M (146.000 células/ml) representan menos de la mitad que los de la PS (310.800 células/ml), lo que haría evidente la gran variabilidad individual que existe en este parámetro. Los otros tres genotipos mostraron valores intermedios, pero también sin diferencias, para ese período de evaluación. En el segundo período de evaluación, tampoco se hallaron diferencias entre genotipos, con valores que superan en alrededor de 100.000 células/ml a los promedios hallados para los mismos genotipos en el primer período de trabajo, pero mucho más equilibrados entre ellos, producto quizás de ser todas vacas de igual número de partos (Berry *et al.*, 2007; McParland *et al.* 2013). Los resultados colocarían a este trabajo dentro del grupo de los que no hallaron diferencias y/o tendencias claras en CCS entre cruza y/o sus razas parentales (Balserini y Hodel, 2005; Comerón *et al.*, 2006; Hansen y Heins, 2006; Sewalem *et al.*, 2006; Vitulich *et al.*, 2006; Prendiville *et al.*, 2010; Heins *et al.*, 2011) y deja planteadas dudas acerca del rol de la raza y las variaciones a nivel individuo en cuanto a sanidad de ubre.

En cuanto a la comparación de CCS entre grupos de lactancia, tal como se esperaba según la bibliografía sobre el particular (Berry *et al.*, 2007; McParland *et al.* 2013), las primíparas tuvieron valores significativamente menores a las multíparas, pero de nuevo, todas ellas muy por debajo de las medias regionales. No obstante, dichos autores postulan que la leche proveniente de cuartos no infectados, deberían tener un CCS normal por debajo de las 200.000 células/ml y las multíparas, en este trabajo, superaron claramente éste límite, lo cual corrobora que el CCS aumenta conforme se incrementa el número de partos.

4.2.4. Discusión sobre aspectos reproductivos en los dos períodos

En referencia a los aspectos reproductivos evaluados en ambos períodos de trabajo, todos los indicadores mostraron valores iguales o mejores a los esperables para los rodeos lecheros de la región (Pereyra *et al.*, 1997; Marini y Oyarzabal, 2002; Molinuevo, 2006; Cuatrín, 2007; Musi, 2008). Si se considera que dichas referencias se basan en su inmensa mayoría en registros de rodeos H, el buen desempeño de todos los genotipos cruza confirmaría las ventajas que poseen en relación a la H puros en estos sistemas (Laborde *et al.*, 1998; Washburn *et al.*, 2002; Sørensen *et al.*, 2008; Walsh *et al.*, 2008; Buckley *et al.*, 2014) y, en especial, cuando se combinan cruzamientos rotacionales de 3 razas (Hansen y Heins, 2006; Heins *et al.*, 2008b y Hazel *et al.*, 2013), que en este trabajo constituyen 4 de los 5 genotipos evaluados.

Los tiempos observados para DEL y el IPP fueron muy razonables e incluso más cortos a los esperables para la región (Pereyra *et al.*, 1997; Marini y Oyarzabal, 2002; Molinuevo, 2006; Cuatrín, 2007; Mancuso *et al.*, 2010) pero, al comparar los días promedio que estuvieron en lactancia las vacas en cada período, se observa que durante el segundo mantuvieron su lactancia alrededor de 50 días más que las del período 2012-2013. Esta diferencia puede explicarse a partir de que, en el primer período, una tercera parte del rodeo evaluado era de vacas primíparas, que normalmente tienen un período DEL más corto que las multíparas (Romero *et al.*, 2004; Andreo *et al.*, 2007), en tanto en el segundo, todas eran de segunda parición. También fueron más cortos los IPP en ese primer período, con alrededor de 40 días menos en promedio para todos los genotipos, aunque aquí la explicación no es tan clara, ya que en este cálculo no se tomaron en cuenta las primíparas. Entre genotipos no se hallaron diferencias significativas para ambos parámetros y en ninguno de los períodos anuales de evaluación, pero sí se detectaron diferencias en los DEL según número de lactancias en el primer período de evaluación, donde las vacas de primera parición estuvieron 18 días menos lactando (7%), situación considerada normal para este grupo de lactación, tanto en H como en cruza (Roche *et al.*, 2000; Romero *et al.*, 2004; Andreo *et al.*, 2007; Hazel *et al.*, 2014; Hazel *et al.*, 2016).

Los IPC también se presentan dentro de valores buenos a muy buenos en general, tanto comparados con datos para vacas H a nivel internacional (Harris y Kolver, 2001; Washburn *et al.*, 2002; Lucy, 2003), como para las cuencas lecheras argentinas (Marini y Oyarzabal, 2002; Vera *et al.*, 2009), lo cual nuevamente muestra la buena conformación de las cruza para este parámetro en general (Sørensen *et al.*, 2008; Blöttner *et al.*, 2011; Xue, *et al.*, 2011) y comparado con los rodeos H que se desarrollan en los sistemas pastoriles de la región (Comerón *et al.*, 2006; Pereira *et al.*, 2010; Mancuso *et al.*, 2010; Vallone *et al.*, 2014). Los menores valores se observaron durante el primer período de evaluación, durante el cual el IPC fue alrededor de 22 días más corto con respecto al segundo, lo cual equivale a reducir un servicio. En esa primera etapa de trabajo, además, se hallaron diferencias en los IPC entre genotipos, siendo las vacas G más tardías en quedar preñadas con relación a las M y R, que las aventajaron por 43 y 30 días, respectivamente. Estos buenos desempeños en IPC

también fueron hallados por otros investigadores para las cruzas en general (McDowell *et al.*, 1970; McDowell, 1985; Dechow, *et al.*, 2007) y en particular cuando participa la raza MON (Heinz *et al.*, 2006b; Walsh *et al.*, 2008; Penasa *et al.*, 2010b; Heinz *et al.*, 2012; Lammoglia Villagómez, 2013; Hazel *et al.*, 2014; Loste-Montoya, 2016). También fue diferente el IPC entre los grupos de lactancia, siendo las primíparas casi 15 días más precoces para preñarse, en relación al grupo de vacas multíparas, lo cual también está en línea con lo hallado en trabajos anteriores (Romero *et al.*, 2004; Heins *et al.*, 2006b; Andreo *et al.*, 2007; Heinz *et al.*, 2012; Hazel *et al.*, 2014).

En relación a los SPP, durante el primer período no tuvo diferencias entre genotipos y la cantidad promedio de inseminaciones registradas (2,2 SPP), fue algo menor a los valores citados por otros trabajos en la cuenca lechera argentina y uruguaya (Comerón *et al.*, 2006; Andreo *et al.*, 2007; Krall, 2010; Pereira *et al.*, 2010, Vallone *et al.*, 2014). Sí se detectaron diferencias entre grupos de lactancias, donde las vacas primíparas necesitaron 0,5 servicios menos que las multíparas para preñarse, diferencia que podría haber sido mayor (McDowell, 1985; Touchberry, 1992; Roche *et al.*, 2000; Romero *et al.*, 2004; Heins *et al.*, 2006b; Andreo *et al.*, 2007; Heinz *et al.*, 2012; Ferris *et al.*, 2014; Hazel *et al.*, 2014). En el segundo período de evaluaciones las cantidades de SPP, en general, fueron mayores a las del primero (2,90) y se marcaron diferencias entre las vacas G, que necesitaron casi 4 servicios para quedar preñadas, contra las PS y R, que mantuvieron valores similares a los suyos del primer período (alrededor de 2 SPP).

Finalmente, al analizar la EPP en las vacas en ambos relevamientos, se pudo comprobar la precocidad general que poseen estas cruzas para llegar al primer parto, con un rango que está entre los 21,3 y 25,5 meses promedio, para todos los genotipos y en ambos períodos, el cual también se dio en otros trabajos con cruzas y estaría dentro del rango considerado óptimo (23 a 25 meses) por conjugar desarrollo corporal y reproductivo, con potencial productivo posterior (McDowell *et al.* 1969; Ruvuna *et al.*, 1986; Koenen *et al.*, 2000; Romero *et al.*, 2004; Andreo *et al.*, 2007; Malchiodi *et al.*, 2014a). Esta edad, es además sustancialmente menor a lo que se menciona como promedio para los rodeos lecheros en las cuencas de la región, que según el Control Lechero Oficial Nacional de ACHA, en el período 2000-2005 fue de 32 meses (Snyder, 2006). En otros trabajos realizados en la cuenca central santafecina y en Entre Ríos, la EPP más citada para H está también por encima de los 27 meses, aunque las cruzas evaluadas en algunos de esos mismos trabajos, están por debajo de esa edad al primer parto (Marini, 2004; Romero *et al.*, 2004; Andreo *et al.*, 2007; Krall, 2010, Mancuso y Marini, 2012; Vallone *et al.*, 2014). En el primer período (años 2012-13), se presentó un comportamiento diferencial entre los genotipos en la EPP, según si estaban en su primera lactancia o si eran multíparas. Así, al comparar luego las primíparas entre sí por separado, se agruparon por un lado las menos precoces: F1, G y M y, en el otro, las vacas PS y R, que entraron a parir por primera vez dos meses antes. En las multíparas, el orden en cuanto a la precocidad al primer parto cambió totalmente, siendo ahora las vacas G más precoces que las F1 y PS, sin diferenciarse ellas de M y R. Si a estos resultados se agrega que también fue diferente la EPP en las vacas que parieron por primera vez para esta lactancia (22,8 meses), respecto a las que ya habían parido por primera vez en años anteriores (23,6 meses), podemos afirmar que existe una importante interacción entre las respuestas en EPP de los diferentes genotipos con los años, su manejo y las condiciones agroclimáticas que ocurrieron durante la etapa de crianza, que

normalmente en los sistemas como el estudiado, involucra extensos períodos de pastoreo a campo (Molinuevo, 2006; Andreo *et al.*, 2007; Krall, 2010; Mancuso y Marini, 2012).



4.3. PESO VIVO, CONDICIÓN CORPORAL Y METABOLISMO DE ENERGÍA Y PROTEÍNAS

4.3.1. Primer período de estudio. Años 2012-2013

4.3.1.1. Peso vivo

En la Tabla N°21 se presentan los resultados para el peso vivo de las vacas y genotipos considerados. Se hallaron diferencias de peso significativas ($p < 0,05$) entre las vacas primíparas y las de dos o más lactancias, pero al no existir interacción entre genotipos y número de lactancias ($p = 0,056$), se analizaron todos los animales de cada genotipo en conjunto, sin observar diferencias entre ellos, con pesos promedios entre 488 y 507 kg. Se aclara el número de observaciones (N), debido a que no todas las vacas bajo evaluación pudieron ser pesadas.

Tabla N° 21 Análisis de Varianza de medias de peso vivo por lactancia y por genotipo. Período 1, años 2012-13.

Variable	Lactancia		Gen*Lact p-valor	Genotipos				
	1	≥2		F1	G	M	PS	R
Peso Vivo(kg)	492 a	504 b	0,367	488	507	506	499	497
N	75	108		37	29	27	37	53

Letras distintas en la misma fila, dentro de lactancia y genotipo, indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; Gen: genotipo; Lact: número de lactancia; N: número de observaciones por lactancia o genotipo.

4.3.1.2. Condición Corporal

Al analizar la CC de las vacas evaluadas en este período, no se hallaron diferencias en el promedio ni en la evolución de este indicador entre lactancias ni en la interacción de las lactancias con los genotipos, por tal razón se presentan, por un lado, los resultados promedios para cada lactancia y, por otro, los de cada genotipo sin diferenciar la lactancia que estaban cursando.

En promedio de los momentos evaluados, entre los 20 y 160 DPP, la CC de las vacas F1 fue mayor que la de las R, sin diferenciarse ambas con la CC de los demás genotipos (Tabla N°22).

Tabla N° 22. Análisis de varianza para condición corporal promedio entre los 20 y 160 DPP por genotipo. Período 1, años 2012-13.

Variable	Lactancia		Gen*Lact p-valor	Genotipos				
	1	≥2		F1	G	M	PS	R
CC	3,31	3,32	0,714	3,38 b	3,27 ab	3,35 ab	3,34 ab	3,26 a

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; CC: condición corporal. Gen: genotipo; Lact: número de lactancia.

En el Gráfico N°2 se presenta la evolución de la CC durante el período evaluado, donde puede observarse que todos los animales tuvieron una tendencia similar de caída de condición, para luego recuperar estado. Dicha CC inicial, en los 20 DPP, y la caída hasta los 60 u 80 DPP fueron similares para todos los genotipos ($p < 0,05$), con una mayor recuperación hacia los 100 DPP de las vacas F1, especialmente con relación a las PS, con diferencias estadísticas significativas entre ellas. Luego vuelven a equilibrarse las CC de todos los genotipos, para finalmente terminar con mejor condición las vacas M, las cuales marcan diferencias especialmente con las cruza R en los 140 DPP y con las G en los 160 DPP. Salvo el genotipo M, que fue superior al G, los otros cuatro culminan el período evaluado con CC muy similares.

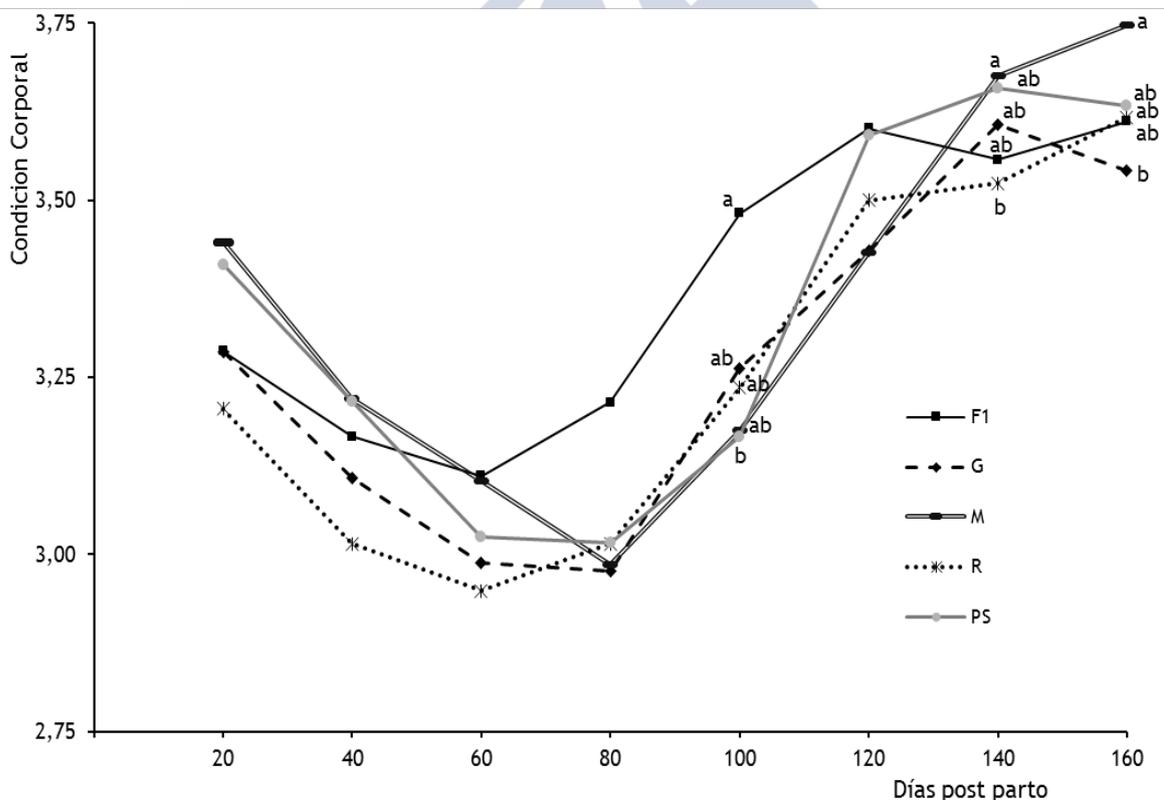


Gráfico N° 2. Evolución de la condición corporal en los genotipos evaluados entre 20 y 160 DPP. Período 1, 2012-13

Letras distintas en igual momento de muestreo (DPP), indican diferencias significativas entre las medias de CC por genotipo ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H.

4.3.1.3. Metabolismo energético

En la Tabla N°23 se presentan los valores hallados para BHB, NEFA y glucemia.

Tabla N° 23. Análisis de Varianza para las medias de los indicadores del metabolismo de la energía por lactancia y genotipo. Período 1, años 2012-13.

Variable	Lactancia		Gen*Lact p-valor	Genotipos				
	1	≥2		F1	G	M	PS	R
BHB (mg/dl)	4,68	5,45	0,510	4,79	5,16	4,55	5,68	4,99
NEFA (mg/dl)	13,1	12,0	0,088	11,5	13,4	12,9	11,7	13,7
Glucemia (mg/dl)	58,4 b	53,6 a	0,393	53,6 ab	55,3 ab	61,9 b	50,7 a	57,9 ab

Letras distintas en la misma fila, dentro de lactancia y genotipo, indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; Gen: genotipo; Lact: número de lactancia; BHB: beta hidroxibutirato; NEFA: ácidos grasos no esterificados.

Se hallaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las vacas primíparas y multíparas solo en glucemia, siendo mayor la concentración en las primeras. No hubo interacción entre genotipos y número de lactancias para ninguno de los metabolitos ($p < 0,05$), por lo cual se continuó el análisis por genotipo en forma conjunta.

Puede observarse que no se presentaron diferencias entre genotipos para BHB y NEFA, pero fue mayor el nivel de glucemia en las vacas triple cruza M, respecto de las cruza PS, sin diferenciarse ambas con el resto de los genotipos evaluados ($p < 0,05$).

4.3.1.4. Metabolismo proteico

Se hallaron diferencias significativas entre las vacas primíparas y multíparas para todos los metabolitos, salvo albúmina. Las concentraciones de PT y globulinas fueron mayores en las primíparas, en tanto las de urea lo fueron en las multíparas (Tabla N°24).

No se detectó interacción entre genotipos y número de lactancias para ninguno de ellos, por lo cual se realizó el análisis de ANOVA considerando solo al genotipo como factor fijo.

No se presentaron diferencias entre genotipos para PT, globulina y urea, pero fue mayor el nivel de albumina en las vacas triple cruza M, respecto de las cruza F1, PS y R, sin diferenciarse estos últimos tres entre sí. No hubo diferencias entre G y los demás genotipos.

Tabla N°24. Análisis de Varianza para las medias de indicadores del metabolismo proteico por lactancia y genotipo. Período 1, años 2012-13.

Variable	Lactancia		Gen*Lact p-valor	Genotipos				
	1	≥2		F1	G	M	PS	R
PT (g/l)	70,6 b	65,6 a	0,235	66,9	70,2	69,9	67,3	67,4
Albumina (g/l)	36,0	34,4	0,616	34,3 a	35,5 ab	38,7 b	33,7 a	34,3 a
Globulina (g/l)	34,6 b	31,2 a	0,194	32,7	34,6	31,2	33,6	33,2
Urea (mg/dl)	27,9 a	33,5 b	0,192	28,3	31,4	29,1	34,2	31,0

Letras distintas en la misma fila, dentro de lactancia y genotipo, indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; Gen: genotipo; Lact: número de lactancia; PT: proteínas totales.

4.3.2. Segundo período de estudio. Años 2013-2014

4.3.2.1. Peso vivo

En la Tabla N°25 se presentan los resultados para los pesos vivo de las vacas y genotipos considerados. Las vacas triple cruza G fueron más pesadas que los genotipos F1 y PS, alcanzando las vacas M y R pesos intermedios y sin diferencias con los otros tres grupos. Se aclara el número de observaciones (N), debido a que no todas las vacas bajo evaluación pudieron ser pesadas.

Tabla N°25. Análisis de Varianza de medias de peso vivo por genotipo. Período 2, años 2013-14.

Variable	Genotipos				
	F1	G	M	PS	R
Peso Vivo (kg)	542 a	634 b	586 ab	571 a	592 ab
N	28	17	21	30	42

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; N: número de observaciones por lactancia o genotipo.

4.3.2.2. Condición Corporal

La CC promedio de las vacas M fue mayor para todo el período, entre los 20 y 240 DPP, respecto a los demás genotipos, sin diferenciarse ninguna de las otras cruza entre sí (Tabla N°26).

Tabla N°26. Análisis de varianza para condición corporal promedio entre los 20 y 240 DPP por genotipo. Período 2, años 2013-14.

Variable	Genotipos				
	F1	G	M	PS	R
CC	3,28 a	3,38 a	3,56 b	3,31 a	3,40 a

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; CC: condición corporal.

En el Gráfico N°3 se presenta la evolución de la CC durante el período evaluado, donde se destacan los altos valores de CC logrados y mantenidos durante todo el período de evaluación (entre 20 y 240 DPP), en los cinco genotipos.

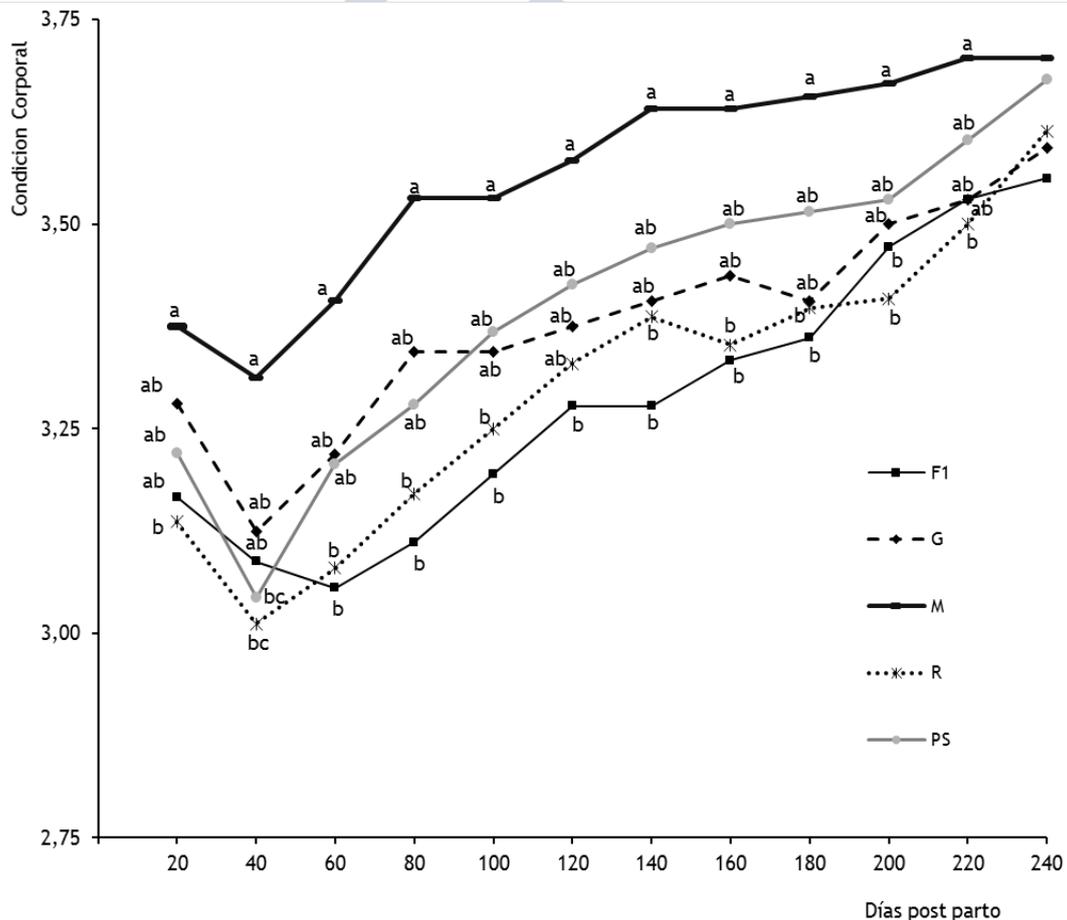


Gráfico N° 3. Evolución de la condición corporal en los genotipos evaluados entre 20 y 240 DPP. Período 2, 2013-14

Letras distintas en igual momento de muestreo (DPP), indican diferencias significativas entre las medias de CC por genotipo ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H.

No obstante, si bien todos los animales tuvieron una evolución similar, las vacas M mantuvieron siempre una mejor CC respecto a los otros cuatro genotipos. Si bien los valores absolutos son más altos en M que en todos los demás genotipos, las diferencias sólo son significativas entre esos animales y las vacas F1 y R durante casi toda la lactancia. Sólo dejan de existir diferencias estadísticas entre la CC de las vacas M y las F1 a los 20, 220 y 240 DPP, en tanto esto ocurre con las vacas R a los 120 y 240 DPP.

En todos los casos, las diferencias tienden a disminuir al inicio y al final del período de evaluación, desapareciendo las mismas para todos los genotipos en la última evaluación, hacia el final de la lactancia. Dentro de los cuatro genotipos que se mantienen más cercanos en CC, se destaca el comportamiento de las vacas PS, que presentan una gran caída inicial del indicador, que lo ubica con diferencias significativamente menores respecto al genotipo M, pero luego logran una mayor tasa de recuperación, equiparando a los demás genotipos en su CC.

4.3.2.3. Metabolismo energético

En la Tabla N°27 se presentan los resultados del análisis estadístico entre medias para los indicadores del metabolismo energético, obtenidos en el período 2013–2014 de evaluaciones, durante los dos muestreos sobre los mismos animales: Momento 1 (entre 20 y 40 DPP) y Momento 2 (entre 41 y 60 DPP). Todas las vacas cursaban su segunda lactancia al momento de los muestreos. No hubo interacción entre genotipos y momento de muestreo para ninguno de los metabolitos ($p < 0,05$), por lo cual se presentan las medias integradas de ambos momentos.

No hubo diferencias entre momentos para ninguno de los tres indicadores del metabolismo de la energía, ni entre genotipos para NEFA y BHB, pero las concentraciones de glucemia de las vacas M fueron mayores a las de F1 y PS, sin diferenciarse con los otros dos genotipos. A su vez, G y R presentan mayores concentraciones que PS, sin diferenciarse de F1.

Tabla N° 27. Análisis de Varianza para las medias de los indicadores del metabolismo de la energía por momento de muestreo (20-40 y 40-60 DPP) y por genotipo. Período 2, años 2013-14.

Variable	Momento de muestreo		Gen*MM p-valor	Genotipos				
	20-40 días	41-60 días		F1	G	M	PS	R
BHB (mg/dl)	3,58	3,46	0,236	3,66	3,76	3,04	3,62	3,53
NEFA (mg/dl)	11,0	10,3	0,111	11,0	10,6	10,4	10,8	10,5
Glucemia (mg/dl)	55,6	55,8	0,120	53,3 ab	57,1 bc	60,2 c	50,5 a	57,3 bc

Letras distintas en la misma fila, dentro de momento de muestreo y de genotipo, indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; Gen: genotipo; MM: momento de muestreo; BHB: beta hidroxibutirato; NEFA: ácidos grasos no esterificados.

4.3.2.4. Metabolismo proteico

En relación a los indicadores proteicos, las concentraciones de todos los metabolitos evaluados no mostraron interacciones del genotipo con los momentos de muestreo (entre 20 y 40 DPP y entre 41 y 60 DPP), por lo cual se presentan las medias integradas en la Tabla N°28.

Puede observarse que solamente hubo diferencias entre las concentraciones promedio de urea para ambos momentos de muestreo y entre las concentraciones de albúmina de las vacas G respecto de las PS.

Tabla N°28. Análisis de Varianza para las medias de metabolitos proteicos en sangre, según momento de muestreo (20-40 y 41-60 DPP) y por genotipo. Período 2, años 2013-14.

Variable	Momento de muestreo		Gen*MM p-valor	Genotipos				
	20-40 días	40-60 días		F1	G	M	PS	R
PT (g/l)	69,7	72,8	0,512	71,7	67,2	71,0	75,1	71,2
Albumina (g/l)	35,2	35,5	0,209	35,6 ab	32,3 a	35,9 ab	37,7 b	35,1 ab
Globulina (g/l)	34,5	37,3	0,529	36,1	35,0	35,1	37,4	36,1
Urea (mg/dl)	25,4 a	28,7 b	0,522	26,0	24,4	29,1	30,0	25,7

Letras distintas en la misma fila, dentro de momento de muestreo y de genotipo, indican diferencias significativas ($p < 0,05$). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H; Gen: genotipo; MM: momento de muestreo; PT: proteínas totales.

4.3.3. Discusión sobre peso vivo, condición corporal y metabolismo de energía y proteínas en los dos períodos

4.3.3.1. Peso vivo y condición corporal

Los pesos de las vacas incluidas en los relevamientos, en general, mostraron cambios entre ambos períodos de evaluación, con promedios de 500 kg en 2012-13 y 585 kg en la siguiente etapa. Esto tendría dos explicaciones, una vinculada al hecho de que el primer período involucra un 30% de primíparas, cuyo peso –según puede apreciarse en los resultados- resultó significativamente menor a las multíparas, y otra, basada en el mejor manejo general que se realizó en la alimentación de los rodeos de primíparas en el establecimiento durante las lactancias y períodos de seca y pre-parto de 2012-13, que permitieron a esa categoría animal mantener un ritmo de ganancias de peso mayor a los años anteriores en los mismos tambos y llegar con mayor peso a su segundo parto, consideraciones similares a las de Romero *et al.* (2004) y Andreo *et al.* (2007).

Todos los genotipos, salvo las vacas G en el período 2, estuvieron por debajo del rango de 600 a 650 kg/vaca de PV, mencionado como normal para los rodeos lecheros

H de las principales cuencas lecheras argentinas (Molinuevo, 2006; Marini *et al.*, 2011) y más cercanos a los mencionados por Vallone *et al.* (2014) para cruza HxPDO en Entre Ríos. También resultaron algo mayores a los citados para HxJ en esta misma cuenca (Krall *et al.*, 2005; Mancuso *et al.*, 2006) y en otros sistemas a pastoreo de Nueva Zelanda, Australia, Chile, Irlanda y Uruguay (López-Villalobos *et al.* 2000b; Auld *et al.*, 2007; Mella Fuentes *et al.*, 2009 a y b, Prendiville *et al.*, 2009 y 2010; Meikle *et al.*, 2013). En forma similar a los trabajos antes mencionados con cruza HxJ, en el presente estudio las F1 mostraron los menores PV absolutos entre los genotipos evaluados en ambos períodos y, junto con PS, fueron significativamente menores a las vacas del genotipo G en la comparación entre vacas de segunda lactancia.

Un aspecto interesante a observar es el adecuado peso con el cual llegan las vaquillonas a su primer parto, ya que sus 492 kg promedio resulta ser alrededor del 85% del peso adulto (585 kg) en las vacas de segunda lactancia, evaluadas en el período siguiente de partos, situación muy cercana a lo considerado ideal para estas categorías en la región (Andreo *et al.*, 2007). Además, si se considera que llegan a ese primer parto con menos de 25 meses, resulta que todas las cruza evaluadas lograron ganancias de peso muy buenas durante sus crianzas, aspecto también observado en varios trabajos con este tipo de genotipos (McDowell *et al.*, 1969; Roche *et al.*, 2000; Romero *et al.*, 2004; Mancuso y Marini, 2012; Hazel *et al.*, 2014; Hazel *et al.*, 2016).

La CC de las vacas evaluadas se destaca por los altos valores promedio logrados en ambos períodos, los que estuvieron entre 3,26 y 3,56 para todos los genotipos. Este parámetro, si bien depende en parte del observador y puede no ajustarse totalmente a algunos genotipos diferentes al H puro (Edmonson *et al.*, 1989; Ferguson *et al.*, 1994; Roche *et al.*, 2009), muestra que la alimentación en la etapa de “vaca seca” y durante las lactancias en sí, fueron adecuadas para este tipo de vaca, especialmente en cuanto al aporte de energía (Edmonson *et al.*, 1989; Ferguson *et al.*, 1994; NRC, 2001; Roldán *et al.*, 2005; Roche *et al.*, 2009; Pinto-Santini *et al.*, 2011).

Llama la atención que en el período 2012-13, tanto los promedios de CC entre lactancias como sus evoluciones a lo largo de las mismas, no hayan mostrado diferencias (Meikle *et al.*, 2004 y 2005; Friggens *et al.*, 2007; Cavestany *et al.* 2009; Xue, *et al.* 2011; Adrien *et al.*, 2012), aspecto muy probablemente asociado al manejo nutricional, especialmente de aporte en concentrados energéticos, que se les ofreció a los rodeos (Grummer 1995; Corbellini, 1998b; De Vries y Veerkamp, 2000; Roche *et al.*, 2009; Corbellini, 2012). Se observaron diferencias en los promedios de CC para ambos períodos entre los genotipos, aunque sin una tendencia clara entre ellos ni entre etapas. F1 tuvo el mejor promedio de CC en el período 2012-13, pero estuvo luego en el grupo de los peores, en tanto R (que posee el mayor componente H) fue de los menores en ambos períodos y M estuvo en el grupo intermedio en el primer período y fue el de mejor comportamiento al siguiente. Este comportamiento poco definido entre genotipos también fue observado por otros autores (Rastani *et al.*, 2001; Kolver *et al.*, 2002; Dillon *et al.*, 2003; Krall *et al.*, 2005; Comerón *et al.*, 2006; Mancuso *et al.*, 2006; Roche *et al.*, 2006; McCarthy *et al.*, 2007; Luna, 2011; Ferris *et al.*, 2014), quienes lo asociaron a interacciones entre el ambiente climático, disponibilidad de pasturas y aspectos de manejo de la alimentación. Algo a destacar, y que coincide con varios trabajos que compararon H con sus cruza con J, es la mejor performance de la F1 (HxJ) respecto al genotipo R (el de mayor componente H) en el período 2012-13 (Washburn *et*

al., 2002; Britt *et al.*, 2003; Krall *et al.*, 2005; Auldist *et al.*, 2007; Heins *et al.*, 2008a; Prendiville *et al.*, 2009 y 2010; Heins *et al.*, 2012).

Las curvas de evolución de la CC en todos los animales y para ambos períodos, tuvieron una tendencia similar de caída de condición durante los primeros 40 a 80 DPP, para luego recuperar estado hasta el final de ambas evaluaciones, logrando superar todas las vacas los 3,5 puntos de CC al final de su lactancia, situación considerada como ideal de manejo nutricional (Berry *et al.*, 2003; Roche *et al.*, 2009). Esta tendencia de iniciar la lactancia con CC entre 3,0 y 3,5 y que no se supere en ningún caso el medio punto de caída en CC, supone que no debería haberse producido un BEN importante en las vacas evaluadas y que no fueron afectados en forma importante los parámetros productivos y sanitarios vinculados con éste déficit de energía (Corbellini, 1998b; Roche *et al.*, 2009). No obstante, se dieron diferencias en cuanto a la persistencia de la caída y el consecuente momento de recuperación, tanto entre períodos como entre genotipos dentro de cada uno de ellos, donde se destaca la mejor CC del M en todas las observaciones realizadas durante el segundo período, aspecto también observado por Dillon *et al.* (2003), así como la recuperación más precoz e importante a las vacas F1 en el primer período, comportamiento comentado en otros trabajos con cruza HxJ (Washburn *et al.*, 2002; Britt *et al.*, 2003; Krall *et al.*, 2005; Auldist *et al.*, 2007; Heins *et al.*, 2008a; Heins *et al.*, 2012).

4.3.3.2. Metabolismo de energía y proteína

En ambos períodos, para todos los genotipos, en los dos grupos según número de lactancias (primíparas y multíparas) y en los dos momentos según DPP, las concentraciones de BHB se presentaron en sus niveles normales (Duffield, 2004; Ospina *et al.*, 2010; Roberts *et al.*, 2012), incluso por debajo de 6,20 mg/dl, concentración a partir de la cual podría estar ocurriendo un BEN en el rebaño (Weschenfelder *et al.*, 2010). Lo mismo ocurrió con los NEFA, que se observan dentro del rangos de hasta 14 mg/dl, citados como normales (Duffield, 2004; Kaneko *et al.*, 2008). En el caso de la glucosa, los valores entre 50 a 62 mg/dl determinados, no sólo estaría en el rango normal (Kaneko *et al.*, 2008), sino en niveles citados por Radostits *et al.*, (2010) como óptimos de mantener durante la lactancia para estimular la síntesis de lactosa en la ubre (mayores a 50 y hasta 75 mg/dl).

No se detectaron, por lo tanto, signos de excesos de movilización excesiva de reservas ni déficit de glucosa en sangre (Grummer, 1995; Herdt, 2000; Ardavan *et al.*, 2001; Roche *et al.*, 2009; Cozzi *et al.*, 2011), lo cual confirma y complementa lo antes descrito sobre valores y evolución de la CC a lo largo de la lactancia, para todas las vacas y en ambos períodos (Galvis *et al.*, 2005). Al mismo tiempo, permite suponer que si el ambiente nutricional es adecuado, este tipo de vacas lecheras en lactancia pueden satisfacer sus demandas de energía con los nutrientes consumidos, y la movilización de tejidos se minimiza (Grummer 1995; De Vries y Veerkamp, 2000; Brown *et al.*, 2012; Roche *et al.*, 2009).

En lo que se refiere a diferencias, no las hubo para NEFA ni BHB, ya sea tanto para los genotipos, como entre primíparas y multíparas, o entre los dos momentos de muestreo por DPP, resultados que también mencionan algunos trabajos anteriores (Coffey *et al.*, 2004; Patton *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2010; Mendonça *et al.*, 2014).

Por otra parte, en glucemia se hallaron diferencias entre vacas primíparas y multíparas, siendo mayor la concentración en las primeras, quizás vinculado a la menor demanda para síntesis de lactosa que tuvo esta categoría respecto a las multíparas (Mephram, 1993; Kaneko *et al.*, 2008; De Koster y Opsomer, 2013). Para el segundo período de evaluación, no hubo diferencias entre momentos de muestreo según DPP y todo ello siempre dentro de los rangos fisiológicos normales para vacas lactantes.

Finalmente, entre genotipos fue mayor el nivel de glucemia en las vacas triple cruza M en ambos períodos, diferenciándose significativamente de las cruza PS en ambos y de la F1 en el segundo. Estos resultados aportan a los que menciona Campos *et al.* (2007) sobre diferencias halladas para glucosa entre siete razas lecheras especializadas en zonas tropicales, incluyendo de las actuales a H, J y PDO y BHB. Además, ofrece una alternativa distinta a la falta de diferencias mencionada por otros autores que trabajaron comparando vacas H y sus cruza con PDO (Di Michele De Rosa *et al.*, 1977) y entre H y sus cruza con MON (Mendonça *et al.*, 2014).

En relación a los indicadores del metabolismo proteico evaluados, todos están dentro de los rangos fisiológicos normales para vacas en lactancia (Kaneko *et al.*, 2008; Wittwer, 2000), en todos los genotipos, para ambos grupos de lactancia y los dos momentos de muestreo según DPP, con algunas particularidades que se discuten a continuación. Tampoco se detectaron interacciones entre los genotipos y la cantidad de lactancias que cursan las vacas, ni con el momento de muestreo según DPP, los que podrían haberse esperado según algunas citas que mencionan ese tipo de interacciones, particularmente para urea (Kohn *et al.*, 2005; Radostits *et al.*, 2010) y PT (Contreras, 2000; Campos, 2007; Pereira *et al.*, 2010).

Entre grupos de lactancia (Período 2012-13), las concentraciones de PT y globulinas fueron mayores en las primíparas, siendo el valor de PT en las multíparas levemente menor a los de referencia (65,6 vs 67,0 g/l). Por otra parte, el nivel de urea plasmática fue mayor en las multíparas, sin salirse del rango fisiológico esperable, resultado que está en la misma línea de lo que ocurrió con la concentración de MUN, algo mayor en esta categoría, pero sin llegar a ser estadísticamente diferente, confirmando la coherencia de los resultados y acordando con la bibliografía sobre el tema (Baker *et al.*, 1995; Jonker *et al.*, 1998; Kohn *et al.*, 2002).

En relación a los dos momentos de muestreo, realizados sobre vacas de segunda lactancia en el período 2013-14, la única diferencia se detectó en el contenido de urea plasmática, lo cual se relacionaría exclusivamente con variaciones en la alimentación que recibieron las vacas en ambos momentos (Roseler *et al.*, 1993; Baker *et al.*, 1995; Wittwer, 2000), ya que entre los 20 y 40 DPP el rodeo estaba consumiendo verdeos de invierno (avena y raigrás) y, al momento del segundo muestreo, el componente de

forraje en pastoreo era casi exclusivamente pasturas de alfalfa, con mayor aporte de nitrógeno a la dieta (Tabla N° 11a).

Entre genotipos, solo hubo algunas diferencias en las concentraciones de albúminas en ambos períodos de trabajo. Fue mayor el nivel de albumina en las vacas triple cruza M en el primer período (incluso casi 4 g por encima del límite normal de 35 g/l), respecto de las cruza F1, PS y R, y, en la segunda evaluación, PS presentó también una concentración casi 3 g por encima del umbral de referencia, la cual fue mayor a la de G, sin diferenciarse ambos con los demás genotipos. Estas diferencias, sin tendencia clara entre genotipos, podrían deberse a que, si bien la concentración de albúminas refleja el balance proteico de la dieta a largo plazo, se halla en directa relación con la capacidad de síntesis hepática del animal y esto también tiene una importante componente individual (Contreras, 2000; González, 2000; Kaneko *et al.*, 2008; Tothova *et al.*, 2016). Finalmente, llama la atención que en el período dos, las concentraciones de globulina en todos los genotipos se hallan en el límite superior fisiológico o incluso algo por encima de él, lo cual podría indicar alguna respuesta inmunológica en todo el rodeo, especialmente debido al mencionado mayor estrés calórico que sufrieron estos animales respecto al período anterior (Contreras, 2000; O'Connell *et al.*, 2005; Collier *et al.*, 2008; Kaneko *et al.*, 2008; Dunleavy, 2015), aspecto que no pudo ser corroborado ni apareció como evidente en las vacas.



4.4. MINERALES EN SANGRE

4.4.1. Primer período de estudio. Años 2012-2013

En la Tabla N°29 se presentan los resultados del ANOVA para el suero recolectado en el período 2012–2013 de evaluaciones, durante el cual se tomaron en cuenta como criterio de clasificación, además del genotipo, el número de lactancias (primera y dos o más) que cursaba cada animal. Se observa que no existen interacciones genotipo por lactancia para los minerales evaluados, aunque si existen diferencias en algunos elementos entre lactancias y/o entre genotipos.

De los once minerales considerados, seis (Ca, Mg, Fe, Mn, Ni y Zn) no presentan diferencias entre lactancias y, de ellos, cuatro (Ca, Mn, Ni y Zn) tampoco se diferencian entre genotipos. En cuanto a los dos restantes, Mg mostró mayores concentraciones en las vacas F1 con relación a las M, y Fe alcanzó concentraciones mayores en las vacas M respecto a las G y PS, sin diferenciarse ninguna de ellas en ambos minerales con los demás genotipos.

En el caso del P, Se y Co, se hallaron concentraciones mayores en los muestreos de vacas en primera lactancia, sin diferencias entre genotipos para los dos primeros minerales y con mayores valores de Co en las vacas M respecto las R, sin diferenciarse ambas con los otros genotipos.

En Cu y Mo, las concentraciones mayores se observan en los muestreos sobre vacas con dos o más lactancias, siendo además superiores los valores de Cu en las vacas F1 y PS, respecto de los otros tres genotipos. En el caso del Mo, no se presentan diferencias entre genotipos.

En el caso del Cr, un alto porcentaje de las muestras (88%) estaban por debajo del límite de detección del equipo de análisis, por lo cual no se presentan.

Tabla N°29. Análisis de Varianza de las medias de concentración de minerales en suero por lactancia y genotipo. Período de años 2012-13.

Mineral	Gen*Lact p-valor	LACTANCIAS			GENOTIPOS				
		1	2 o más	F1	G	M	PS	R	
Ca (mg/dl)	0,581	9,151	8,862	9,240	8,870	8,990	9,080	8,860	
P (mg/dl)	0,074	5,114b	4,540a	4,910	5,120	4,730	4,650	4,710	
Mg (mg/dl)	0,776	1,946	2,028	2,120b	2,000ab	1,830a	2,020ab	1,960ab	
Co (µg/l)	0,520	0,481b	0,386a	0,422ab	0,446ab	0,480b	0,436ab	0,382a	
Cu (mg/l)	0,994	0,618a	0,716b	0,714b	0,645a	0,610a	0,726b	0,640a	
Fe (mg/l)	0,534	1,968	2,094	2,008ab	1,663a	2,490b	1,880a	2,115ab	
Mn (µg/l)	0,667	5,160	5,165	5,505	5,018	4,553	5,409	5,330	
Mo (µg/l)	0,832	11,25a	21,51b	17,53	15,10	15,26	17,18	16,82	
Ni (µg/l)	0,255	1,987	1,666	1,854	1,649	1,678	1,949	2,004	
Se (µg/l)	0,119	44,43b	39,79a	40,89	43,80	40,34	44,69	40,83	
Zn (mg/l)	0,843	1,052	1,060	1,051	1,073	1,103	0,993	1,060	

Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Gen: genotipo lechero. Lact: número de lactancia de las vacas evaluadas. F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H.

4.4.2. Segundo período de estudio. Años 2013-2014

En la Tabla N°30 se presentan los resultados del análisis estadístico entre medias para los sueros obtenidos en el período 2013–2014 de evaluaciones, en el cual todas las vacas cursaban su segunda lactancia al momento de los muestreos.

Se realizaron dos muestreos consecutivos sobre el mismo animal, según los DPP en que se encontraba cada uno de ellos: Momento 1 (entre 20 y 40 DPP) y Momento 2 (entre 41 y 60 DPP).

Solo se halló interacción entre el momento de muestreo y los genotipos para Zn, indicando que las diferencias entre las concentraciones de este elemento cambiaron entre genotipos, según los días de lactancia en que se encontraban las vacas. Para los demás minerales, las diferencias entre genotipos no cambian entre DPP.

No se observan diferencias entre momento de muestreo ni entre genotipos para siete de los once elementos evaluados, siendo estos: Mg, Co, Cr, Fe, Mo, Ni y Se.

En el caso del Zn, si bien no hay diferencias entre los momentos de muestreo, al existir interacción entre momento y genotipos, se analizaron por separado los genotipos en función del momento, sin hallarse diferencias entre las medias de los cinco genotipos evaluados en cada momento de la lactancia.

Solo Ca y Cu mostraron diferencias entre momentos, con mayores concentraciones en el segundo muestreo. A su vez Ca presentó mayores niveles en las vacas F1 respecto de las M.

P y Mn fueron los otros dos elementos con diferencias entre genotipos, observándose en ambos casos mayores niveles de ellos en las vacas F1 respecto de las R. Para el elemento P, también fue mayor la concentración en vacas del grupo F1 respecto al contenido de este mineral en las M.

Tabla N° 30. Análisis de varianza de las medias de concentración de minerales en suero por genotipo en dos momentos de muestreo según días post parto (DPP) en el mismo animal. Período 2013-14.

Mineral	G*M p-valor	MOMENTO (M)		GENOTIPOS					
		M1	M2	F1	G	M	PS	R	
Ca (mg/dl)	0,223	9,161a	9,595b	9,919b	9,283ab	8,913a	9,704ab	9,071ab	
P (mg/dl)	0,735	4,800	4,776	4,048a	4,747ab	5,453b	4,402ab	5,291b	
Mg (mg/dl)	0,769	2,006	1,920	1,827	1,693	1,798	1,822	1,676	
Co (µg/l)	0,840	0,377	0,393	0,391	0,355	0,436	0,359	0,382	
Cr (µg/l)	0,788	1,136	1,227	1,054	1,274	1,170	1,156	1,251	
Cu (mg/l)	0,141	0,676a	0,731b	0,736	0,712	0,674	0,731	0,665	
Fe (mg/l)	0,151	2,112	2,188	2,077	1,842	2,299	2,308	2,226	
Mn (µg/l)	0,818	5,102	4,640	4,295a	4,127ab	5,516ab	4,671ab	5,747b	
Mo (µg/l)	0,472	9,433	8,886	9,314	8,099	9,622	9,809	9,950	
Ni (µg/l)	0,755	2,454	2,512	2,176	2,210	2,628	2,585	2,815	
Se (µg/l)	0,449	53,720	54,854	57,391	54,132	50,935	55,610	53,370	
Zn (mg/l)	0,041	0,847	0,866	M1	0,759	0,912	0,863	0,825	0,878
				M2	0,847	0,880	1,049	0,721	0,832

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). G.: genotipo lechero. M.: momento de muestreo, M1 (entre 20 y 40 días post-parto) y M2 (entre 41 y 60 días post-parto). F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; M: F1 x Montbéliarde; PS: F1 x Pardo Suizo; R: Retrocruza (PS, G o M) x H.

4.4.3. Discusión sobre minerales en los dos períodos de estudio

4.4.3.1. Macrominerales

Los niveles de Ca y P en suero en los diferentes genotipos estudiados están dentro de los rangos considerados como adecuados (Goff, 2006; Kaneko *et al.*, 2008; Suttle, 2010); mientras que los niveles de Mg están en el límite inferior, sobre todo en el segundo periodo de estudio (Goff, 2006; Kaneko *et al.*, 2008; Suttle, 2010). Esto permite suponer que no hubo predisposición por parte de los rodeos a problemas serios de deficiencias, las cuales además de la enfermedad clínica de hipomagnesemia y/o hipocalcemia (Goff, 2006), pueden dar lugar a otras enfermedades del periparto como cetosis, distocia, prolapso uterino, desplazamiento del abomaso, inmunodepresión, retención de placenta, endometritis y mastitis, como ocurre con las alteraciones metabólicas de energía y proteína (Goff, 2006; Mulligan y Doherty, 2008; Céspedes-Honorato, 2011), causando importantes pérdidas económicas.

En el primer periodo de estudio, en el que se evalúan diferentes lactaciones, observamos mayores niveles de P en las vacas primíparas en relación a las multíparas; mientras que los niveles de Ca y Mg no variaron con las lactaciones, lo cual es una señal adecuada de manejo de la nutrición, ya que está bien establecido que el riesgo de hipocalcemia y de alteración mineral del Ca, P y Mg aumenta con las lactaciones (Goff, 2006; Corbellini y Busso Vanrell, 2008). En el segundo periodo de estudio, en el que se evalúa la variación al postparto, observamos que los niveles de Ca se incrementan significativamente a partir del 41 DPP (9,161 a 9,595 mg/dl), tendencia adecuada con los requerimientos fisiológicos crecientes por mayor producción. Cabe recordar que, a medida que el nivel de producción aumenta, el riesgo de que aparezcan estos desbalances también es mayor, ya que se emplean niveles de alimentación más exigentes y no siempre existe una correlación adecuada entre el nivel de aporte de un nutriente de la dieta con las concentraciones observadas en la sangre, debido a los variados mecanismos regulatorios y, en particular, al complejo proceso de absorción (Corbellini, 1998b; Ciria *et al.*, 2005).

Las alteraciones del Mg están muy ligadas a la dieta, y sobre todo a su relación con el K. Como se marcó anteriormente, los niveles de Mg, sobre todo en el segundo periodo, están en el límite inferior (1,8 mg/dl). Los valores hallados son similares a los citados por Roldán *et al.* (2005) y Luna y Roldan (2013) en la cuenca central santafecina, quienes tampoco observaron manifestaciones clínicas de hipomagnesemia en los rodeos. Esta enfermedad es una de las deficiencias minerales que más afectan la producción de los bovinos lecheros en Argentina (Corbellini, 1998a; Morlacco *et al.*, 2014) y, en la región litoral y nordeste de Argentina, Coppo *et al.* (1999) detectaron niveles bajos de Mg, tanto en el forraje, como a nivel sanguíneo en vacas de cría. Mufarregge (2001) sugiere que las hipomagnesemias detectadas en vacas con cría serían producidas por el alto contenido en K de los suelos, ya que el contenido de Mg en pastos es superior al 0.20% de la MS y parecería ser adecuado en esta región. Para la provincia de Entre Ríos, donde se desarrolla este estudio, los niveles de Mg son

adecuados con 0,28%, siendo, al igual que en la región litoral y nordeste, los niveles de K elevados (1,0%) (Mufarрге, 2002).

En cuanto a las diferencias por genotipos, observamos que en general las vacas F1 tienden a tener mayores niveles de Ca y Mg y menores de P que la M, que fue el de menor calcemia en general, estando el resto de los grupos en una posición intermedia. No existen muchos datos en la literatura acerca de la variación racial de estos elementos. Diversos autores observaron una mayor predisposición en los animales de las razas J y Guernsey a desarrollar hipocalcemia, en relación a vacas H, lo cual se debería a una menor cantidad de receptores a la hormona 1,25 dihidroxivitamina D en aquellas razas (Goff *et al.*, 1995; Amaral, 2014; Sánchez y Saborío-Montero, 2014). En nuestro estudio el genotipo que presenta mayores niveles de Ca en ambos muestreos es el F1, que son vacas cruces de H y J, tendencia similar a la hallada por varios autores que compararon estas cruces con H puras en rodeos de la pradera argentina (Comerón *et al.*, 2002 a y b; Campos *et al.*, 2007; Luna, 2011).

4.4.3.2. Microminerales

En general, las concentraciones de elementos traza están dentro del rango adecuado o fisiológico para el ganado vacuno (Puls, 1994; Suttle, 2010; Herdt y Hoff, 2011) a excepción del Se, con niveles siempre < de 65 µg/l, límite inferior descrito por Herdt y Hoff (2011); si bien, teniendo en cuenta el rango normal de 40-70 µg/L, estaríamos en presencia de rangos marginales de Se (Gerloff, 1992; Corbellini, 1998a). Como se comentó anteriormente para el Mg, en la región litoral y nordeste de Argentina, Coppo *et al.* (1999) detectaron también niveles bajos de Se en muestras de forrajes y de sueros de bovinos de cría. Las deficiencias de minerales en ganado vacuno han sido descritas en varias regiones, incluyendo las praderas de Argentina (Minatel *et al.*, 2004; Salamanca, 2010) y, en general la deficiencia de Se está muy extendida también en otros países americanos y en Europa, tanto en sistemas convencionales donde se suplementan las raciones, como en sistemas a pastoreo y ecológicos (Enjalbert *et al.*, 2006; Guyot *et al.*, 2009; Wagemann *et al.*, 2014; Miranda *et al.*, 2015). Se cree que el cambio en la forma de alimentar a los rebaños puede generar desbalances dónde no los había, esto ocurre en algunas granjas lecheras europeas donde las deficiencias en elementos traza se están incrementando actualmente (Enjalbert *et al.*, 2006; Guyot *et al.*, 2009; Miranda *et al.*, 2015) y probablemente puedan relacionarse con la aparición de monocultivos de gramíneas como el maíz o el raigrás para ensilado, con raciones para el ganado cada vez menos variadas y equilibradas (Rollin y Guyot, 2014).

En el primer periodo de estudio, en el que se evalúan diferentes lactaciones, observamos que los niveles de Cu y Mo son mayores en las vacas con dos o más partos; mientras que los niveles de Co y Se son mayores en las primíparas. Los niveles de Cu también se incrementaron significativamente a partir del 41 DPP (0,676 a 0,732 mg/l), lo cual parece estar relacionado con el metabolismo propio de estos minerales. Así, elementos como el Se y el Co, que presentan un metabolismo de excreción renal (Kirchgessner *et al.*, 1994 y 1997) son minerales que se excretan en la leche (Cook y Green, 2012; Rey-Crespo *et al.*, 2014; López-Alonso *et al.*, 2016), y por eso las primíparas, que presentan menor nivel de producción láctea, podrían mantener

mayores niveles sanguíneos de estos elementos. Por otro lado, el Cu y el Mo, que junto con el S, forman una de las interacciones minerales más importantes de los rumiantes (Suttle, 2010), presentan un metabolismo de acumulación hepática (Cu), y por ello las vacas multíparas pueden regular mejor sus concentraciones y presentar mayores niveles en sangre.

En cuanto a las diferencias por genotipos observamos que la raza M presenta niveles más altos de Co y Fe, las F1 acumulan más Cu y menos Mn y las G menos Fe y Cu. La influencia de la raza en el metabolismo mineral ha sido poco estudiada, excepto en el caso del Cu, en el que se ha avanzado algo a este respecto. Cuando analizamos todos los animales en conjunto observamos que el Cu es el elemento que muestra una de las diferencias más significativas ($F_{4, 414} = 3,544$, $p=0,007$).

Los rumiantes que muestran mayor susceptibilidad a los trastornos relacionados con el Cu y que presentan mayor variación genética son los ovinos. Varias razas de ovejas difieren en el metabolismo del Cu y en los niveles séricos y plasmáticos de Cu (Radostits *et al.*, 2010; Suttle, 2010). En ganado vacuno ciertas razas como la Simmental y la Charolesa tienen mayores requerimientos de Cu que otras como la Aberdeen Angus (Radostits *et al.*, 2010; Suttle, 2010). Se cree que estas diferencias pueden deberse, al igual que en ganado ovino, tanto a diferencias en la absorción de Cu a nivel intestinal, como a nivel del metabolismo hepático y/o a la redistribución tisular del Cu absorbido. La elevada excreción biliar causa una deficiencia de Cu con más frecuencia en Simmental que en otras razas bovinas; así en un estudio realizado por Gooneratne *et al.* (1994) empleando distintos tipos de dietas (con niveles altos y bajos de Cu, con o sin suplementación de Mo y S) se constató que la excreción biliar de la raza Simmental fue al menos dos veces la de la Aberdeen Angus para cualquier tipo de dieta.

Littlelike *et al.* (1995) en un estudio de suplementación con Cu a largo plazo en vacas de carne obtuvieron concentraciones hepáticas más elevadas en Limousin que en otras ocho razas, como la Aberdeen Angus, Hereford, Simmental y Charolesa, y sugirieron que podría ser debido a una mayor absorción de Cu en esta raza, aunque esta diferencia también podría ser explicada por el menor tamaño del hígado y los altos niveles hepáticos de Zn en la raza Limousin.

Du *et al.* (1996) observaron como al recibir la misma ración *ad libitum* rica en Cu el ganado J acumulaba más Cu en hígado que el H, aunque también es cierto que consumían más alimento por unidad de peso metabólico. Se encontraron además diferencias en la actividad de la ceruloplasmina, principal enzima exportadora de Cu hacia los tejidos. Este estudio fue la primera demostración de las diferencias genéticas en la concentración del Cu hepático dentro del vacuno de leche, atribuidas a diferencias en la absorción de Cu dietético, excreción de Cu endógeno y la cantidad de comida ingerida.

Estudios en los que se comparan razas de leche como la H-F y de carne como la Rubia Gallega, observaron que los terneros de raza H-F acumulaban más Cu en hígado y sangre que los de raza Rubia Gallega, siendo la diferencia especialmente notable (61%) cuando se considera la capacidad de almacenamiento total en el hígado. El hecho

de que los cruces de ambas razas mantengan una posición intermedia apunta a que estas diferencias tengan un componente genético importante (Miranda *et al.*, 2006; 2010).

En este estudio solo evaluamos los niveles séricos de minerales, no disponiendo de datos de acumulación hepática. El hecho de que las vacas F1 (cruces de H y J) mantengan niveles superiores de Cu en sangre puede deberse, al igual que en el estudio llevado a cabo por Du *et al.* (1996) en las razas J y H, a un mayor consumo de alimento por parte de estos animales, ya que todas las vacas disponían de alimento *ad libitum*. También podría estar relacionado con el tamaño del hígado (Miranda *et al.*, 2010), o incluso estar relacionado con los niveles de Zn, como señalan Littledike *et al.* (1995) en vacas Limousin. En nuestro estudio los niveles de Zn fueron muy similares en todos los genotipos, no mostrando diferencias estadísticamente significativas entre ellos (todos los animales: $F_{4, 414} = 1,603$, $p = 0,173$).

Además del Cu, observamos también diferencias raciales en los niveles de Co, Fe y Mn. Como señalábamos anteriormente, existen pocos datos en la literatura acerca de la variación sanguínea de minerales en diferentes genotipos de vacuno. En un estudio muy reciente (Pereira *et al.*, 2017) en el que se comparan razas de leche como la H y de carne como la Rubia Gallega se observaron, al igual que en nuestro estudio, variaciones significativas para el Mn, no observándose diferencias en los niveles sanguíneos de Co y Fe.



4.5. SUPERVIVENCIA DE DIFERENTES GENOTIPOS EN LACTANCIAS PREVIAS

4.5.1. Supervivencia hasta fin de lactancia y oportunidad relativa de cumplirla

En la Gráfico N°4 se muestran las curvas de supervivencia (Kaplan y Meier, 1958) para el evento finalización de la primera lactancia para cada genotipo. Se observa una probabilidad del 50% de que los individuos pertenecientes a los cuatro genotipos alcanzan el fin de su primera lactancia antes de los 1100 días de edad. Existe una probabilidad del 90% de que las vacas PS terminen su primera lactancia antes de los 1200 días de vida, en tanto los G, F1 y H requieren 150 días más para tener igual chance culminar sus primeras lactancias y llegan a ese momento con al menos 1350 días de edad. Las diferencias entre las funciones de supervivencia para los distintos genotipos son estadísticamente significativas ($p \leq 0,001$).

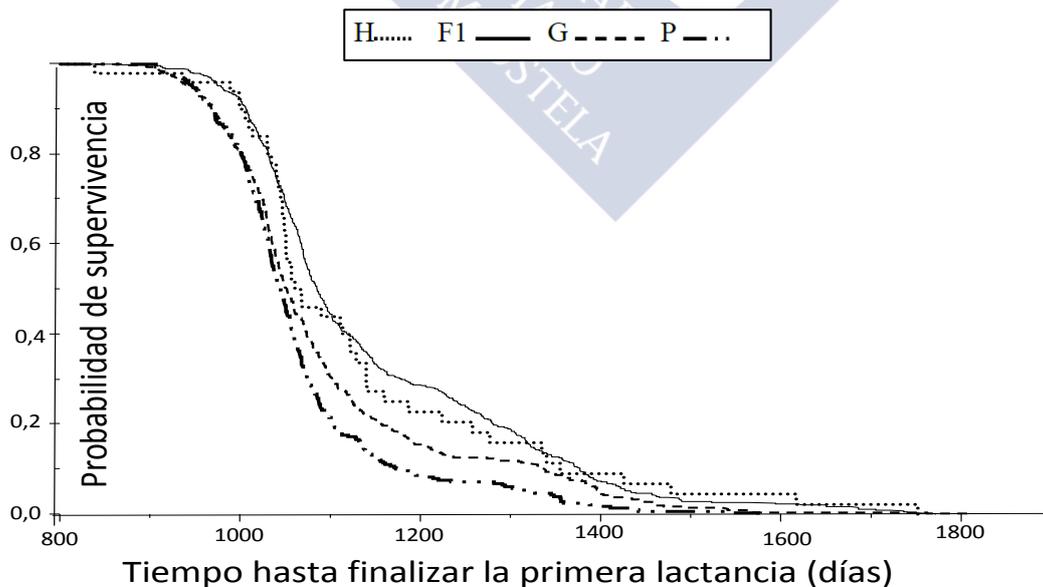


Gráfico N° 4. Análisis de Supervivencia hasta la Finalización de la Primera lactancia.
H: Holstein Americano, F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; P: F1 x Pardo Suizo.

Al analizar las curvas de supervivencia para la segunda lactancia (Gráfico N°5), se observa que las vacas H requieren al menos 1700 días de vida para llegar a un 50% de probabilidad de fin de lactancia, en tanto que los otros 3 genotipos lo hacen con alrededor de 1450 a 1500 días. Para cualquier tiempo considerado, hay una menor probabilidad de que las vacas H terminen su segunda lactancia con relación al resto de los genotipos. Las vacas G y PS siguen siendo los genotipos con pendientes más importantes en sus curvas de supervivencia, por lo cual concentran sus segundas lactancias entre los 1300 y 1900 días, intervalo mucho menor al de las H (situado entre 1350 y 2450 días de vida). En tanto las F1 terminan sus 2das lactancias en edades con dispersión intermedia, entre los 1300 y 2300 días de vida. Estas diferencias son estadísticamente significativas ($p \leq 0,001$) entre los genotipos en cuanto a la función de supervivencia del tiempo hasta finalizar la segunda lactancia.

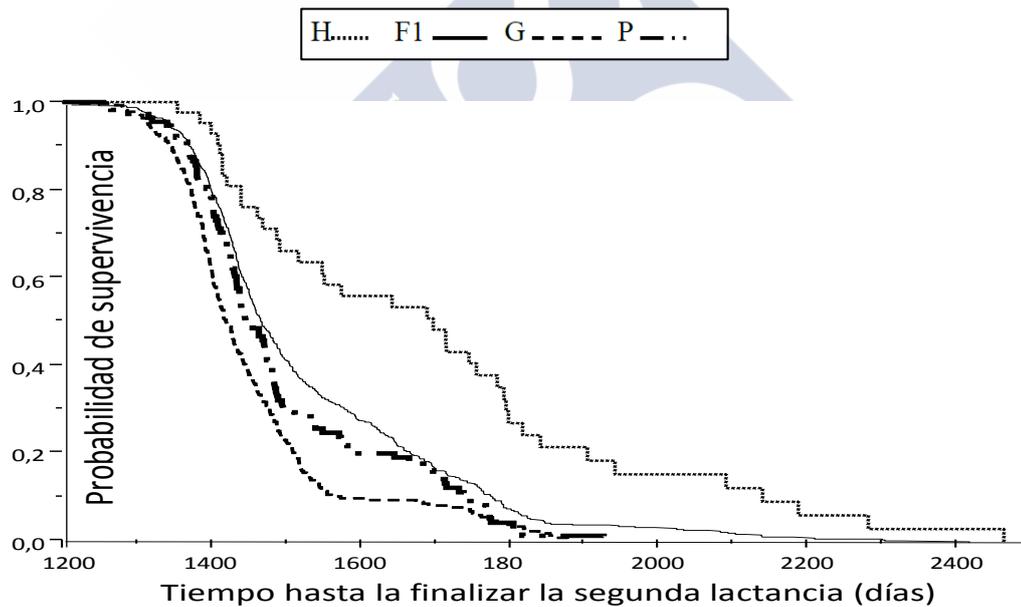


Gráfico N°5. Análisis de Supervivencia hasta la Finalización de la Segunda lactancia.
H: Holstein Americano, F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; P: F1 x Pardo Suizo.

En el Gráfico N°6 se muestran las curvas de supervivencia para el evento finalización de la tercera lactancia para cada genotipo, en las cuales se observa que las vacas H tienen una probabilidad mayor de terminar la tercera lactancia a una mayor edad, cualquiera sea el momento en que se las compare con los demás genotipos.

Las vacas G y PS se comportan de manera similar entre sí y son las que menos probabilidad tienen de finalizar la tercera lactancia a edades por encima de los 2200 días. Se destaca la alta pendiente de las curvas de G y P, lo cual muestra la concentración en las edades de 3er parto entre los 1700 y 2200 días (90% de probabilidad), frente a la dispersión y mayor edad de la H (90% entre 1800 a 2600 días). Las F1 se comportan en forma intermedia, aunque más cercanas a las triple cruza. Las diferencias en cuanto al tiempo de finalización de la tercera lactancia son significativas ($p \leq 0,001$) entre todos los genotipos.



Gráfico N° 6. Análisis de Supervivencia hasta la Finalización de la Tercera lactancia.
H: Holstein Americano, F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; P: F1 x Pardo Suizo.

Las curvas de supervivencia para el evento finalización de la cuarta lactancia (Gráfico N°7), presentan nuevamente diferencias importantes en su forma y pendiente, especialmente entre los genotipos G y H, siendo las PS y F1 una función intermedia pero más similar a las vacas triple cruza G. Con una probabilidad del 80%, las vacas G culminan su 4ta lactancia, entre los 2100 y 2300 días de vida, en tanto que para alcanzar ese 80% el período de las H se atrasa y extiende entre los 2400 y 3000 días.

Las vacas H llegan con un 50% de probabilidad al final de la 4ta lactancia con al menos 2600 días de edad, mientras que los genotipos G y PS lo hacen con menos de 2250 días de edad y las vacas F1 con al menos 2400 días. Todas las diferencias son estadísticamente significativas ($p \leq 0,001$) entre los genotipos en cuanto al tiempo del parto hasta la finalización de la cuarta lactancia.

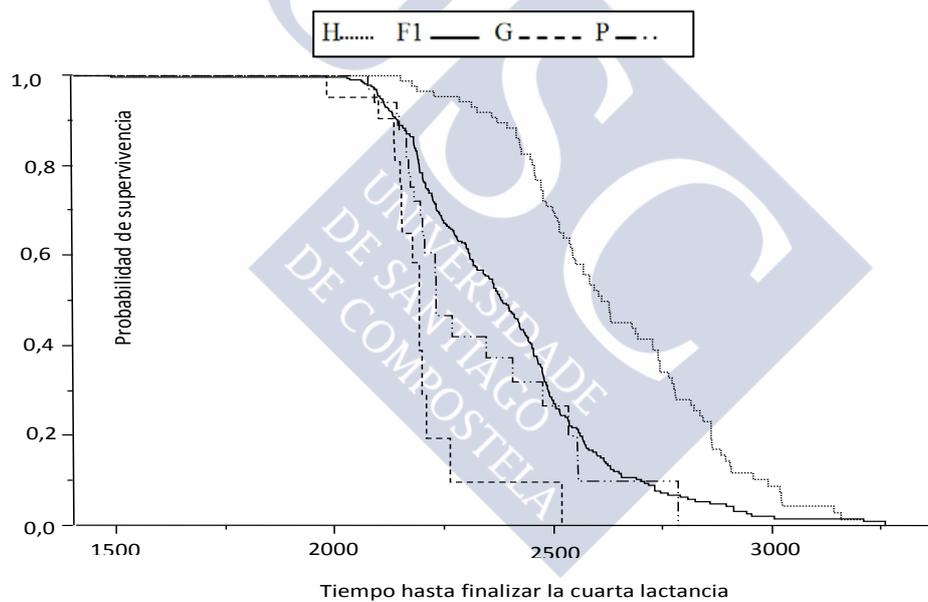


Gráfico N°7. Análisis de Supervivencia hasta la Finalización de la Cuarta lactancia.
H: Holstein Americano, F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; PS: F1 x Pardo Suizo.

4.5.2. Análisis de oportunidades relativas para los cuatro genotipos

Se probaron todos los genotipos considerados entre sí para las Razones de Odds o de Oportunidades (Odds Ratio –OR–): “2da lactancia vs 1ra lactancia, finalizando la lactancia a los 1.100 días”; “3ra lactancia vs 2da lactancia, finalizando la lactancia a los 1.400 días” y “4ta lactancia vs 3ra lactancia, finalizando la lactancia a los 1.800 días de vida”. Se hallaron diferencias solamente para H contra los demás genotipos, las cuales se presentan en la Tabla N°31.

Los resultados muestran las mayores chances de alcanzar la segunda, tercera y cuarta lactancia para las vacas de los genotipos F1, G y PS respecto a las de raza H. Los resultados del modelo “segunda lactancia vs primera lactancia”, fijando la edad en 1.100 días, muestran que las vacas de los genotipos F1, G y PS las chances de alcanzar la segunda lactancia son 2,07; 2,14 y 4,6 veces mayor, respectivamente, que para las H.

Tabla N° 31: Algunas Razones de Odds del Modelo de Regresión Logística Multinomial Propuesto.

Modelo	Raza	Edad (días)	OR estimada
2da lactancia vs 1ra lactancia	F1 vs H	1100	2.07*
	G vs H		2.14*
	PS vs H		4.6*
3ra lactancia vs 2da lactancia	F1 vs H	1400	1.36*
	G vs H		1.51*
	PS vs H		2.42*
4ta lactancia vs 3ra lactancia	F1 vs H	1800	4.13*
	G vs H		3.29*
	PS vs H		3.65*

* Diferencias significativas $p \leq 0,001$. H: Holstein Americano, F1: Holstein Americano x Jersey Americano; G: F1 x Guernsey; PS: F1 x Pardo Suizo.

En el caso del modelo “tercera lactancia vs segunda lactancia”, fijando la edad en 1400 días las chances de alcanzar la tercera lactancia para las vacas F1, G y PS son 1,36; 1,51 y 2,42 veces mayor que la chance para las de raza H, respectivamente. Finalmente, el modelo “cuarta lactancia vs tercera lactancia”, fijando la edad en 1800 días, muestra que las chances de llegar a esa cuarta lactancia son 4,13; 3,29 y 3,65 veces mayor para las vacas F1, las G y las PS, que para las H, respectivamente.

4.5.3. Discusión sobre supervivencia y oportunidades relativas de culminar las lactancias

Dentro del sistema considerado y para el período evaluado, las vacas de los cuatro genotipos se comportaron diferente en cuanto a la edad en que finalizan sus lactancias, lo cual brinda la oportunidad de seleccionar aquellos con mejor performance para este rasgo (Rauw, 1998; Knaus, 2009; Carstensen, 2013). Puede observarse que las vacas H son las que mayor probabilidad tienen de culminar cada lactancia a mayor edad y con mayor dispersión en el tiempo, especialmente con respecto a las vacas PS y G, lo cual implicaría que tendrían menor cantidad de partos (y lactancias) en igual período de vida.

Durante la primera lactancia, si bien se dan diferencias entre genotipos en las edades en que la culminan, las formas y pendientes de las curvas no son tan dispares entre ellos como en las tres lactancias siguientes. A partir de la segunda lactancia las vacas H se diferencian de los otros genotipos, con una marcada dispersión entre individuos donde solo la mitad de las vacas la terminan a los 57 meses. Esto implica que, si esos animales poseen una probabilidad del 50% de terminar su primera lactancia a los 37 meses y dos meses después tienen su segundo parto, estuvieron lactando en promedio 18 meses hasta su segundo secado. Por su parte las vacas cruzas, con igual probabilidad de culminar su primera lactancia a los 37 meses, terminan con esa misma chance (50%) su segunda lactancia, pero antes de los 50 meses, con lo cual la longitud media de dicha lactancia en estos genotipos llegaría a 11 meses, 7 meses menos que la de las H. Resultados similares encontró Touchberry (1992), al estudiar la supervivencia de vacas cruzas Guernsey x H y de vacas puras Guernsey y H durante un período de 20 años, ya que el 88% de las vaquillonas cruzas sobrevivieron al primer parto, contra el 83% de las H puras, en tanto el 85% de las cruzas parieron dos veces, frente a sólo el 77% de las H puras. Resultados diferentes hallaron Vesely *et al.* (1986), al no encontrar diferencias entre vacas mestizas Ayrshire x H y vacas H puras para el descarte de la primera a la segunda lactancia, aunque, en el mismo experimento, Hocking *et al.* (1988) utilizó el análisis de supervivencia, encontrando que las vacas mestizas Ayrshire x H tenían una mayor vida productiva que las vacas puras H.

La tendencia a lactancias de mayor longitud en la raza pura se mantiene, aunque menos marcada, en la duración estimada de la tercera lactancia, donde se llega a 14,5 meses para las vacas H y a 11,5 meses en los otros tres genotipos. Esto es consistente con resultados hallados en sistemas de producción bajo pastoreo que compararon largo de lactancias de vacas puras H con el de cruzas de esta raza con Danesa Roja, SRB, J, PDO y/o MON (García-Peniche *et al.*, 2006; Van Raden *et al.*, 2007; Petraškiene *et al.*, 2013; Hazel *et al.*, 2014). Otra característica a destacar en las segundas y terceras lactancias evaluadas, es la alta pendiente de las curvas de G y P, lo cual muestra la concentración en las edades de los partos sucesivos, frente a la dispersión y mayor edad a la cual terminan sus lactancias las vacas H. Por su parte, las vacas F1 se comportan en forma intermedia, con pendientes más cercanas a las de las vacas triple cruza.

En cuanto a la cuarta y última lactancia evaluada, las vacas de los genotipos G y PS tienen una probabilidad del 50% de terminarla con 75 meses de edad, lo cual implica que la misma duró alrededor de 10 meses, mientras que para igual chance las vacas H la

terminan a los 87 meses, con 12 meses de duración total. Las F1 mostraron una función intermedia en edad de finalización de esa lactancia (80 meses), pero ella se prolongó por casi 15 meses, la más larga de todos los genotipos.

Al poder fijar la edad media de finalización de la primera lactancia del rodeo en 37 meses (1.100 días) para los posteriores análisis, queda en evidencia que el manejo de la recría y los aspectos reproductivos de las vacas de primer parto es adecuado. Ocurre algo similar con los parámetros utilizados para definir la edad promedio de final para la segunda y tercera lactancia (47 y 60 meses respectivamente), que resaltan el buen comportamiento reproductivo general del rodeo en general. No obstante, es para destacar las menores posibilidades de culminar sus lactancias a esas edades que poseen las vacas del genotipo H con respecto a cualquiera de las vacas cruza, lo que refuerza el análisis realizado en párrafos anteriores sobre duración de las lactancias y está en línea con lo hallado por García-Peniche *et al.* (2006) cuando compararon vacas H vs PDO y J en siete regiones lecheras de Estados Unidos, ya que estas últimas dos razas tuvieron mayor probabilidad de llegar a la 5ta lactancia, característica que podría ser transmitida a las vacas cruzadas con ellas.

Estos resultados avalarían las tendencias observadas por varios investigadores argentinos (Marini y Oyarzabal, 2002; Molinuevo, 2005; Musi, 2008; Casanova *et al.*, 2011), sobre el deterioro de aspectos reproductivos y en la longevidad de las vacas H es este país, además de dar sustento a los comentarios de productores de la cuenca lechera de la provincia de Entre Ríos (Argentina), que observan mejores indicadores reproductivos en sus rodeos cuando utilizan cruzamientos en sus rodeos de base H.



4.6. IMPLICANCIAS DE INCORPORAR GENOTIPOS CRUZAS EN SISTEMAS LECHEROS PASTORILES DE ARGENTINA

4.6.1. Discusión sobre los resultados obtenidos y sus implicancias en los sistemas de producción pastoriles

El sistema analizado, en general, es similar al de las granjas lecheras presentes en las principales cuencas lecheras de Argentina, con vacas que pastorean todo el año durante gran parte del día, al tiempo que son suplementadas con forrajes conservados (henos y silajes) y alimentos concentrados (granos, subproductos agroindustriales y sales vitamínico-minerales). Los niveles y formas de dichas suplementaciones son variadas y, generalmente, están muy vinculadas a la relación de precios entre la leche vendida y los granos y subproductos comprados (Centeno, 2015; Gastaldi *et al.*, 2015). En el caso particular de la comarca lechera de Entre Ríos, estos sistemas productivos están expuestos a condiciones climáticas algo más cálidas y cambiantes que en la pradera pampeana típica y poseen suelos arcillosos, difíciles de transitar, tanto por vacas como por vehículos de trabajo, por varios días luego de las lluvias (particularmente intensas en otoño y primavera). Además, estos suelos se caracterizan por presentar extremos de humedad (entre fangoso a muy seco) en breve tiempo durante verano y por ser naturalmente deficitarios de P (Plan Mapa de Suelos, 2001), lo cual implica un costo adicional importante de fertilización, para lograr el adecuado desarrollo de cultivos y pasturas.

De igual manera, la alimentación del rodeo lechero en el estudio realizado es similar al promedio regional, aunque al compararla con la dieta promedio relevada en la encuesta 2012-13 de Gastaldi *et al.* (2015), se observa que aquí se ofreció un mayor aporte de forrajes en pastoreo directo (47% vs 44%) de la MS total, menos concentrados (25% vs 31%) y algo más de henos y silajes (30 vs 25%). Con esta composición de dieta, que puede considerarse menos intensiva y onerosa que la tradicional de la encuesta, las vacas cruzas evaluadas, como promedio de los dos períodos y de todos los animales, ofrecieron una producción individual de 24,5 litros diarios, sustancialmente superior a los 19,2 l/vaca/día que lograron las granjas encuestadas por Gastaldi *et al.* (2015), en similar período. Es de destacar que, en los rodeos de dicha encuesta, la raza predominante fue H, que en el 77% de los casos era la única raza y, en el 23% restante, las cruzas solo representaban el 18% sobre el rodeo total. Esto es una pequeña muestra de que, la supuesta superioridad racial a favor de la H, puede no ser tal en sistemas pastoriles con limitaciones de manejo y suplementación, constituyéndose las cruzas en una opción más que interesante para estas comarcas lecheras. Además, todos los indicadores reproductivos de los genotipos evaluados mostraron valores de aceptables a muy buenos, y siempre mejores a los mencionados para la región (Marini y Oyarzabal,

2002; Molinuevo, 2005; Musi, 2008; Casanova *et al.*, 2011). Especialmente, se destacan la precocidad para llegar al primer parto (EPP) (Snyder, M. 2006; Andreo *et al.*, 2007) y el corto IPC, los cuales disminuyen en forma importante los tiempos “improductivos” de las vacas dentro del sistema (Harris y Kolver, 2001; Marini y Oyarzabal, 2002; Washburn *et al.*, 2002; Lucy, 2003; Vera *et al.*, 2009).

Las consideraciones antes desarrolladas, sobre niveles de producción y comportamiento reproductivo, se vinculan con características propias de los genotipos evaluados, que respondieron muy bien al manejo nutricional ofrecido, manteniendo todos una CC promedio entre 3,0 y 3,5 puntos, durante toda la lactancia. Tampoco, al analizar los parámetros metabólicos en sangre, mostraron algún valor fuera de los considerados normales en cuanto a movilización de reservas, aspecto que confirma que las vacas evaluadas pudieron cubrir adecuadamente sus requerimientos, sin sufrir un BEN importante (Grummer, 1995; De Vries y Veerkamp, 2000; Roche *et al.*, 2009; Ospina *et al.*, 2010; Weschenfelder *et al.*, 2010; Corbellini, 2012; Roberts *et al.*, 2012). No se observaron desbalances o niveles fuera de los considerados normales, en los indicadores sanguíneos vinculados al metabolismo proteico, sin bien puede observarse, en forma similar para todos los genotipos, un leve aumento en las globulinas durante el período 2, posiblemente relacionado a un mayor estrés térmico en ese momento (Contreras, 2000; O'Connell *et al.*, 2005; Collier *et al.*, 2008; Kaneko *et al.*, 2008; Dunleavy, 2015). Finalmente, los niveles de minerales en sangre, salvo una leve deficiencia en Mg y otra un poco más importante en Se, se mantuvieron dentro de rangos fisiológicamente normales para vacas en lactancia. En relación al bajo nivel de Mg, no se observó ningún síntoma de deficiencia o incremento en alguna patología que pudiese relacionarse con ello. Pero, por otro lado, los niveles marginales de Se, junto con posibles falencias en el aporte de fibra efectiva en la ración, pudieron haber influido en la baja relación GB:PT en leche, que mostraron todos los genotipos en ambos períodos (Gerloff, 1992; Corbellini, 1998a; NRC, 2001; Gallardo y Valtorta, 2007).

Al hallarse solo algunas diferencias aisladas, y sin tendencia definida en producción de leche y/o SU entre los genotipos evaluados, se puede afirmar que cualquiera de los cruzamientos responde en forma similar dentro del actual sistema productivo. No obstante, al observar en forma integral el comportamiento productivo y reproductivo de los genotipos y algunas pequeñas diferencias entre ellos, el F1 aparece con menores producciones de leche y SU, especialmente comparado con el R, siendo también aquel el cruce que más cae en producción entre los períodos 1 y 2 de evaluaciones, sugiriendo quizás una menor adaptación al ambiente climático desfavorable de ese segundo momento. Por otra parte, el F1 es un cruzamiento no sostenible, ya que sobre el mismo se debe incorporar, o bien nuevamente una de las razas parentales, con lo cual cambiaría el componente de “media sangre” a “tres cuartas sangres” de la raza elegida, o bien una tercera raza. Esta última opción, según los resultados presentados, sería la más recomendable para sistemas como el evaluado, ante lo cual lo importante sería seleccionar adecuadamente esa tercera raza, con la cual continuar el cruzamiento rotacional. En este sentido, los investigadores que recomiendan implementar el esquema de cruzamiento entre tres razas, para mantener la mayor heterosis posible, sugieren elegir aquellas que son complementarias en los rasgos buscados, cuyas asociaciones de criadores tengan programas eficaces de mejoramiento genético y, dentro de éstos,

utilizar los mejores toros disponibles (Pryce *et al.*, 2001; Hansen y Heins, 2006; Owens, 2010; Hazel *et al.*, 2014; Heins *et al.*, 2014).

Tal como se comprobó en este trabajo, este tipo de vaca cruza puede ser recomendable en climas templados donde las condiciones agroecológicas y/o económicas son difíciles y/o inestables, siendo una de las razones por la que el cruzamiento es común en Nueva Zelanda y Australia, en sistemas de bajo costo con animales en pastoreo continuo (López-Villalobos *et al.*, 2000b; Pryce *et al.*, 2001), y se la está recomendando para los esquemas tradicionales de Uruguay (Laborde *et al.*, 2014) y en los pastoriles y/u orgánicos de Europa (Pryce *et al.*, 2001; Roderick, 2008; Prendiville *et al.*, 2009) y Canadá (Rozzi *et al.*, 2007).

Una de las características que se destacan en los animales cruza, para adaptarse a sistemas lecheros a pastoreo, es su menor peso, lo cual también surge en las vacas evaluadas en el presente trabajo, ya que sus PV son alrededor de un 10% más bajo al de los rodeos de la comarca (Molinuevo, 2005; Krall, 2010; Marini *et al.*, 2011). Este menor PV, se relaciona especialmente con ventajas en cuanto a menores requerimientos de mantenimiento y mayor partición de la energía consumida hacia producción (Schwager-Suter *et al.*, 2001; Prendiville *et al.*, 2009; Olson *et al.*, 2010), además de mejores parámetros reproductivos (Ahlborn y Dempfle, 1992; Laborde *et al.*, 1998; Hansen *et al.*, 1999; Lucy, 2001; López-Villalobos *et al.*, 2002a). Además, en relación con las pasturas sobre la cual caminan, este tipo de animal, además de tener mayor capacidad de caminata y forrajeo, ocasiona un menor daño a las plantas, gracias a su menor peso, permitiendo una mayor duración de las praderas (Ahlborn y Dempfle, 1992; López-Villalobos *et al.*, 2002a; Macdonald *et al.*, 2008).

Si estos conceptos, vinculados a la elección de un tipo de animal, se aplican a nivel de los sistemas pastoriles, una “buena vaca” podría considerarse aquella que produzca mayores cantidades de SU en forma más eficiente y sostenible, a partir de más menores cantidades de insumos financieros y físicos (incluyendo alimentos y gastos en personal, sanidad y reproducción), con habilidad para caminar y pastorear y con aptitud para ser ordeñada con un mínimo de trabajo, características todas ellas asociadas con costos más bajos (Nauta *et al.*, 2006; Kolver *et al.*, 2002; Roderick, 2008). Si a esto se le agrega la disminución de los problemas de adaptación y la mayor eficiencia reproductiva de sus rebaños (Veerkamp *et al.*, 2003; Chagas *et al.*, 2007; Knaus, 2009; McArt *et al.*, 2013), este tipo de animales posibilitarían el crecimiento genuino de los rodeos lecheros, con más reposición que descarte de vacas, aspecto esencial para la sustentabilidad de las granjas lecheras.

Al introducir estos animales, en los sistemas a pastoreo con suplementación de Argentina, donde existe gran disponibilidad de granos y subproductos agroindustriales, puede ocurrir que, en momentos de muy buenas relaciones de precios concentrados/leche, se intente llevar a altas producciones individuales a las vacas cruza, mediante incrementos importantes en la suplementación. Esto puede ser contraproducente para estos animales, especialmente si es sostenido por gran parte de la lactancia, ya que tiende a generar problemas en sus ubres y/o en sus indicadores reproductivos, deteriorando las ventajas que presentarían las cruza en ambientes con limitaciones (Mancuso *et al.*, 2011). La recomendación, ante buenas relaciones de precios, debería ser el incremento en la carga animal, que posee mayor impacto sobre el

sistema que el aumento en la producción individual, y no compromete la salud ni fertilidad de la vaca, logrando incrementar la producción por unidad de superficie, sin modificar el nivel de alimentación del sistema y mejorando la rentabilidad en la granja lechera. (Ahlborn y Bryant, 1992; Litwin *et al.*, 2009; Mella Fuentes *et al.*, 2009 a y b; Baudracco *et al.*, 2011). Por otra parte, si se monta un sistema intensivo de producción, basado en altas producciones individuales y altas suplementaciones, el mismo será muy sensible a variaciones en las relaciones de precios y a problemas climáticos que puedan afectar la productividad de las pasturas y los cultivos destinados a forrajes conservados, obligando a la compra de forrajes voluminosos y/o mayores niveles de suplementación de concentrados para lograr cubrir los requerimientos del rodeo (Litwin *et al.*, 2013; Centeno, 2015).

Respecto a las posibles repercusiones económicas de introducir estos animales cruza en sistemas de la región, teniendo en cuenta que, en relación a los rodeos promedio de la comarca lechera entrerriana, los genotipos evaluados poseen menor peso (10% menos) (Molinuevo, 2006; Marini *et al.*, 2011) y mejor conformación individual (28% más de litros por vaca) (Gastaldi *et al.*, 2015). A esto se debe agregar la posible variación en los precios por litro de leche que recibe actualmente una granja típica de la región, producto de los distintos contenidos y proporciones de SU que tienen las vacas: 3,51 vs 3,45% de GB y 3,29 vs 3,42% de PT, respectivamente para las vacas promedio de la comarca y las cruza evaluadas. También debe considerarse en el precio recibido la calidad sanitaria (CCS), ya que la misma es bonificable (Minagro, 2017), donde los rodeos de la cuenca poseen 593.000 células/ml vs 248.000 células/ml halladas como promedio general en el presente trabajo. En la Tabla N°32 se presentan los resultados de los precios recibidos, tanto por la leche entregada por una granja lechera modal de la comarca entrerriana, como los que recibiría la misma granja si tuviese los genotipos que fueron evaluados.

Se aclara que los precios de GB y PT son promedios pagados por industrias lácteas en la cuenca entrerriana al mes de enero de 2017, transformado por el valor promedio del dólar, informado para el mismo mes por el Banco de la Nación Argentina. El precio final de la leche no incluye los demás adicionales y/o bonificaciones que puedan hacer las empresas lácteas a los productores, sino que es un precio parcial, que involucra solamente aquellas variables de composición y calidad sanitaria evaluadas en el actual trabajo.

Puede observarse que, de producirse el cambio por los genotipos evaluados, la granja tendría una mejora del 12% en el precio recibido por litro de leche, la cual, al incorporarse la diferencia en producción (28%), llega a un 43% de incremento en los ingresos brutos por vaca. Vale la pena recordar que la simulación supone la misma carga animal en cabezas por superficie (a pesar de ser las cruza un 10% más livianas), el mismo manejo y la misma alimentación en ambos casos, por lo cual no se consideran variaciones en costos de ración o sanidad por vaca. No obstante, si los hubiese, los antecedentes citados suponen que serían nuevamente a favor de las cruza, especialmente por menor incidencia de enfermedades y mayor eficiencia reproductiva (López-Villalobos *et al.*, 2002a; López-Villalobos *et al.*, 2007; Litwin *et al.*, 2013).

Se destaca el impacto que tiene el esquema de pago, implementado por la industria láctea de cada cuenca, sobre los resultados económicos de cada granja lechera y dónde

los SU en la leche son cada vez más importantes. De allí lo trascendente de que esas estrategias comerciales sean planteadas en conjunto productor–industria, con el objetivo de lograr derivados lácteos adecuados a las necesidades futuras del mercado y, a partir de allí, definir qué selección y/o cruzamiento de razas es la más conveniente (López-Villalobos, 2000b; Krall, 2010).

Tabla N° 32. Resultados físicos y económicos vinculados a la producción y calidad composicional de la leche para una granja lechera modal y para el promedio de las cruzas evaluadas

	Granja	
	Modal	Cruzas
Indicadores Físicos		
Producción diaria (l/vaca)	19,2	24,5
GB (g/litro)	35,1	34,5
PT (g/litro)	32,9	34,2
CCS (miles células/ml)	593	268
Indicadores Económicos		
u\$s kg GB	1,64	1,64
u\$s kg PT	3,16	3,16
Bonificación por CCS (%)	10	15
Resultados económicos		
Precio del litro de leche (u\$s)	0,162	0,181
Ingreso Bruto por vaca (u\$s)	3,11	4,44

GB: grasa butirosa, PT: proteína total, CCS: conteo de célula somáticas, u\$s: dólar estadounidense.

En general, se coincide que gran parte de la investigación sobre cruzamientos lecheros aún está en etapa de elaboración y primeras conclusiones, pero la misma se está posicionando como una opción viable para mejorar la producción total, la eficiencia reproductiva y la rentabilidad de las granjas lecheras (Owens, 2010). No obstante, la superioridad del H en los rasgos de producción individual y los preconceptos que la misma impone a los productores, hace que la decisión a favor del mestizaje no sea una opción fácil para el granjero y, por ello, luego de definir el sistema de producción lechero más adecuado para una dada región agroecológica, considerando clima, infraestructura disponible, regímenes nutricionales, protocolos reproductivos, manejo de insumos y comercialización de la leche, la elección de continuar con razas puras o ingresar en cruzamientos, debería ser una de las decisiones mejor estudiadas en cada granja lechera (López-Villalobos *et al.*, 2000b; Laborde, 2004; Heins *et al.*, 2008a; Heins *et al.*, 2011).

4.6.2. Breves reflexiones sobre el trabajo realizado y los sistemas lecheros argentinos

¡Los hombres son algunas veces dueños de sus destinos! La culpa, querido Bruto, no es de nuestros astros, sino de nosotros mismos...

William Shakespeare, en "Julio César"

Al diseñar este trabajo, surgido a partir de la demanda de los mismos productores tamberos y sus profesionales asesores en la comarca lechera de Entre Ríos, se pretendió recuperar la idea del llamado "Pensamiento Sistémico" (Lugo y Morris, 1981; Saravia, 1983), visión según la cual las propiedades esenciales de un organismo o sistema viviente se conforman en el todo, que ninguna de las partes individualmente posee, sino que emergen de las interacciones y relaciones entre las partes. Por lo mismo, estas propiedades son destruidas cuando el sistema es diseccionado en elementos aislados, ya que sólo se pueden comprender desde la organización del conjunto. El pensamiento sistémico no se concentra en los componentes básicos, sino en los principios esenciales de la organización.

En este contexto, existe una enorme necesidad en el ámbito científico-técnico de retomar la senda de una visión integral, multidisciplinar y agregada en la investigación aplicada, saliendo de la estricta especialidad, que permita valorar la mayor cantidad de factores posibles y transmitir de manera consistente y sustentable los conocimientos y experiencias a los profesionales asesores y productores, quienes deberán aplicarlas. A partir de este concepto, se trata de discutir y repensar las implicancias de tomar alternativas diferentes a lo que el paradigma lechero actual tiene como regla universal. En particular, se propone debatir e integrar los resultados y sus posibles consecuencias en la empresa, el ambiente y la sociedad, buscando generar nuevas ideas y horizontes en las líneas de investigación, creando una cultura que estimule la discusión amplia de las nuevas tecnologías, antes de proponer que sean aplicadas o descartadas.

La sociedad moderna y globalizada en su conjunto, tiende a buscar "modelos" y evitar las diferencias, que hacen a la riqueza natural de quienes somos y dónde vivimos y nos desarrollamos, y el sector agropecuario no es indiferente a esa tendencia: cuanto más se parecen los sistemas productivos dentro de cada rubro, mejor. Este mecanismo también está presente en el área de la producción lechera, donde la inmensa mayoría de los actores involucrados, sin importar limitantes y potencialidades del sistema, eligen y estimulan la adopción de una misma raza lechera. Este paradigma, que domina el esquema de producción lechera en Argentina desde la década del '90 y hasta la actualidad, promueve las altas producciones individuales por vaca y la consecuente inclusión de genética apropiada para lograrla, tomado esto como un dogma por muchos de quienes toman decisiones en el sector productivo y de investigación en lechería del país. Así, se perdió la identidad del rodeo Holando Argentino tradicional, rústico y adaptado a los sistemas pastoriles locales, mediante una fuerte absorción por parte de la raza H proveniente de Estados Unidos de América del Norte y de Canadá (Laborde,

2004), del cual no se duda su capacidad de producción de leche, pero sobre el que no está tan clara su adaptación a las características de los sistemas a pastoreo difundidos en la pradera pampeana y, menos aún, en las cuencas lecheras con mayores limitaciones agroecológicas y/o climáticas (Molinuevo, 2005).

La diversidad de condiciones ambientales, características de la infraestructura de apoyo y del sistema de comercialización de los productos lácteos en Argentina, junto con la cultura propia de las distintas poblaciones rurales, han llevado al desarrollo de diferentes estrategias de producción lechera, que normalmente combinan distintos ambientes y recursos alimenticios, con diversos manejos de los rodeos y rutinas de trabajo, pero que se homogenizan al momento de seleccionar el tipo de vaca que será el centro de todo el sistema. Se plantea entonces el interrogante de si esta última decisión es la correcta, generalizando la base genética de las granjas lecheras en todos los agroecosistemas pampeanos, a pesar de su variabilidad en aspectos de nutrición, manejo de las rutinas de producción y en el gerenciamiento de las mismas como empresas. El gran inconveniente es que, cuando se quiere encarar la discusión de este planteo, queda al descubierto la enorme falta de información regional y la ausencia de trabajos de investigación que puedan darle sustento, enriquecerla y orientarla.

El presente estudio intenta aportar en esa última dirección, generando información regional, en plena cuenca lechera entrerriana y dentro de un sistema comercial de producción. Al mismo tiempo, no tiene antecedentes en Argentina, por cuanto integra, en forma comparativa, respuestas productivas e indicadores reproductivos y metabólicos de cruces entre H y J, razas más estudiadas y difundidas en la región, con otras tres razas lecheras europeas alternativas. Incluso se constituye en un aporte original e inédito al presentar, por primera vez, indicadores metabólicos de energía, proteína y minerales en sangre para rodeos lecheros de Entre Ríos, con la riqueza adicional de haberlo realizado en forma comparativa entre diferentes genotipos lecheros. No obstante, quizás su principal aporte sea el de tratar de sacudir algunos preconceptos muy arraigados en productores y profesionales locales, sobre el tipo de vaca lechera que requieren los sistemas productivos de la comarca entrerriana, estimulando el análisis conjunto de variables productivas, reproductivas y fisiológicas, en búsqueda de un resultado integral que dé una respuesta que abarque a las empresas, el ambiente y el sector lácteo en su conjunto.



Conclusiones





5. CONCLUSIONES

1. Los datos sobre disponibilidad de microelementos en los forrajes locales, proveen información inédita y original para la comarca lechera, donde todos ellos se presentan con valores medios (Cr, Mn y Se) y/o por encima (Cu, Fe y Zn), de los citados en la bibliografía para pasturas, henos y silajes. La dieta ofrecida, en cuanto a MS, energía, proteínas, fibras, macro y microelementos, salvo Se, cubrió adecuadamente los requerimientos de las vacas.
2. Todos los genotipos lograron niveles de producción de leche y SU superiores a los modales de la comarca, sin diferencias entre ellos. Las vacas G fueron superiores en contenido de GB a las vacas F1 y M en ambos períodos y superaron también a las R en el segundo. No hubo diferencias entre genotipos en el contenido de PT en leche, en ninguno de los períodos y llama la atención la baja relación GB:PT, muy cercana a 1:1, relevada en todos los genotipos, para ambos períodos. No hubo diferencias entre genotipos en producción por unidad de PV, salvo en PT donde las vacas R y PS superaron a las G. Las vacas múltiparas superaron en contenido de PT y producción de leche y SU a las primíparas, siendo también mayor los kg de PT logrados por unidad de PV. Para MUN, no se detectaron diferencias entre vacas múltiparas y primíparas y, entre genotipos, el R estuvo por encima del F1, sin diferenciarse ambos de los demás. Los CCS en ambos períodos mostraron valores menores al de los rodeos de esta región, sin diferencias entre los genotipos.

Todos los indicadores reproductivos evaluados en las cruzas mostraron valores iguales o mejores a los descritos en los rodeos lecheros de la cuenca, siendo particularmente menor la edad para llegar al primer parto en todas ellas. Entre genotipos, no se hallaron diferencias significativas para EPP, DEL e IPP; las vacas G tuvieron mayor IPC en relación a las M y R, mientras que en SPP en general no hubo diferencias entre genotipos y solo en el segundo período las vacas PS y R requirieron menos servicios que las G.

3. Todos los genotipos, salvo las vacas G en el período 2, estuvieron por debajo de los 600 kg/vaca de PV. Las F1 mostraron los PV más bajos y, junto con PS, fueron menores a las vacas G. La CC fue muy buena (entre 3,0 y 3,5) durante toda la lactancia en todos los genotipos, entre los cuales se observaron algunas diferencias,

pero sin una tendencia clara entre ellos ni entre etapas. En ambos períodos, para todos los genotipos, las concentraciones de BHB, NEFA y glucosa se presentaron en sus niveles fisiológicos, sin detectar signos de exceso de movilización de reservas ni déficit de glucosa en sangre, lo cual confirma y complementa lo antes descrito sobre valores y evolución de la CC a lo largo de la lactancia. Entre genotipos, el nivel de glucemia fue mayor en las vacas M en ambos períodos, diferenciándose significativamente de las PS en ambos y de la F1 en el segundo. Todos los indicadores del metabolismo proteico evaluados estuvieron dentro de los rangos fisiológicos normales para vacas en lactancia, en todos los genotipos y momentos de muestreo.

4. Los niveles de minerales (macro y micro) en los animales de estudio se mantuvieron dentro de los rangos fisiológicos, a excepción del Mg y del Se que mantenían niveles marginales. El genotipo F1 fue el que presentó más variabilidad en los niveles sanguíneos de minerales respecto a los otros genotipos, así las F1 presentaron mayores niveles de Ca, P y Cu y menores de Mn que el resto de genotipos. Las M presentaron mayores niveles de Co y Fe.
5. Los cuatro genotipos estudiados poseen comportamientos diferentes cuando se analiza el momento de finalización de sus primeras cuatro lactancias, siendo las vacas Holstein (H) las que mayor probabilidad tienen de culminar cada una de ellas a mayor edad y con mayor dispersión en el tiempo, especialmente con respecto a las vacas de las triples cruza PS y G.
6. Se puede afirmar que, en general, todos los cruzamientos respondieron en forma similar dentro del actual sistema productivo. No obstante, al observar en forma integral el comportamiento productivo y reproductivo de los genotipos, el F1 aparece con menores producciones de leche y SU, especialmente comparado con el R, siendo también el F1 el cruce que más cae en producción entre los períodos 1 y 2 de evaluaciones, sugiriendo quizás una menor adaptación al ambiente climático desfavorable de ese segundo momento.

El presente estudio constituye el primer antecedente comparativo realizado en la comarca lechera de Entre Ríos, Argentina, que involucra respuestas productivas e indicadores reproductivos y metabólicos entre cruza de cinco razas lecheras, a partir del cual se aporta información original sobre indicadores metabólicos de energía, proteína y minerales en sangre para rodeos lecheros conformados por diferentes genotipos lecheros. La investigación sobre cruzamientos lecheros en la región está en sus inicios, pero esta alternativa de manejo genético ya se visualiza como una opción viable para mejorar producción, eficiencia reproductiva y rentabilidad de las granjas lecheras en la comarca.



Bibliografía





6. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Y.M.; Delucchi, M.I.; Olivera, M. y Dieste, C. 2005. Urea en leche: factores que la afectan. Boletín de Divulgación Técnica. INIA, Uruguay. Disponible en “Sitio Argentino de Producción Animal: Leche y derivados”. www.produccion-animal.com.ar.
- Adrien, M.L.; Mattiauda, D.A.; Artegoitia, V.; Carriquiry, M.; Motta, G.; Bentancur, O. y Meikle, A. 2012. Nutritional regulation of body condition score at the initiation of the transition period in primiparous and multiparous dairy cows under grazing conditions: milk production, resumption of post-partum ovarian cyclicity and metabolic parameters. *Animal* 6(2): 292-299.
- Ahlborn, G. y Bryant, M. 1992. Production economic performance and optimum stocking rates of Holstein-Friesian and Jersey cows. *Proceedings New Zealand Society Animal Production* 52:7-9.
- Ahlborn, G. y Dempfle, L. 1992. Genetic parameters for milk production and body size in New Zealand Holstein-Friesian and Jersey. *Livest. Prod. Sci.* 31: 205-219.
- Ahlman, T.; Berglund, B.; Rydhmer, L. y Strandberg, E. 2011. Culling reasons in organic and conventional Dairy herds and genotype by environment interaction for longevity. *J. Dairy Sci.* 94:1568-1575.
- Aikman, P.C.; Reynolds, C.K. y Beever, D.E. 2008. Diet digestibility, rate of passage, and eating and rumination behavior of Jersey and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 91:1103-14.
- Al-Samarai, F.R. y Al-Zaydi, F.H. 2014. Genetic evaluation of longevity in dairy cattle. *App. Sci. Report.* 7(1): 25-31.
- Amaral, D. 2014. Subclinical hypocalcemia, or milk fever, in dairy cows- why all the fuss? Americas Research-based Learning Network. Disponible en: <https://www.extension.org/pages/70227/subclinicallyhypocalcemia-or-milk-fever-in-dairy-cows-why-allthe-fuss#.VA86W6NZhtg>
- Ammerman, C.B.; Baker, D.H. y Lewis, A.J. 1995. Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins. Academic Press, San Diego.
- Anderson, T.; Shaver, R.; Bosma, P. y De Boer, V. 2007. Case study: Performance of lactating Jersey and Jersey-Holstein crossbred verses Holstein cows in a Wisconsin confinement dairy herd. *Prof. Anim. Sci.* 23:541-545.
- Andreo, N.; Gallardo, M.; Maciel, M; Anziani, O. y Fandiño, I. 2007. Recría de vaquillonas. En IDIA XXI. Lechería. Año 7, N° 9: 92-98. Edits. Senigagliesi, C.; Taverna, M. y Comerón, E. Ediciones INTA. CABA. Argentina.
- Andrews, A.H., 2005. Sanidad del ganado vacuno lechero. Primera Edición. Zaragoza. Editorial Acribia, S.A. 412 pp.

- Anrique, G.R.; Burgos, P.C. y González V.H. 2003. Efecto de incorporar la raza Jersey a través de cruzamientos sobre producción y composición de leche. *Agrosur* 31 (2): 69-74.
- Ardavan, N.; Saeed, N.; Abbas, R.; Ahad, O. 2001. Prevalence of subclinical ketosis in dairy cattle in the Southwestern Iran and detection of cutoff point for NEFA and glucose concentrations for diagnosis of subclinical ketosis. *Prev. Vet. Med.* 100: 38-43.
- Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77: 2044-2050.
- Arosemena, A.; De Peters, E.J. y Fadel, J.G. 1995. Extent of variability in the nutrient composition within selected by-product feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 54: 103-120.
- Auldish, M.J.; Pyman, M.F.S.; Grainger, C. y Macmillan, K.L. 2007. Comparative reproductive performance and early lactation productivity of Jersey × Holstein cows in predominantly Holstein herds in a pasture-based dairying system. *J. Dairy Sci.* 90:4856-4862.
- Baker, L.D.; Ferguson, J.D. y Chalupa, W. 1995. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78:2424-2434.
- Balserini, A. y Hodel, C. 2005. Evaluación de producción, composición y calidad sanitaria de la leche en dos grupos genéticos en un sistema de producción base pastoril. Universidad de la República Facultad de Veterinaria. Trabajo Final para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias. Montevideo Uruguay.
- Banos, G.S.; Coffey, M.P.; Wall, E. and Brotherstone, S. 2006. Genetic relationship between first-lactation body energy and later-life udder health in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:2222-2232.
- Bargo, F.; Muller, L.D.; Kolver, E.S. y Delahoy, J.E. 2003. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.* 86:1-42.
- Bargo, F. y Muller, L.D. 2005. Grazing behavior affects daily ruminal pH and NH₃ oscillations of dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.* 88:303-9.
- Batra, T.R. y Touchberry, R.W. 1973. Weights and Body Measurements of Purebred Holstein and Guernsey Females and Their Crossbred. *J. Dairy Sci.* 57(7): 842-848.
- Baudracco, J.; López-Villalobos, N.; Romero, L.; Scandolo, D.; Maciel, E.; Comeron, E.; Holmes, C. y Barry, T. 2011. Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbred Holstein-Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. *Anim. Feed Sci. Tech.* 168(1-2):131-143.
- Bavera, G.A.; Rodriguez, E.; Beguet, H.; Bocco, O y Sánchez, J.M. 2001. Manual de aguas y aguadas para el ganado. 2ª ed. Editorial Hemisferio Sur. CABA. Argentina. Pp 388-390.
- Beede, D.K. 1991. Mineral and water nutrition. *Veterinary Clinics of North America. Food Anim. Pract.* 7(2): 373-390.
- Beede, D.K. 1993. Water nutrition and quality for dairy cattle. Western Large Herd Management Conference Las Vegas. Nevada. Pp 193-205.
- Begley, N.; Buckley, F.; Pierce, K.M.; Fahey, A.G. y Mallard, B.A. 2009. Differences in udder health and immune response traits of HoisteinFriesians, Norwegian Reds, and their crosses in second lactation. *J. Dairy Sci.* 92: 749-757.
- Bell, A.W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73:2804.
- Bereskin, B. y Touchberry, R.W. 1966. Crossbreeding Dairy Cattle. III. First-Lactation Production 1. *J. Dairy Sci.* 49(6): 659-667.

- Berger, L.L. 1995. Why do we need a new NRC data base?. *Anim. Feed Sci. Tech.* 53: 99–107.
- Bernabucci, U.; Ronchi, B.; Lacetera, N. y Nardone, A. 2005. Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88: 2017-2026.
- Berry, D.P.; Buckley, F.; Dillon, P.; Evans, R.D.; Rath, M. y Veerkamp, R.F. 2003. Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield, and fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:2193–2204.
- Berry, D.P.; Lee, J.M.; Macdonald, K.A.; Stafford, K.; Matthews, L. y Roche, J.R. 2007. Associations among body condition score, body weight, somatic cell count, and clinical mastitis in seasonally calving dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 90(2):637-648.
- Berry, D.P.; Veerkamp R.F. y Dillon, P. 2006. Phenotypic profiles for body weight, body condition score energy intake, and energy balance across different parities and concentrate feeding levels. *Livest. Sci.* 104:1–12.
- Bertoni, G. 1998. Effect of heat stress on endocrine-metabolic and reproductive status of dairy cows. *Zoot. Nutr. Anim.* 24: 273-282.
- Blanco-Penedo, I.; Cruz, J.; López-Alonso, M.; Miranda, M.; Castillo, C.; Hernández, J. y Benedito, J. 2006. Influence of copper status on the accumulation of toxic and essential metals in cattle. *Environ. Internat.* 32: 901-906.
- Blanco-Penedo, I.; Shore, R.; Miranda, M.; Benedito, J. y López-Alonso, M. 2009. Factors affecting trace element status in calves in NW Spain. *Livest. Prod. Sci.* 123: 198-208.
- Blöttner, S.; Heins, B.J.; Wensch-Dorendorf, M.; Hansen, L.B. y Swalve, H.H. 2011. Brown Swiss × Holstein crossbreds compared with pure Holsteins for calving traits, body weight, backfat thickness, fertility, and body measurements. *J. Dairy Sci.* 94:1058–1068.
- Boettcher, P.J. 2001. 2020 Vision? The Future of dairy cattle breeding from an academic perspective. *J. Dairy Sci.* 84: E62-E68.
- Bonell, A.J. y Ayub, E. 1984. Método para determinar la calidad de agua para bebida de bovinos. *Rev. Arg. Prod. Animal.* Vol. 4 (3). Pp. 45-47.
- Boschetti, N.G.; Valenti R.; Vesco C. y Sione, M. 2000. Contenido de fósforo total en suelos con características vérticas de la provincia de Entre Ríos. *Revista Facultad de Agronomía*, 20:53-58.
- Bouda, J.; Gutiérrez, C.A.; Salgado, H.G. y Kawabata, G.C.K. 2005. Monitoreo, diagnóstico y prevención de trastornos metabólicos en vacas lecheras. Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtRgCliG005.pdf>
- Brandt, G.W.; Brannon, C.C. y Johnston, W.E. 1973. Production of milk and milk constituents by brown swiss, holsteins, and their crossbred. *J. Dairy Sci.* 57 (11):1388–1393.
- Brickner, A.E.; Rastani, R.R. y Grummer, R.R. 2007. Technical note: Effect of sampling protocol on plasma nonesterified fatty acid concentration in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90: 2219-2222.
- Britt, J.S.; Thomas, R.C.; Speer, N.C. y Hall, M.B. 2003. Efficiency of converting nutrient dry matter to milk in Holstein herds. *J. Dairy Sci.* 86:3796–3801.
- Brown, K.; Cassell, M.; Mc Gilliard, M.; Hanigan, M. y Gdwazdauskas, F. 2012. Hormones, metabolites, and reproduction in Holsteins, Jerseys, and their crosses. *J. Dairy Sci.* 95 (2):698–707.

- Buckley, F.; Begley, N.; Prendiville, R.; Evans, R. y Cromie, A. 2008. Crossbreeding the dairy herd—a real alternative. *Ir. Grassland Assoc. J.* 42: 5-17.
- Buckley, F.; López-Villalobos, N. y Heins, B.J. 2014. Crossbreeding: implications for dairy cow fertility and survival. *Animal* 8(1): 122–133.
- Buckley, F.; O’Sullivan, K.; Mee, J.F.; Evans, R.D. y Dillon, P. 2003. Relationships among milk yield, body condition, cow weight, and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 86:2308–2319.
- Burridge, J.C.; Reith, J.W.S. y Berrow, M.L. 1983. Soil factors and treatments affecting trace elements in crops and herbage. In: Suttle, N.F., Gunn, R.G., Allen, W.M., Linklater, K.A. and Wiener, G. (Eds.). *Trace Elements in Animal Production and Veterinary Practice*. Brit. Soc. Anim. Prod. (Occas. Publ.) N°7. Edinburgh. Pp 77–86.
- Butler, W.R.; Calaman, J.J.; y Beam, S.W. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 74(4): 858-865.
- Campos, R.; Cubillos, C. y Rodas, Á.G. 2007. Indicadores metabólicos en razas lecheras especializadas en condiciones tropicales en Colombia. *Acta Agron.* 56(2):85.
- Carrier, J.; Stewart, S.; Godden, S.; Fetrow, J. y Rapnicki, P. 2004. Evaluation and use of three cow side tests for detection of subclinical ketosis in early postpartum cows. *J. Dairy Sci.* 87: 3725-3735.
- Carroll, S.M.; DePeters, E.J.; Taylor, S.J.; Rosenberg, M.; Perez-Monti, H. y Capps, V.A. 2006. Milk composition of Holstein, Jersey, and Brown Swiss cows in response to increasing levels of dietary fat. *Anim. Feed Sci. Tech.* 13: 451–473.
- Carstensen, K.A. 2013. A Comparison of the efficiency and profitability of Holsteins and Jerseys. Senior Project. Faculty of Dairy Science Department California Polytechnic State University, San Luis Obispo. Requirements of Degree Bachelor Dairy Science. California. USA.
- Casanova, D.; Schneider, M.P.; Andere, C.I.; Rodríguez, E.M.; Rubio, N.E.; Juliarena, M.; Díaz, C. y Carabaño, M.J. 2011. Análisis de la longevidad funcional de la raza Holando Argentina. *Rev. Taurus.* 13(51): 21-29. CABA. Argentina.
- Cassell, B.G.; Olson, K.M. y Mc Allister, A.J. 2007. Comparison of yield in Holstein, Jersey and reciprocal crosses in the Virginia Polytechnic Institute and State University – Kentucky crossbreeding trail. *J. Dairy Sci.* 90 (Suppl. 1): 597.
- Castillo, A.R.; St-Pierre, N.R.; Silva del Rio, N. y Weiss, W.P. 2013. Mineral concentrations in diets, water, and milk and their value in estimating on-farm excretion of manure minerals in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96 (5): 3388-98.
- Cavestany, D.; Kulcsár, M.; Crespi, D.; Chilliard, Y.; La Manna, A.; Balogh, O.; Keresztes, M.; Delavaud, C.; Huszenicza, G. y Meikle, A. 2009. Effect of prepartum energetic supplementation on productive and reproductive characteristics, and metabolic and hormonal profiles in dairy cows under grazing conditions. *Reprod. Domest. Anim.* 44: 663-671.
- Cedeño, D.A.; Quevedo, A.; Ceballos-Marquez, A.; Garzón, C. y Daza-Bolaños, C.A. 2011. Estudio comparativo de perfiles metabólicos minerales en lecherías de dos regiones de Nariño. *Orinoquia* 15(2): 160-168.
- Centeno, A. 2015. Determinación de eficiencia técnica en tambos de la Provincia de Córdoba. Efectos de la carga animal y el consumo de concentrado. Tesis para optar al Grado Académico de Magister en Ciencias Agropecuarias. Mención: Producción Animal. Univ. Nac. Córdoba. Fac. Cs. Agropecuarias. Escuela para Graduados. Córdoba. Argentina.

- Céspedes-Honorato, J.A. 2011. Presentación de alteraciones metabólico-nutricionales en rebaños lecheros pastoriles de cinco macro-zonas en el Sur de Chile. Tesis de Magíster. Valdivia – Chile. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile.
- Céspedes, J.; Chihuailaf, R.; Noro, M.; Böhmwald, H. y Wittwer, F. 2009a. Concentraciones sanguíneas de minerales en rebaños lecheros en pastoreo de otoño. Libro de Resúmenes XXXIV Congreso Anual Sociedad Chilena de Producción Animal. Pucón, Chile.
- Céspedes, J.; Chihuailaf, R.; Noro, M.; Böhmwald, H. y Wittwer, F. 2009b. Concentraciones sanguíneas de minerales en vacas de rebaños lecheros en pastoreo de otoño y primavera. Libro de Resúmenes XXXIV Congreso Anual Sociedad Chilena de Producción Animal. Pucón, Chile.
- Chagas, L.M.; Bass, J.J.; Blache, D.; Burke, C.R.; Kay, J.K.; Lindsay, D.R.; Lucy, M.C.; Martin, G.B.; Meier, S.; Rhodes, F.M.; Roche, J.R.; Thatcher, W.W. y Webb, R. 2007. Invited Review: new perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:4022–4032
- Chihuailaf, R.; Céspedes, J.; Noro, M.; Böhmwald, H. y Wittwer, J. 2010. Indicadores sanguíneos del balance de energético y proteico en rebaños lecheros en pastoreo de otoño y primavera. Libro de Resúmenes XXXV Congreso Anual Sociedad Chilena de Producción Animal y I Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. Coyhaique, Chile.
- Chilibroste, P.; Mattiauda, D.; Soca, P.; Bentancour, O. y Meikle, A. 2012. Effect of herbage allowance on grazing behaviour and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Anim. Feed Sci. Tech.* 173: 201-209.
- Chilliard, Y. 1999. Metabolic adaptations and nutrient partitioning in the lactating animal. In: *Biology of lactation*. ed. Martinet, J. & Houdebine, H.H. Cap.20, pp 503-551.
- Chládek, G. y Zapletal, D. 2007. A free-choice intake of mineral blocks in beef cows during the grazing season and in winter. *Livest. Sci.* 106: 41-46.
- Church, D.C. y Pond, W.G. 1998. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Noruega-Limusa. Mexico. 210 pp.
- Ciria, J.C.; Villanueva Marí, R. y Ciria García de la Torre, J. 2005. Avances en nutrición mineral en ganado bovino. En “IX Seminario de Pastos y Forrajes. FEDNA, España. Pp 50-69.
- Clark, T.; Xin, Z.; Du, Z. y Hemken, R. 1993. A field trial comparing copper sulfate, copper proteinate and copper oxide as copper sources for beef cattle. *J. Dairy Sci.* 76: 334.
- Coffey, E.L.; Horan, B.; Evans, R.D. y Berry, D.P. 2016. Milk production and fertility performance of Holstein, Friesian, and Jersey purebred cows and their respective crosses in seasonal-calving commercial farms. *J. Dairy Sci.* 99(7):5681-5689.
- Coffey, M.P.; Simm, G.; Oldham, J.D.; Hill, W.G. y Brotherstone, S. 2004. Genotype and diet effects on energy balance in the first three lactations of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:4318–4326.
- Collard, B.L.; Boettcher, P.J.; Dekkers, J.C.M.; Petitclerc, D. y Schaeffer, L.R. 2000. Relationship between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. *J. Dairy Sci.* 83:2683–2690.
- Collier, R.I.; Beede, D.K.; Thatcher, W.W.; Israel, L.A. y Wilcox, C.J. 1982. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production, *J. Dairy Sci.* 65:2213–2227.
- Collier, R.J.; Collier, J.L.; Rhoads, R.P. y Baumgard, L.H. 2008. Invited review: genes involved in the bovine heat stress response. *J. Dairy Sci.* 91(2):445-454.

- Comerón, E. y Gaggiotti, M. 2009. Calidad composicional de la leche de vacas de raza Holando y Jersey y sus cruizas, durante el verano. Memorias JICAL III. Terceras Jornadas Internacionales de Calidad de Leche. CABA. Argentina. Pp. 230-231.
- Comerón, E. A.; Moretto, M.L.; Maciel, M.G. y Cuatrín, A.L. 2006. Desempeño de vacas de raza Jersey y Holando paridas en invierno. 2. Producción de leche y reproducción. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol 26 (Supl.1): 322-324.
- Comerón, E.; Romero, L.; Aronna, M.S.; Charlón, V.; Gaggiotti, M. y Quaino, O.A. 2002a. Comportamiento productivo de vacas Jersey y Holando en un rebaño mixto. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 22. Supl. 1. Pp 317-319.
- Comerón, E.; Romero, L.; Aronna, M.S.; Charlón, V.; Quaino, O.A. y Vitulich, C. 2002b. Respuesta productiva de vacas de raza Jersey y Holando en dos sistemas de alimentación. Rev. Arg. Prod. Anim. 22 (Supl. 1): 41-43.
- Comerón, E.A.; Romero, L.A.; Aronna, M.S.; Valtorta, S.E.; Estrada, M. de Migliore, C. y Quaino, O.A. 2003. Comportamiento de vacas Holando, Jersey y sus cruizas durante la época estival. 1. Producción y composición química de la leche. Rev. Arg. Prod. Anim. 23 (Supl.1):291.
- Comerón, E.; Romero, L.; Cuatrín, A. y Maciel, M. 2007. El efecto racial o genético. En: Manual de referencias técnicas para el logro de leche de calidad. 3ra ed. Ediciones INTA. CABA. Argentina. Pp. 131-145.
- Contreras, P.A. 1998. Síndrome de movilización grasa en vacas lecheras al inicio de la lactancia y sus efectos en salud y producción de los rebaños. Arch. Med. Vet. 30:17-27.
- Contreras, P.A. 2000. Indicadores del metabolismo proteico utilizados en perfiles metabólicos de rebaños. En: González, F.; Barcellos, J.; Ospina, H. y Ribiero, L. (eds). Perfil Metabólico em ruminantes. Pp 23-30. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Brasil.
- Contreras, P.A. 2002. Hipomagnesemia: efectos y procedimientos de prevención en los rebaños. Libro de ponencias del Congreso de la Sociedad Española de Medicina Interna Veterinaria, León, España. Pp 20-29.
- Cook, J.G. y Green, M.J. 2012. Milk production in early lactation in a dairy herd following supplementation with iodine, selenium and cobalt. Vet. Rec. 167: 788-789.
- Coonan, C.; Freestone-Smith, C.; Allen, J. y Wilde, D. 2002. Determination of the major mineral and trace element balance of dairy cows in organic production systems. Proc. Organ. Meat Milk Rumin. Pp 181-183.
- Coppo, J.A.; Coppo, N.B.; Koza, G.A. y Slanac, A.L. 1999. Indicadores nutricionales en la hacienda de áreas inundadas de las provincias de Corrientes, Chaco y Formosa. Actas Ciencia y Técnica UNNE (Argentina) 4: 117-120.
- Corbellini, C.N. 1998a. Influencia de los micronutrientes en la fertilidad en bovinos lecheros. Proyecto Lechero INTA Pergamino. En: "Taller sobre aspectos de nutrición de la vaca lechera". Concepción del Uruguay. Argentina. 24 pp.
- Corbellini, C.N. 1998b. Influencia de la nutrición en las enfermedades de la producción de las vacas lecheras en transición. Boletín de Divulgación. Proyecto Lechero INTA Pergamino. Argentina. 25 pp.
- Corbellini, C.N. 2012. Relación entre los sistemas de control metabólico e inmunológico en las vacas lecheras en transición. Su influencia en la patología del periparto. Boletín de Divulgación. Proyecto Lechero INTA Pergamino. Argentina. 18 pp.

- Corbellini, C.N. y Busso Vanrell, F. 2008. Enfermedades de base metabólico-nutricional en las vacas lecheras. En Manual del “XXI Curso Internacional de Lechería para profesionales de América Latina”. INTA EEA Rafaela. Argentina. Pp. 198-213.
- Cozzi, G.; Ravarotto, L.; Gottardo, F.; Stefani, A.L.; Contiero, B.; Moro, L. y Dalvit, P. 2011. Short communication: Reference values for blood parameters in Holstein dairy cows: Effects of parity, stage of lactation, and season of production. *J. Dairy Sci.* 94 (8):3895-3901.
- Cruzate, G.A.; Rivero, E. y Turati, R. 2006. Cobre, hierro y manganeso: mapas de disponibilidad y respuesta a la fertilización en suelos de la región pampeana. En: Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Instituto de Suelos-CRN-INTA. Argentina.
- Cuatrín, A., 2007. Curva de lactancia. Factores que la modifican. En: Manual de referencias técnicas para el logro de leche de calidad. 3ra ed. Ediciones INTA. CABA. Argentina. Pp.146-153.
- Dechow, C.D.; Rogers, G.W.; Cooper, J.B.; Phelps, M.I. y Mosholder, A.L. 2007. Milk, fat, protein, somatic cell score, and days open among Holstein, Brown Swiss, and their crosses. *J. Dairy Sci.* 90(7): 3542-3549.
- De Koster, J.D. y Opsomer, G. 2013. Insulin resistance in dairy cows. *Veterinary Clinics of North America. Food Anim. Pract.* 29(2):299-322.
- De La Vega-Villatoro, J.A. 2009. Perfil mineral en un hato de vacas en ordeña, en los periodos de seca y lluvia: relación con variables hemáticas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Tesis para optar al Título de Médico Veterinario Zootecnista. Disponible en:
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/158/1/JAIME%20ANDRES%20DE%20LA%20VEGA%20VILLATORO.pdf>
- De Vries, M.J. y Veerkamp, R.F. 2000. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *J. Dairy Sci.* 83:62–69.
- Dillon, P.; Buckley, F.; O’Connor, P.; Hegarty, D. y Rath, M. 2003. A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 1 Milk production, live weight, body condition score and DM Intake. *Livest. Prod. Sci.* 83:21–33.
- Di Michele-De Rosa, S.; Otaiza, V.E.; Colveé, M.P. y Mejía, E.B. 1977. Valores hematológicos y de la química sanguínea en bovinos de los estados Carabobo y Guárico. *Hematología, colesterol y glucosa. Agron. Tropical.* 27(6):571-583.
- Don, B.R y Kaysen, G. 2004. Serum albumin: relationship to inflammation and nutrition. *Semin. Dialysis.* 17:432–437.
- Du, Z.; Hemken, R.W. y Harmon, R.J. 1996. Copper metabolism of Holstein and Jersey cows and heifers fed diets high in cupric sulfate or copper proteinate. *J. Dairy Sci.* 79: 1873-1880.
- Duffield, T. 2004. Monitoring strategies for metabolic disease in transition dairy cows. *Proceedings of the 23rd World Buiatrics Congress, Quebec, Canada.* 6 p.
- Dunleavy, M. 2015. Efectos de la cetosis sobre los anticuerpos naturales em vacas lecheras en transición. Tesis para Magister en Salud Animal. Fac. Cs. Veterinarias UBA. CABA. Argentina.
- Dutour, E.J.; Laborde, D. y Chilbroste, P. 2010a. Producción y composición de leche de vacas primíparas de diferentes grupos raciales en un sistema pastoril. *Rev.. Arg. Prod. Anim.* 30 (Supl. 1): 106-107.

- Dutour, E.J., Laborde, D., Meikle, A. y Chilibroste, P. 2010b. Comportamiento reproductivo de vacas primíparas de diferentes grupos raciales en un sistema pastoril de producción de leche. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 30 (Supl. 1): 85-108.
- Edmonson, A.J.; Lean, I.J.; Weaver, L.D.; Farver, T. y Webster, G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72 (1): 68-78.
- Eicher, R.; Liesegang, A.; Bouchard, E. y Tremblay, A. 1998. Influence of concentrate feeding frequency and intrinsic factors on diurnal variations of blood metabolites in dairy cows. *Bovine Proc.* 31, 198-202.
- Ellis, R.G.; Herdt, T.H. y Stowe, H.D. 1997. Physical, hematologic, biochemical, and immunologic effects of supranutritional supplementation with dietary selenium in Holstein cows. *Am. J. Vet. Res.* 58: 760-764.
- Engelhardt, W.V y Breves, G. 2005. Minerales. En: *Fisiología veterinaria. Physiologie der Haustiere.* Enku Verlag in MVS media in verlage. Pfeffer, E. y Flachowsky, G. (Eds.). Acribia SA. Zaragoza. España. Pp. 637-651.
- Enjalbert, F.; Lebreton, P. y Salat, O. 2006. Effects of copper, zinc and selenium status on performance and health in commercial dairy and beef herds: Retrospective study. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 90: 459-466.
- Essl, A. 1998. Longevity in dairy cattle breeding: a review". *Livest. Prod. Sci.* 57: 79-89.
- Falconer, D.S. 1952. The Problem of Environment and Selection. *Am. Nat.* Vol 86, N°830. Pp. 293-298.
- Ferguson, J.D.; Galligan, D.T. y Thomsen, N. 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 77:2695-2703.
- Fernández Mayer, A. 2001. Suplementos y suplementación energética y proteica. Serie didáctica N°6. ISSN 0326-2626. INTA EEA Bordenave. Argentina.
- Ferris, C.; Vance, E.; Park, R.; Hunter, B.; Mayne, S.; Mackey, D.; Kilpatrick, D. y Watson, S. 2012. A comparison of the performance of Holstein-Friesian and Jersey crossbred cows across a range of Northern Ireland milk production systems. Projects D-11-00, D-29-06 and D-45-08. AgriSearch. Dungannon. Northern Ireland. Disponible en: <http://www.agrisearch.org/publications/farmer-booklets/booklet-24-a-comparison-of-the-performance-of-holstein-friesian-and-jersey-crossbred-cows-across-a-range-of-northern-ireland-milk-production-systems>
- Ferris, C.P.; Patterson, D.C.; Gordon, F.J.; Watson, S. y Kilpatrick, D.J. 2014. Calving traits, milk production, body condition, fertility, and survival of Holstein-Friesian and Norwegian Red dairy cattle on commercial dairy farms over 5 lactations. *J. Dairy Sci.* 97(8):5206-5218.
- Fischer, V.; Deswysen, A.G.; Dutilleul, P. y De Boever, J. 2002. Padrões da distribuição nictemeral do comportamento ingestivo de vacas leiteiras, ao início e ao final da lactação, alimentadas com dieta à base de silagem de milho. *Rev. Bras. Zoot.* 31: 2129-2138.
- Fontaneli, R.S.; Sollenberger, L.E.; Littell, R.C. y Staples, C.R. 2005. Performance of lactating dairy cows managed on pasturebased or in freestall barn-feeding systems. *J. Dairy Sci.* 88:1264-1276.
- Formigoni, A.; Fustini, M.; Archetti, L.; Emanuele, S.; Sniffen, C. y Biagi, G. 2011. Effects of an organic source of copper, manganese and zinc on dairy cattle productive performance, health status and fertility. *Anim. Feed Sci. Technol.* 164: 191-198.

- Friggens, N.C.; Berg, P.; Theilgaard, P.; Korsgaard, I.R.; Ingvarsten, K.L.; Lovendahl, P. y Jensen, J. 2007. Breed and parity effects on energy balance profiles through lactation: Evidence of genetically driven body energy change. *J. Dairy Sci.* 90:5291–5305.
- Funk, D.A. 2006. Major advances in globalization and consolidation of the artificial insemination industry. *J. Dairy Sci.* 89:1362–1368.
- Gaines, W.L. 1927. Measures of persistency of lactation. *J. Agr. Research*, 34:373-383.
- Gallardo, M. 2006. Alimentación y composición química de la leche. E.E.A. INTA Rafaela. Disponible en “Sitio Argentino de Producción Animal: Leche y derivados”. www.produccion-animal.com.ar.
- Gallardo, M. y Valtorta, S. 2007. Factores nutricionales y ambientales que afectan la calidad composicional de la leche bajo condiciones de pastoreo. En: Manual de referencias técnicas para el logro de leche de calidad. 3^{ra} ed. Ediciones INTA. CABA. Argentina. Pp. 115-130.
- Galvis, R.D.; Muñera, E.A. y Marin, A.M. 2005. Relación entre el mérito genético para la producción de leche y el desempeño metabólico y reproductivo en la vaca de alta producción. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 18 (3): 228-239.
- Garay-García, J.E. 2007. Efecto de incorporar la raza jersey a través de cruzamientos, sobre la eficiencia biológica para producción y composición láctea, en el primer tercio de lactancia. Memoria para optar al Título Profesional de Médico Veterinario Departamento de Fomento de la Producción Animal. Santiago, Chile.
- García-Peniche, T.B.; Cassell B.G. y Misztal, I. 2006. Effects of breed and region on longevity traits through five years of age in Brown Swiss, Holstein, and Jersey Cows in the United States. *J. Dairy Sci.* Vol. 89 (9): 3672–3680.
- Gastaldi, L., Litwin, G., Maekawa, M., Centeno, A., Engler, P., Cuatrin, A., Chimicz, J., Ferrer, J. y Suero, M. 2015. El tambo argentino: una mirada integral a los sistemas de producción de leche de la región pampeana. Informe para el Proyecto Específico de INTA “Sustentabilidad de los sistemas de producción de leche bovina” (PNPA 1126043). Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_el_tambo_argentino_mirada_integral_sis_prod_leche_p_amp_abril_2015.pdf
- Geay, Y. y Robelin, J. 1979. Variation of meat production capacity in cattle due to genotype and level of feeding: genotype-nutrition interaction. *Livest. Prod Sci.* 55: 231-242.
- Gerloff, B.J. 1992. Effect of selenium supplementation on dairy cattle. *Journal Animal Science* 70: 3934–3940.
- Goddard, M. y Wiggans, G. 1996. Genetic improvement of Dairy cattle. In: Fries, R. y Ruvinsky, A. (Ed.). *The genetics of cattle*. CABI Publishing. Pp. 511-534.
- Godden, S.M.; Lissemore, K.D.; Kelton, D.F.; Leslie, K.E.; Walton, J.S. y Lumsden, J.H. 2001. Factors associated with milk urea concentrations in Ontario dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:107-114.
- Goff, J.P. 2006. Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health. *J. Dairy Sci.* 89:1292-1301.
- Goff, J.P.; Reinhardt, T.A.; Beitz, D.C. y Horst, R.L. 1995. Breed effects tissue vitamin D receptor concentration in periparturient dairy cows: a milk fever risk factor? *J. Dairy Sci.* 78 (1): 184.
- González, F.H.D. 2000. Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral em ruminantes. En: Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. González, F.H.D;

- Barcellos, J. O; Ospina, H; Ribeiro, L.O. Univ. Federal Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil. Pp 31-49.
- González, H.; García, X.; Magofke, J.C. y Cuevas, A. 2002. Comparación de diferentes cruzamientos entre Frisón Negro Chileno con Frisón Neozelandés y con Holstein Americano. Arch. Zootec. 51: 303-314.
- González, H. y Magofke, J.C. 2003. Cruzamientos y producción de leche.1. Cruzamientos en bovinos de leche. En: Seminario Hagamos de la Lechería un Mejor Negocio. Serie Actas INIA-nº 24. Santiago. Chile.
- González-Romero, R.A. 2011. Eficiencia biológica en vacas primíparas Holstein Neozelandés y F1 (Montbéliarde*Holstein Neozelandés) a pastoreo. Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago. Chile.
- Gooneratne, S.R.; Symonds, H.W.; Bailey, J.V. y Christensen, D.A. 1994. Effects of dietary copper; molybdenum and sulphur on biliary copper and zinc excretion in Simmental and Angus cattle. Can. J. Anim. Sci. 74: 315-325.
- Govasmark, E.; Steen, A.; Ström, T.; Hansen, S.; Ram Singh, B. y Bernhoft, A. 2005. Status of selenium and vitamin E on Norwegian organic sheep and dairy cattle farms. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Anim. Sci. 55: 40-46.
- Gowda, N.K.S.; Prasad, C.S.; Ashok, L. B. y Ramana, J.V. 2004. Utilization of dietary nutrients, retention and plasma level of certain minerals in crossbred dairy cows as influenced by source of mineral supplementation. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 17 (2): 221-227.
- Grant, R.J. 1993. Water Quality and Requirements for Dairy Cattle. Historical Materials from University of Nebraska. Lincoln Extension. Paper 445. Disponible en: <http://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/445>
- Grant, R.J. y Albright, J.L. 2001. Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. J. Dairy Sci. 84 (E. Suppl.): E156-E163.
- Griffiths, L.; Loeffler, S.; Socha, M.; Tomlinson, D. y Johnson, A. 2007. Effects of supplementing complexed zinc, manganese, copper and cobalt on lactation and reproductive performance of intensively grazed lactating dairy cattle on the South Island of New Zealand. Anim. Feed Sci. Tech. 137: 69-83.
- Grummer, R.R. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. J. Anim Sci. 73: 2820-2833.
- Gupta, U.C.; Wu, K. y Liang, S. 2008. Micronutrients in soils, crops, and livestock. Earth Sci. Front. 15: 110-125.
- Gutiérrez-Pérez, C.A. 2006. Eficiencia biológica del Frisón Neozelandés (FN) y del F1 (Jersey x Frisón Neozelandés) en condiciones de pastoreo. Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago. Chile.
- Guyot, H.; Saegerman, C.; Lebreton, P.; Sandersen, C. y Rollin, F. 2009. Epidemiology of trace elements deficiencies in Belgian beef and dairy cattle herds. J. Trace Elem. Med. Biol. 23: 116-123.
- Hansen, L.B. 2000. Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. J. Dairy Sci. 83:1145-1150.
- Hansen, L.B y Heins, B.J. 2006. La vaca lechera del futuro. V Seminario Internacional "Competitividad en Carne y Leche". Plaza Mayor, Medellín. Colombia.

- Hansen, L.B.; Cole, J.B.; Marx, G.D. y Seykora, A.J. 1999. Longevity of H cows bred to be large versus small for body size. *Adv. Dairy Technol.*, 11: 39-49.
- Hardeng, F. y Edge, V.L. 2001. Mastitis, ketosis, and milk fever in 31 organic and 93 conventional Norwegian dairy herds. *J. Dairy Sci.* 84 (Suppl. 12):2673–2679.
- Harris, B.L. Kolver, E.S. 2001. Review of hization on intensive pastoral dairy farming in New Zealand. *J. Dairy Sci.* 84(E Suppl.):E56–E61.
- Hayashida, M.; Orden, E.A.; Cruz, E.M.; Cruz, L.C. y Fujihara, T. 2004. Effects of concentrate supplementation on blood mineral concentration of growing upgraded Philippine goats. *Anim. Sci. J.* 75: 139–145.
- Hazel, A.R.; Heins, B.J. y Hansen, L.B. 2016. Comparison of Montbéliarde × H and Viking Red × H crossbreds with pure H cows during first lactation in 8 commercial dairies in Minnesota. University of Minnesota. Disponible en: https://www.ansci.umn.edu/sites/ansci.umn.edu/files/procross_final_f1_first_lactation-lb.pdf
- Hazel, A.R.; Heins, B.J.; Seykora, A.J. y Hansen, L.B. 2013. Montbéliarde-sired crossbreds compared with pure Holsteins for dry matter intake, production, and body traits during the first 150 days of first lactation. *J. Dairy Sci.* 96 :1915–1923.
- Hazel, A.R.; Heins, B.J.; Seykora, A.J. y Hansen, L.B. 2014. Production, fertility, survival, and body measurements of Montbéliarde-sired crossbreds compared with pure Holsteins during their first 5 lactations. *J. Dairy Sci.* 97:2512–2525.
- Heins, B.J. 2010. Impact of crossbreeding on profitability of dairying. *Proc. 71st Minnesota Nutrition Conf.*, Owatonna, MN. Sep. 21-22, 2010. Pp 46-47.
- Heins, B.J.; Hansen, L.B. y Hazel, A.R. 2014. Fertility and production of 3-breed and third generation Holstein-sired crossbreds compared to pure Holstein cows in a seasonal pasture production system. 10th World Cong. on Genetics Applied to Livest. Prod., Vancouver, Canada. Contribution 838.
- Heins, B.J., Hansen, L.B.; Hazel, A.R.; Seykora, A.J.; Johnson, D.G. y Linn, J.G. 2012. Short communication: Jersey x Holstein crossbreds compared with pure Holsteins for body weight, body condition score, fertility, and survival during the first three lactations. *J. Dairy Sci.* 95 (7):4130-4135.
- Heins, B.J.; Hansen, L.B. y Seykora, A.J. 2006a. Production of pure Holsteins versus crossbreds of Holstein with Normande, Montbéliarde, and Scandinavian Red. *J. Dairy Sci.* 89:2799–2804
- Heins, B. J.; Hansen, L. B. y Seykora, A. J. 2006b. Fertility and Survival of Pure Holstein versus Crossbreds of Holstein with Normande, Montbéliarde, and Scandinavian Red. *J. Dairy Sci.* 89: 4944–4951.
- Heins, B.J.; Hansen, L.B.; Seykora, A.J.; Hazel, A.R.; Johnson, D.G. y Linn, J.G. 2008a. Crossbreds of Jersey × Holstein compared with pure Holsteins for body weight, body condition score, dry matter intake, and feed efficiency during the first one hundred fifty days of first lactation. *J. Dairy Sci.* 91:3716–3722.
- Heins, B.J.; Hansen, L.B.; Seykora, A.J.; Johnson, D.G.; Linn, J.G.; Romano, L.E. y Hazel, A.R. 2008b. Crossbreds of Jersey × Holstein compared with pure Holsteins for production, fertility, and body and udder measurements during first lactation. *J. Dairy Sci.* 91:1270–1278.
- Heins, B.J.; Hansen, L.B.; Seykora, A.J.; Hazel, L.B.; Johnson, D.G. y Linn, J.G. 2011. Short communication: Jersey × Holstein crossbreds compared with pure Holsteins for production, mastitis, and body measurements during the first 3 lactations. *J. Dairy Sci.* 94:501–506.

- Herd, T.H. 2000. Ruminant adaptation to negative energy balance: Influences on the etiology of ketosis and fatty liver. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 16 (2):215-30.
- Herd, T.H. y Hoff, B. 2011. The use of blood analysis to evaluate trace mineral status in ruminant livestock. *Vet. Clin. Food Anim.* 27: 255-283.
- Herd, T.H.; Rumbelha, W. y Braselton, W.E. 2000. The use of blood analyses to evaluate mineral status in livestock. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 16: 423-444.
- Hocking, P.M.; Mc Allister, A.J.; Wolynetz, M.S.; Batra, T.R.; Lee, A.J.; Lin, C.Y.; Roy, G.L.; Vesely, J.A.; Wauthy, J.M. y Winter, K.A. 1988. Factors affecting length of herd life in purebred and crossbred dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71: 1011-1024.
- Hoff, B. y Duffield, T. 2003. Nutritional and metabolic profile testing of dairy cows. *Anim. Health Lab. LabNote.* Pp. 1-3.
- Hoffer, C.; Kraemer, M.L. y Galli, I.O. 1974. Área ecológica y niveles de fósforo en sangre. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 3: 394-398.
- Hoffer, C. y Monje, A. 1985. Información sobre nutrición mineral del ganado en Entre Ríos. EEA Concepción del Uruguay. INTA. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4 (Supl.3): 12-18.
- Hofstetter, M.B. y Mancuso, W.A. 2011. Comparación de vacas lecheras Holstein y Pardo Suizo. 1. Evaluación productiva. Comunicación. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 31 (Supl. 1): 169.
- Hollon, B.F.; Branton, C. y McDowell, R.E. 1968. Performance of Holstein and crossbred dairy cattle in Louisiana. 1. First lactation production. *J. Dairy Sci.* 52 (4): 498-506.
- Hopkins, A.; Adamson, A. y Bowling, P. 1994. Response of permanent and reseeded grassland to fertilizer nitrogen. Effects on concentrations of Ca, Mg, K, Na, S, P, Mn, Zn, Cu, Co and Mo in herbage at a range of sites. *Grass Forage Sci.* 49: 9-20.
- Horan, B.; Dillon, P.; Faverdin, P.; Delaby, L.; Buckley, F. y Rath, M. 2005. The interaction of strain of Holstein-Friesian cows and pasture-based feed systems on milk yield, body weight, and body condition score. *J. Dairy Sci.* 88:1231-1243.
- Horn, P.S. y Pesce, A.J. 2003. Reference intervals: an update. *Clin. Chim. Acta* 334: 5-23.
- Horst, R.L.; Goff, J.P. y Reinhardt, T.A. 1990. Advancing age results in reduction of intestinal and bone 1, 25 dihydroxyvitamin D receptor. *Endocrinology* 126: 1053-1057.
- INTA, Proyecto Lechero. 2008. Tabla de composición química de alimentos para rumiantes. Gaggiotti, M. (Ed.). Ediciones INTA. EEA Rafaela. Centro Regional Santa Fe.
- Jagos, P. y Dvorák, R. 1991. Metabolic disorders of the processes in the rumen. In: *Metabolic Disorders and their Prevention in farm Animals*. Vrzgula, L. (Eds.), 273-302. Editorial Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York.
- Jonker, J.S.; Kohn, R.A. y Erdman, R.A. 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:2681-2692.
- Jönsson, R. 2015. Estimation of heterosis and performance of crossbred Swedish dairy cows. Master's Thesis. Programme- Animal Science. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Juárez Sierra, J.A. y Marsan Serrano, C.F. 2013. Evaluación productiva y reproductiva de vacas Holstein, Pardo Suizo, Jersey y sus cruces en el hato lechero de Zamorano, Honduras. Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Agrónomos. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.

- Judson, G.J. y McFarlane, J.D. 1998. Mineral disorders in grazing livestock and the usefulness of soil and plant analysis in the assessment of these disorders. *Aust. J. of Exp. Agric.* 38: 707-723.
- Kabata-Pendias, A. 2011. *Trace Elements in Soil and Plants*, 4rd ed. CRC Press, Boca Raton. USA.
- Kadokawa, H. y Martin, G.B. 2006. A new perspective on management of reproduction in dairy cows: The need for detailed metabolic information, an improved selection index and extended lactation. *J. Reprod. Dev.* 52:161-168.
- Kaneko, J.J.; Harvey, J.W. y Bruss, M.L. (Eds.). 2008. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6th Edition. Elsevier. London, UK.
- Kaplan, E.L. y Meier, P. 1958. Non parametric estimation from incomplete observations. *J. Am. Stat. Assoc.* 53:457-481.
- Khan, Z.I; Hussain, A.; Ashraf, M., Ashraf, M.Y.; Yousaf, M.; Akhtar, M. y Maqbool, A. 2004. A review on mineral imbalances in grazing livestock and usefulness of soil, dietary components, animal tissues and fluid analysis in the assessment of these imbalances. *J. Anim. Vet. Adv.* 3: 394-412.
- Kirchgessner, M.; Gabler, S. y Windisch, W. 1997. Homeostatic adjustments of selenium metabolism and tissue selenium to widely varying selenium supply in ¹²⁵Se labelled rats. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 78: 20-30.
- Kirchgessner, M.; Reuber, S. y Kreuzer, M. 1994. Endogenous excretion and true absorption of cobalt as affected by the oral supply cobalt. *Biol. Trace Elem. Res.* 41: 175-189.
- Knaus, W. 2009. Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. *J. Sci. Food Agric.* 89: 1107-1114.
- Koenen, E.P.C.; Veerkamp, R.F.; Dobbelaar, P. y De Jong, G. 2000. Genetic analysis of body condition score of lactating Dutch Holstein and Red-and-White heifers. *J. Dairy Sci.* 84:1265-1270.
- Kohn, R.A.; Dinneen, M.M. y Russek-Cohen, E. 2005. Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs, and rats. *J. Anim. Sci.* 83:879-889.
- Kohn, R.A.; Kalscheur, K.F. y Russek-Cohen, E. 2002. Evaluation of models to estimate urinary nitrogen and expected milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* 85:227-233.
- Kolver, E.S.; Roche, J.R.; de Veth, M.J.; Thorne, P.L. y Napper, A.R. 2002. Total mixed rations versus pasture diets: evidence for a genotype x diet interaction in dairy cow performance. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 62:246-251.
- Krall, E.P. 2010. Interacción genotipo-ambiente en vacas Holstein y Holstein por Jersey en sistemas a pastoreo. Tesis para optar al grado de Dr. en Cs. Veterinarias. Univ. Nac. Rosario. Argentina.
- Krall, E.; Chilibroste, P.; Marini, P.R. y Mancuso, W. 2009. Evaluación de la interacción genotipo-ambiente en vacas Holstein y Holstein x Jersey. XXXII Congreso de AAPA. *Rev. Arg. Prod. Animal.* 29 (Supl. 1).
- Krall, E.; Mancuso, W.; Bassi, A. y Marini, P.R. 2007. Producción de grasa butirosa, proteína y sólidos totales en relación al peso vivo de vacas Holstein y Holstein x Jersey. *Jornadas de divulgación técnico-científicas. Facultad de Ciencias Veterinarias – UNR* p.89-90.

- Krall, E., Mancuso, W. y Casado, E. 2005. Comparación de dos grupos genéticos en un predio lechero pastoril de la cuenca lechera este de Entre Ríos. XXXIII Jornadas de Buiatría Paysandú. Centro Médico Veterinario de Paysandú. Uruguay. Pp 179-181.
- Kume, S.; Kurihara, M.; Takahashi, S.; Shibata, M. y Aii, T. 1986. Effect of hot environmental temperature on major mineral balance in dairy cows. *Japan. J. Zoot. Sci.* 57: 940-945.
- Kuusela, E. y Khalili, H. 2002. Effect of grazing method and herbage allowance on the grazing efficiency of milk production in organic farming. *Anim. Feed Sci. Tech.* 98: 87-101.
- Laborde, D. 2004. Las estrategias de mejora genética del ganado lechero en Uruguay, coincidencias y contradicciones. En: Manual del Curso de Producción Lechera. Fac. Cs. Vet. UNR. Casilda. CD Rom.
- Laborde, D.; Holmes, C. y Garcia, J. 1998. Eficiencia reproductiva de dos líneas de vacas Holstein Friesian que difieren genéticamente por peso. *Proc. NZ. Soc. Anim. Prod.*, 58: 73.
- Laborde, D.; Dutour, J.E.; López-Villalobos, N.; Meikle, A. y Chilbroste, P. 2014. Productive and reproductive performance of crossbred cows of North American Holstein, New Zealand Friesian, New Zealand Jersey or Swedish Red-and-White Sires and Uruguayan Holstein dams in a seasonal-calving, predominantly pasture-based system. *Proceedings, 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production*. Vancouver, Canada.
- Laguna, J.; Piña Garza, E.; Martínez Montes, F.; Pardo Vázquez, J.P. y Riveros Rosas, H. 2013. *Bioquímica de Laguna*. 7^{ma} Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Editorial El Manual Moderno, S.A. 704 pp.
- Lammoglia Villagómez, M.A.; Ávila García, J.; Alarcón Zapata, M.A.; Cabrera Núñez, A.; Gutiérrez Rodríguez, A. y Daniel Rentería, I. 2013. Rendimientos productivos y reproductivos de vacas lecheras en el primer cruzamiento rotativo en el altiplano del centro de México. *Vet. Méx.*, 44 (1):17-22.
- Lee, J.S. 2012. Albumin for end-stage liver disease. *Korean J. Int. Med.* 27:13–19.
- Linn, J. 2010. Impact of minerals in water on dairy cows. Minnesota Univ. Disponible en: <http://articles.extension.org/pages/11733/impact-of-minerals-in-water-on-dairy-cows>.
- Littledike, E.T.; Wittum, T.E. y Jenkins, T.G. 1995. Effect of breed; intake and carcass composition on the status of several macro and trace minerals of adult beef cattle. *J. Anim. Sci.* 73: 2113-2119.
- Litwin, G.M.; Mancuso, W.; Engler, P.L. y Brandi, S. 2013. Evaluación de genotipos lecheros en sistema a pastoreo. 2. Análisis económico. *Comunicación. Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 33. Sup 1. p. 77.
- Litwin, G.; Mancuso, W.; Ferrer, M. y Calvo, S. 2009. Comparación de sistemas tamberos entrerrianos según productividad. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 29, supl. 1. Pp. 348-349
- López, O. 2002. Caracterización del comportamiento productivo y reproductivo de vacas Mambí de primera lactancia en un sistema silvopastoril. Tesis M. Sci., Estación Experimental Indio Hatuey, Matanzas, Cuba, 85 Pp.
- López-Alonso, M. 2012. Trace minerals and livestock: not too much not too little. *ISRN. Vet. Sci.* Article ID 704825. 18 Pp. 10.5402/2012/704825.
- López-Alonso, M.; Miranda, M. y Blanco Penedo, I. 2011. Potentials and Limitations of Husbandry Practice in Sustainable Systems to Secure Animals' Mineral Nutrition. En: *Agr. Res. Updates*. Vol 2. Hendriks, B.P. Nova Science Publishers.

- López-Alonso, M.; Montaña, F.P.; Miranda, M.; Castillo, C.; Hernández, J. y Benedito, J.L. 2004. Interactions between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn) elements in the tissues of cattle from NW Spain. *BioMetals*. 17: 389-397.
- López-Alonso, M.; Rey-Crespo, F.; Orjales, I.; Rodríguez, R. y Miranda, M. 2016. Effects of different strategies of mineral supplementation (marine algae alone or combined with rumen boluses) in organic dairy systems. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 100: 836-843.
- López-Villalobos, N.; Comerón, E.A. y Baudracco, J. 2007. Incrementar la rentabilidad económica de la empresa lechera. selección y cruzamiento. En *IDIA XXI. Lechería*. Año 7, N° 9: 92-98. Edits. Senigagliaesi, C.; Taverna, M. y Comerón, E. Ediciones INTA. CABA. Argentina.
- López-Villalobos, N. y Garrick, D.J. 2002a. Economic heterosis and breed complementarity for dairy cattle in New Zealand. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19-23, Montpellier, France.
- López-Villalobos, N. y Garrick, D. 2002b. Profitability of rotational crossbreeding programmes in commercial dairy herds. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 56:216-220.
- López-Villalobos, N.; Garrick, D.J. y Holmes, C.W. 2000a. Efecto de usar semen de toros de diferentes razas sobre la rentabilidad económica de un tambo argentino. Reunión SANCOR CUL, Sunchales (Santa Fe). Argentina. Impreso, 8 pp.
- López-Villalobos, N.; Garrick, D.J.; Holmes, C.W.; Blair, H.T. y Spelman, R.J. 2000b. Profitabilities of some mating systems for dairy herds in New Zealand. *J. Dairy Sci.* 83:144-153.
- Loste-Montoya, J.M. 2016. Influencia del manejo reproductivo sobre los rendimientos en explotaciones de vacas de raza Holstein del Valle Medio del Ebro. Memoria presentada para optar al grado de Doctor por la Universidad de Zaragoza. España.
- Lucy, M.C. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? *J. Dairy Sci.* 84:1277-1293.
- Lucy, M.C. 2003. Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reproduction* 61:415-427.
- Lugo A. y Morris G. 1982. Los Sistemas Ecológicos y la Humanidad. Secretaria General OEA, Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico. Monografía N°23. Serie Biología. Washington, D.C.
- Luna, M.L. 2011. Caracterización del perfil mineral de bovinos lecheros en establecimientos del Departamento Las Colonias – Región Centro de Santa Fe. Tesis para obtener el grado de Magister Scientae en Ciencias Veterinarias. Fac. Cs. Veterinarias (U.N.L). Disponible en: <http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080/tesis/handle/11185/303>
- Luna, M.L. y Roldan, V.P. 2013. Perfil mineral en bovinos lecheros de Santa Fe, Argentina. *Rev. Vet. UNNE*. 24: 1. 47-52.
- Macdonald, K.A.; Verkerk, G.A.; Thorrold, B.S.; Pryce, J.E.; Penno, J.W.; McNaughton, L.R.; Burton, L.J.; Lancaster, J.A.S.; Williamson, J.H. y Holmes, C.W. 2008. A comparison of three strains of Holstein-Friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances. *J. Dairy Sci.* 91:1693-1707.
- Mackey, D.R.; Gordon, A.W.; McCoy, M.A.; Verner, M. y Mayne, C. 2007. Associations between genetic merit for milk production and animal parameters and the fertility performance of dairy cows. *Anim.* 1:29-43.

- Mackle, T.R.; Parr, C.R.; Stakelum, G.K.; Bryant, A.M. y MacMillan, K.L. 1996. Feed conversion efficiency, daily pasture intake, and milk production of primiparous Friesian and Jersey cows calved at two different liveweights. *New. Zeal. J. Agr. Res.* 39:3, 357-370.
- Macrae, A.I.; Whitaker, D.A.; Burrough, E.; Dowell, A. y Kelly, J.M. 2006. Use of metabolic profiles for the assessment of dietary adequacy in UK dairy herds. *Vet. Rec.* 155: 655-661.
- Madalena, F.E. 2001. Consideraciones sobre modelos para la predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos –Revisión bibliográfica. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9: 108-117.
- Madalena, F.E. 2002. Cruces entre razas bovinas para la producción económica de leche. Capítulo IX. En: *Avances en la ganadería de doble propósito*. Carlos González-Stagnaro; Eleazar Soto Belloso y Lílido Ramírez Iglesia; Edit. Editado por la Fundación GIRARZ. Valera. Estado Trujillo, Venezuela.
- Madalena, F.E. 2011. Manejo de los recursos genéticos para el desarrollo de sistemas de producción de leche sostenibles. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 19 (1-2): 8-10.
- Mäki-Tanila, A. 2007. An overview on quantitative and genomic tools for utilizing dominance genetic variation in improving animal production. *Agric. Food Sci.* 16:188–198.
- Malchiodi, F.; Cecchinato, A. y Bittante, G. 2014a. Fertility traits of purebred Holsteins and 2- and 3-breed crossbred heifers and cows obtained from Swedish Red, Montbéliarde, and Brown Swiss sires. *J. Dairy Sci.* 97:7916–7926.
- Malchiodi, F.; Cecchinato, A.; Penasa, M.; Cipolat-gotet, C. y Bittante, G. 2014b. Milk quality, coagulation properties, and curd firmness modeling of purebred Holsteins and first- and second-generation crossbred cows from Swedish Red, Montbéliarde, and Brown Swiss Bulls. *J. Dairy Sci.* 97:4530–4541.
- Mancuso, W.A. y Marini, P.R. 2012. Comportamiento de vacas lecheras primíparas y sus cruzas en un sistema a pastoreo de Entre Ríos (Argentina). *Rev. Vet. UNNE.* 23 (2): 138-143.
- Mancuso, W.; Marini, P.; Brandi, S. y A. Leroy, F. 2010. Comportamiento de biotipos lecheros en un sistema tambero argentino. *Actas. XXVI Congreso Mundial de Buiatría*. Santiago. Chile.
- Mancuso, W.; Marini, P.; Brandi, S. y A. Leroy, F., 2011. Comportamiento de genotipos lecheros en sistemas a pastoreo con suplementación. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 31 (Supl. 1): 155-185.
- Mancuso, W.A.; Marini, P.R.; Brandi, S. y A. Leroy, F. 2012. Comportamiento de genotipos lecheros en sistemas a pastoreo con suplementación. *Rev. Arg. Prod. Animal (Vol. 31)*. 2012.
- Mancuso, W.; Marini, P.R.; Krall, E. y Betancour, O. 2006. Producción y composición de leche de vacas Holstein y Cruzas Holstein x Jersey. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 24 (Sup.1).
- Mao, K.; Sloniewski, P.; Madsen, J. y Jensen, J. 2004. Changes in body condition score and in its genetic variation during lactation. *Livest. Prod. Sci.* 89: 55–65.
- Marini, P.R. 2004. Indicadores productivos y reproductivos de vacas de diferentes edades al primer parto en sistemas a pastoreo. *Arch. Zoot. (España)* 53: 202-208.
- Marini, P.R. y Oyarzabal, M. I. 2002. Patrones de producción de vacas lecheras. 1. Componentes de la producción y sus características según nivel de producción. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 22(1): 29-46.
- Marini, P.R.; Charmandarian, A.; Krupick, M. y Di Masso, R.J. 2011. Altura a la cadera e indicadores productivos y reproductivos en vacas lecheras en pastoreo. *Arch. Zootec.* 60 (232): 1181-1189.

- Marini, P.R.; Krall, E.; Mancuso, W.; Saldaña, S., Betancur, O. y Salvarey, L. 2006. Evaluación de biotipos lecheros en sistemas de producción del litoral norte argentino-uruguayo. Centro Médico Veterinario de Paysandú. Paysandú. Uruguay. Pág. 156-158.
- Matrone, G. 1970. Studies on copper-molybdenum-sulphate interrelationships. En: Trace Element Metabolism in Animals. Proceedings of WAAP/IBP International Symposium. Mills, C.F. (Eds.). E&S Livingstone. Edimburgo y Londres, Gran Bretaña. Pp 354-362.
- McAllister, A.J. 2002. Is crossbreeding the answer to questions of dairy breed utilization? *J. Dairy Sci.* 85: 2352–2357.
- McArt, J.A.; Nydam, D.V.; Oetzel, G.R.; Overton, T.R. y Ospina, P.A. 2013. Elevated nonesterified fatty acids and b-hydroxybutyrate and their association with transition dairy cow performance. *Vet. J.* 198:560–570.
- McCarthy, S.; Berry, D.P.; Dillon, P. Rath, M. y Horan, B. 2007. Influence of Holstein-Friesian strain and feed system on bodyweight and body condition score lactation profiles. *J. Dairy Sci.* 90:1859–1869.
- McCarthy, B.; Pierce, K.M.; Delaby, L.; Brennan, A. y Horan, B. 2012. The effect of stocking rate and calving date on reproductive performance, body state, and metabolic and health parameters of Holstein-Friesian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95:1337–1348.
- McDonald, P.; Edwards, R.A.; Greenhalgh, J.F.D. y Morgan, C.A. 1997. *Nutrición Animal*, 5ª ed, Zaragoza, España. Editorial Acribia. 395 Pp.
- McDowell, L.R. 2003. *Minerals in animal and human Nutrition*. Editorial Elsevier. Amsterdam. Netherland.
- McDowell, L.R.; Conrad, J.H. y Hembry, F.G. 1993. *Minerals for Grazing Ruminants in Tropical Regions*, 2nd ed. Animal Science Department, University of Florida, Gainesville, Florida.
- McDowell, R.E. 1985. Crossbreeding in tropical areas with emphasis on milk, health, and fitness. *J. Dairy Sci.* 68: 2418–2435.
- McDowell, R.E. y McDaniel, B.T. 1968a. Interbreed Matings in Dairy Cattle. I. Yield Traits, Feed Efficiency, Type and Rate of Milking. *J. Dairy Science* Vol. 51: 5.
- McDowell, R.E. y McDaniel, B.T. 1968b. Interbreed matings in dairy cattle. III. Economic aspects. *J. Dairy Sci.* 51(10): 1649-1658.
- McDowell, R.E.; Richardson, G.V.; Lehmann, R.P. y McDaniel, B.T. 1969. Interbreed matings in dairy cattle. IV. Growth rate of two-breed crosses. *J. Dairy Sci.* 52 (10): 1624-1632.
- McDowell R.E.; Richardson, G.V; Mackey B.; McDaniel B. 1970. Interbreed matings in dairy cattle. reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 53:757-763. Pp. 12-15
- McParland, S.; O'Brien, B. y McCarthy, J. 2013. The association between herd- and cow- level factors and somatic cell count of Irish dairy cows. *Irish J. Agr. Food Res.* 52(2):151-158.
- Meikle, A.; Cavestany, D.; Carriquiry, M.; Adrien, M.; Artegoitia, V.; Pereira, I.; Ruprecht, G.; Pessina, P.; Rama, G.; Fernández, A.; Breijo, M.; Laborde, D.; Pritsch, O.; Ramos, J. M.; de Torres, E.; Nicolini, P.; Mendoza, A.; Dutour, J.; Fajardo, M.; Astessiano, A.L.; Olazábal, L.; Mattiauda, D. y Chilibroste, P. 2013. Avances en el conocimiento de la vaca lechera durante el período de transición en Uruguay: un enfoque multidisciplinario. *Agrociencia Uruguay - Volumen 17 (1):141-152.*

- Meikle, A.; Cavestany, D.; Ferraris, A.; Blanc, E.J.; Elizondo, F. y Chilibroste P. 2005. Efecto del manejo de la alimentación durante el período de transición sobre la primera ovulación posparto en vacas primíparas y multíparas. En: XXXIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú. Uruguay. pp. 226-227.
- Meikle, A.; Kulcsar, M.; Chilliard, Y.; Febel, H.; Delavaud, C.; Cavestany, D. y Chilibroste P. 2004. Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. *Reproduction*, 127:727-737.
- Melin, M.; Svennersten-Sjaunja, K. y Wiktorsson, H. 2005. Feeding patterns and performance of cows in controlled cow traffic in automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 88:3913-22.
- Mella Fuentes, C.; Anrique Gimpel, R. y González Verdugo, H. 2009a. Eficiencia proteica de vacas Holstein neozelandés y F1 (Jersey - Holstein neozelandés) en pastoreo. Libro de Resúmenes XXXIV Congreso Anual Sociedad Chilena de Producción Animal. Pucón, Chile.
- Mella Fuentes, C.; González Verdugo, H. y Anrique Gimpel, R. 2009b. Eficiencia energética de vacas Holstein neozelandés y F1 (Jersey - Holstein neozelandés) en pastoreo. Libro de Resúmenes XXXIV Congreso Anual Sociedad Chilena de Producción Animal. Pucón, Chile.
- Mendonça, L.G.D.; Abade, C.C.; da Silva, E.M.N.; Litherland, B.; Hansen, L.B.; Hansen, W.P. y Chebel, R.C. 2014. Comparison of peripartum metabolic status and postpartum health of Holstein and Montbéliarde-sired crossbred dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97:805–818.
- Mepham, T.B. 1993. The development of ideas on the role of glucose in regulating milk secretion. *Aust J. Agric. Res.* 44: 509–522.
- Mertens, D.R. 1996. Formulating dairy rations. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. US Dairy Forage Research Center. Informational Conference with dairy an Forage Industries. Pp. 81-92.
- Minagro. 2011. Sistema de Pago de la Leche Cruda sobre la base de Atributos de Calidad. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/185000-189999/185939/texact.htm>
- Minagro. 2017. Ministerio de Agroindustria. SubSecretaría de Lechería de la Nación. Estadísticas 2016-2017. Disponible en: http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/_01_primaria/index.php
- Minatel, L.; Buffarini, M.A.; Scarlata, E.F.; Dallorso, M.E. y Carfagnini, J.C. 2004. Niveles de cobre, hierro, zinc y selenio de bovinos del noroeste de la Provincia de Buenos Aires. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 24: 225-235.
- Minson, D.J. 1990. Forages in Ruminant Nutrition. Academic Press, San Diego, California. Pp 208–229.
- Miranda, M.; Cruz, J.M.; López-Alonso, M.; Benedito, J.L. 2006. Variations in liver and blood copper concentrations in young beef cattle raised in north-west Spain: associations with breed; sex; age and season. *Anim. Sci.* 82(2): 253-258.
- Miranda, M.; Gutiérrez, B.; Benedito, J.L.; Blanco-Penedo, I.; García-Vaquero, M. y López-Alonso, M. 2010. Influence of breed on blood and tissue copper status in growing and finishing steers fed diets supplemented with copper. *Arch. Anim. Nutr.* 64 (2): 98-110.
- Miranda, M.; Rey-Crespo, F.; Herrero-Latorre, C.; Rigueira, L. y López-Alonso, M. 2015. Profile of essential trace and toxic elements in organic and conventional dairy cattle in Spain. En: ANEMBE (Eds.), Proceedings of XX Congreso Internacional Anembe de Medicina Bovina, Burgos, Spain. Pp 205.

- Molinuevo, H.A. 2005. *Genética Bovina y Producción en Pastoreo*. Ediciones INTA. CABA. Argentina. 348 Pp.
- Molinuevo, H.A. 2006. *Parámetros productivos de la población lechera argentina; análisis sistémico de la selección genética bovina para el sistema en pastoreo*. Ediciones INTA. CABA. Argentina. 84 Pp.
- Molinuevo, H.A.; Melucci, L.; Bustamante, J.L. y Miquel, M.C. 1982. *Interacción genético-ambiental en crecimiento de novillos cruza en condiciones de pastoreo*. Memorias, II Congreso Mundial de Genética aplicada a la Producción Ganadera, Madrid, España, 8: 286-289.
- Montgomerie W.A. 2002. *Experiences with dairy cattle crossbreeding in New Zealand*. Livestock Improvement Corporation, Animal Evaluation Unit, Hamilton, New Zealand. Paper prepared for the 53rd Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Cairo.
- Mora, M.G.; Vargas, B.; Romero, J.J. y Camacho, J. 2016. *Efecto de factores genéticos y ambientales sobre el recuento de células somáticas en ganado lechero de Costa Rica*. *Agronomía Costarricense* 40(2): 7-18.
- Morlacco, M.B., Cseh, S., Correa Luna, M., Brambilla, E. y Fernández, E. 2014. *Identificación y caracterización de deficiencias minerales en el Departamento General López, Provincia de Santa Fe*. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 34 (Supl. 1): 45-75.
- Mufarrega, D. 1999. *Los minerales en la alimentación de vacunos para carne en la argentina*. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes. Trabajo de Divulgación Técnica. Disponible en "Sitio Argentino de Producción Animal: Minerales". www.produccion-animal.com.ar
- Mufarrega, D. 2001. *El magnesio en la alimentación del ganado bovino para carne*. Noticias y Comentarios N° 354. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes. Argentina. Disponible en "Sitio Argentino de Producción Animal: Minerales". www.produccion-animal.com.ar
- Mufarrega, D. 2002. *Nutrición mineral de los ovinos en Corrientes y Entre Ríos*. Informe de Divulgación. Sector de Producción Animal. Estación Experimental INTA Mercedes. Corrientes. Argentina. Disponible en "Sitio Argentino de Producción Animal: Minerales". www.produccion-animal.com.ar
- Mufarrega, D. 2003. *El hierro y el manganeso en la alimentación del ganado de carne en la región NEA*. INTA E.E.A Mercedes, Corrientes, Noticias y Comentarios N° 376. Disponible en "Sitio Argentino de Producción Animal: Minerales". www.produccion-animal.com.ar
- Mulligan, F. y Doherty, M. 2008. *Production diseases of the transition cow*. *Vet. J.* 176:3-9.
- Mulryan, G. y Mason, J. 1992. *Assessment of liver copper status in cattle from plasma copper and plasma copper enzymes*. *Ann. Rech. Vet.* 233-238.
- Musi, D. 2008. *Genética y Producción*. Resúmenes XI Congreso Nacional de Lechería 2008. Estudio Ganadero Pergamino. Argentina. Pp. 32-37.
- Mylrea, P.J. y Bayfield, R.F. 1968. *Concentrations of some components in the blood and serum of apparently healthy dairy cattle 1. Electrolytes and Minerals* Department of Agriculture, Veterinary Research Station, Glen field, New South Wales. *Austr. Vet. Journal.* 44: 365-369.
- Nantapo, C.T.W. y Muchenje, V. 2013. *Winter and spring variation in daily milk yield and mineral composition of Jersey, Friesian cows and their crosses under a pasture-based dairy system*. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 43 (Suppl. 1): 17-21.

- Nauta, W.J.; Veerkamp, R.F.; Brascamp, E.W. y Bovenhuis, H. 2006. Genotype by environment interaction for milk production traits between organic and conventional dairy cattle production in The Netherlands. *J Dairy Sci.* 89(7):2729-37
- Nemec, L.M.; Richards, J.D.; Atwell, C.A.; Diaz, D.E.; Zanton, G.I. y Gressley, T.F. 2012. Immune responses in lactating Holstein cows supplemented with Cu, Mn and Zn as sulfates or methionine hydroxy analogue chelates. *J. Dairy Sci.* 95: 4568-4577.
- Noro, M.; Borkert, J.; Hinostroza, G.A.; Pulido, R. y Wittwer, F. 2011. Variaciones diarias de metabolitos sanguíneos y su relación con el comportamiento alimenticio en vacas lecheras a pastoreo primaveral. *Revista Científica, FCV-LUZ.* XXI (2): 125-130.
- Nozad, S.H.; Ramin, A.G.; Moghadam, G.H.; Asri-Rezaei, S.; Kalantary, L.; Babapour, A.; Ramin, S. y Phillips, C.J.C. 2013. Monthly and seasonal evaluation of dietary nutrients and their Relationships with blood and milk parameters in lactating dairy cows. *Acta Veterinaria (Beograd)* 63 (2-3): 255-268.
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 7th ed. (Revised). National Academy Press, Washington, DC.
- NRC (National Research Council). 2005. *Mineral tolerance of animals*. National Academy Press, Washington, DC.
- O'Connell, T.X.; Horite, T.J. y Kasravi, B. 2005. Understanding and interpreting serum protein electrophoresis. *Am. Fam. Physician.* 71:105-112.
- Oetzel, G. 2007. Herd level ketosis -diagnosis and risk factors. 40th Annual Conference American Association of Bovine Practicioners, Vancouver, Canada, Pp 67-91.
- Oldham, J.D., Simm, G. y Marsden, S. 1996. Nutrition-genotype interactions in dairy cattle. In: *Recent Developments in Ruminant nutrition*. P.C. Garnsworthy and D.J.A. Cole (Eds.). Nottingham University Press, Nottingham, U.K. Pp 35-53.
- Olson, K.M.; Cassell, B.G. y Hanigan, M.D. 2010. Energy balance in first-lactation Holstein, Jersey, and reciprocal F1 crossbred cows in a planned crossbreeding experiment. *J. Dairy Sci.* 93:4374-4385.
- Olson, K.M.; Cassell, B.G.; Hanigan, M.D. y Pearson, R.E. 2011. Short communication: Interaction of energy balance, feed efficiency, early lactation health events, and fertility in first-lactation of Holstein, Jersey, and reciprocal F1 crossbred cows. *J. Dairy Sci.* 94:507-511.
- Ospina, P.A.; Nydam, D.V.; Stokol, T. y Overton, T.R. 2010. Association between the proportion of sampled transition cows with increased nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate and disease incidence, pregnancy rate, and milk production at the herd level. *J. Dairy Sci.* 93: 3595-3601.
- Overton, M.W. 2011. *Dairy Records Analysis and Evaluation of Performance*. En: *Dairy Production Medicine*. Risco, C.A. y Retamal, P.M. (Eds.). Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK. Pp. 272-302.
- Owens, P. 2010. *A Literature Review on Crossbreeding in Dairy Cattle*. Senior Project to the Faculty of the Dairy Science Department. California Polytechnic State University, San Luis Obispo. California. USA.
- Palladino, R.A.; Buckley, F.; Prendiville, R.; Murphy, J.J.; Callan, J. y Kenny, D.A. 2010. A comparison between Holstein-Friesian and Jersey dairy cows and their F1 hybrid on milk fatty acid composition under grazing conditions. *J. Dairy Sci.* 93: 2176-2184

- Patton, J.; Murphy, J.J.; O' Mara, F.P. y Butler, S.T. 2008. A comparison of energy balance and metabolic profiles of the New Zealand and North American strains of Holstein Friesian dairy cattle. *Animal* 2:969–978.
- Payne, J.M.; Dew, S.D.; Manston, R. y Faulks, M.; 1970. The use of metabolic profile test in dairy herds. *Vet. Rec.* 87: 150 – 158.
- Pedersen, J. y Christensen, L.G. 1989. Heterosis for milk production traits by crossing Red Danish, Finish Ayrshire and Holstein Friesian cattle. *Livest. Prod. Sci.* 23:253–266.
- Penasa, M.; De Marchi, M.; Dal Zotto, R.; De Jong, G.; Bittante, G. y Cassandro, M. 2010a. Heterosis effects in a black and White dairy cattle population under different production environments. *Livest. Sci.* 131:52–57.
- Penasa, M.; López-Villalobos, N.; Evans, R.D.; Cromie, A.R.; Dal Zotto, R. y Cassandro, M. 2010b. Crossbreeding effects on milk yield traits and calving interval in spring-calving dairy cows. *J. Anim. Breed. Genet.* 127:300–307.
- Peña Castellanos, F. 2002. Importancia del nitrógeno ureico de la leche como índice para evaluar la eficiencia productiva y reproductiva de las vacas lecheras. *Rev. ACOVEZ* 27 (1): 3-9.
- Pereira, I.L.; Laborde, D.; Carriquiry, M.; López-Villalobos, N. y Meikle, A. 2010. Blood metabolic profiles in Uruguayan Holstein and Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein -Friesian dairy cows. *Proceedings New Zealand Society of Animal Production*, 70: 311-315.
- Pereira, V.; Carbajales, P.; López-Alonso, M. y Miranda, M. 2017. Effect of breed (dairy or beef) on trace element concentrations in cattle intensively reared for meat production. *Anim. Prod. Sci.* In press.
- Pereyra, A.; Ramos, G.; Sonvico, V y Musi, D. 1997. Predicción de la producción de leche en vacas Holando-Argentino para diferentes intervalos parto-primer control. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.* Vol. 12 (1, 2 y 3). Pp. 19-26.
- Pérez-Carrera, A.; Moscuza, C.; Grassi, D. y Fernández-Cirelli, A. 2007. Composición mineral del agua de bebida en sistemas de producción lechera de Córdoba, Argentina. *Vet. Méx.* 38 (2): 154.
- Perkin Elmer. 1982. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Norwalk, Connecticut. USA.
- Petraškiene, R.; Pečiulaitiene, N y Jukna, V. 2011. Influencia del cruzamiento en la edad al primer parto y la productividad de la primera lactación de ganado lechero criado en Lituania. *Rev. Cuba. Cien. Agríc.* 45(3): 237-241.
- Petraškiene, R.; Pečiulaitiene, N. y Jukna, V. 2013. Crossbreeding influence of dairy breeds cattle on average of lactation length and on average of productivity. *Vet. Med. Zoot.* 64 (86): 65-69.
- Pinto-Santini, L.V.; Martínez, N.; Drescher, K.; Machado, I.; Domínguez, C. y Ruiz, A. 2011. Relación entre balance energético, concentración de Metabolitos sanguíneos y expresión Hipotalámica del receptor tipo 1 de orexina y neuropéptido Y en vacas mestizas durante el postparto. *Rev. Fac. Cs. Vets. UCV.* 52(1):25-37.
- Plan Mapa de Suelos, Convenio INTA-Gobierno de Entre Ríos. 2001. Carta de Suelos de la República Argentina, Departamento Nogoyá, Provincia de Entre Ríos. Acuerdo Complementario EEA Paraná. Argentina. Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 20, (ISSN-0325-9099), 266 Pp.

- Postma, G.C.; Minatel, L. y Carfagnini, J.C. 2010. Deficiencia de cobre en bovinos en pastoreo de la Argentina. Revisión Bibliográfica. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 30 (2): 189-198.
- Prendiville, R.; Pierce, K.M. y Buckley, F. 2009. An evaluation of production efficiencies among lactating Holstein-Friesian, Jersey, and Jersey×Holstein-Friesian cows at pasture. *J. Dairy Sci.* 92:6176–6185.
- Prendiville, R.; Pierce, K.M. y Buckley, F. 2010. A comparison between Holstein -Friesian and Jersey dairy cows and their F1 cross with regard to milk yield, somatic cell score, mastitis, and milking characteristics under grazing conditions. *J. Dairy Sci.* 93:2741–2750.
- Pryce, J.E.; Coffey, M.P. y Brotherstone, S. 2000. The genetic relationship between calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. *J. Dairy Sci.* 83: 2664–2671.
- Pryce, J.E.; Wall, E.E.; Lawrence, A.B. y Simm, G. 2001. Breeding strategies for organic dairy cows. Proc. 4th NAHWOA Workshop, Wageningen, The Netherlands. Network for Animal Health and Welfare in Organic Agriculture. Univ. Reading, UK.
- Puls, R. 1994. Mineral Levels in Animal Health. Sherpa International, Clearbrook, British Columbia, Canada.
- Rabasa, S.L. 1986. Importancia relativa de los componentes de la producción. Ganado Bovino Criollo. Subcomité Asesor del Árido Subtropical Argentino de la Secretaría de Ciencia y Técnica y Orientación Gráfica Editora. Pp 151-163.
- Radostits, O.M.; Blood, D.C. y Henderson, J.A. 2010, *Veterinary Medicine*, 8th Ed., Bailliere & Tindall Publication, Ltd., London.
- Ramos, A.; Cabrera, M.C.; Astigarraga, L. y Saadoun, A. 2007. Variaciones estacionales del contenido de Ca, P, Mg, S, Fe, Zn y Cu de Alfalfa, Trébol rojo y Lotus y de su bioaccesibilidad por un método rápido in vitro. *Actas Asoc. Peruana Pción. Animal – Asoc. Latinoam. Pción. Animal - Cusco, Perú*, 2007.
- Rastani, R.R.; Andrew, S.M.; Zinn, S.A. y Sniffen, C.J. 2001. Body composition and estimated tissue energy balance in Jersey and Holstein cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 84:1201–1209.
- Rauw, W.M.; Kanis, E.; Noordhuizen-Stassen, E.N. y Grommers, F.J. 1998. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livest. Prod. Sci.* 56:15-33.
- Rey-Crespo, F.; López-Alonso, M. y Miranda, M. 2014. The use of seaweed from the Galician coast as a mineral supplement in organic dairy cattle. *Animal.* 8(4): 580-586.
- Ricciardino, M.Z.; Doello Jurado, M. y Bruno, J. 1982. Factores que influyen sobre el metabolismo del cobre en bovinos de carne de la provincia de Entre Ríos. Resúmenes IV Congreso Argentino de Ciencias Veterinarias. La Plata. 55 pp.
- Roberts, T.; Chapinal, N.; Leblanc, S.J.; Kelton, D.F.; Dubuc, J. y Duffield, T.F. 2012. Metabolic parameters in transition cows as indicators for early-lactation culling risk. *J. Dairy Sci.* 95:3057–3063.
- Roche, J.R.; Berry, D.P. y Kolver, E.S. 2006. Holstein-Friesian strain and feed effects on milk production, body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3532–3543.

- Roche, J.R.; Friggens, N.C.; Kay, J.K.; Fisher, M.W.; Stafford, K.J. y Berry, D.P. 2009. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 92:5769–5801.
- Roche, J.F.; Mackey, D. y Diskin, M.D. 2000. Reproductive management of postpartum cows. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61:703-712.
- Rochinotti, D. 1991. Estado de la investigación en nutrición mineral en la República Argentina, En "DIALOGO XXX. SUPLEMENTACION MINERAL. Reunión sobre Determinación de Carencias y Suplementación Mineral de Bovinos. Campo Grande, MS, Brasil. 8-12 junio 1987. Puignau, J.P. (Eds.). IICA. Montevideo, Uruguay.
- Roderick, S. 2008. Dairy cow breeding for organic farming. Research topic review. Institute of Organic Training and Advice, Craven Arms, Shropshire, UK. Disponible en: http://organicadvice.org.uk/papers/Res_review_14_roderick.doc
- Roesch, M.; Doherr, M.G. y Blum, J.W. 2005. Performance of dairy cows on Swiss farms with organic and integrated production. *J. Dairy Sci.* 88:2462–2475.
- Roldán, V.P.; Gasparotti, M.L.; Luna, M.; Pierola, F.; Sola, J.M.; Gapel, C. y Pinto, M. 2005. Estudio comparativo de perfiles minerales metabólicos minerales de vacas lecheras. Disponible en: Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Vol 6: 12. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121205/120503.pdf>
- Rollin, F. y Guyot, H. 2014. Manejo de los minerales traza en el ganado. University of Liège, Faculty of Veterinary Medicine, Clinical Department of Production Animals, Clinics for ruminants, Belgium. Disponible en: http://www.produccionbovina.com.ar/suplementacion_mineral/215-minerales_Traza.pdf
- Romero, L.; Cuatrin, A.; Comerón, E. y Maciel, M. 2004. Modelos de ajuste de curvas de primeras lactancias de vacas lecheras de un sistema de parición bien estacionado. *Rev. Arg. de Producción Animal*, 24 – Supl. 1:323.
- Roseler, D.K.; Ferguson, J.D.; Sniffen, C.J. y Herrema, J. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76:525-534.
- Rosol, T.J. y Capen, C. 1997. En: Kaneko, J.; Harvey, J. y Bruss, M. (Eds.). *Clinical biochemistry of domestic animals*. Academy Press, San Diego, Pp 619 -670.
- Rowlands, G.J. 1980. A review of variations in the concentrations of metabolites in the blood of beef and dairy cattle associated with physiology, nutrition and disease, with particular reference to the interpretation of metabolic profiles. *World Rev. Nutr. Diet.* 35: 172-235.
- Royal, M.D.; Darwash, A.O.; Flint, A.P.F.; Webb, R.; Woolliams, J.A. y Lamming, G.E. 2000. Declining fertility in dairy cattle: Changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Anim. Sci.* 70:487–501.
- Royal, M.D.; Pryce, J.E.; Woolliams, J.A. y Flint, A.P.F. 2002. The genetic relationship between commencement of luteal activity and calving interval, body condition score, production and linear type traits in Holstein-Friesian dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85:3071–3080.
- Rozzi, P.; Miglior, F. y Hand, K.J. 2007. A Total Merit Selection Index for Ontario Organic Dairy Farmers. *J. Dairy Sci.* 90:1584–1593.
- Ruvuna, F.; McDaniel, B.T.; McDowell, R.E.; Johnson Jr., J.C.; Hollon, B.T. y Brandt, G.W. 1983. Crossbred and Purebred Dairy Cattle in Warm and Cool Seasons. *J. Dairy Sci.* 66: 2408-2417.

- Ruvuna, F.; McDowell, R.E.; Cartwright, T.C. y McDaniel, B.T. 1986. Growth and Reproduction Characteristics of Purebred and Crossbred Dairy Cattle in First Lactation. *J. Dairy Sci.* 69: 782-793.
- Sager, R.L. 2000. Agua para bebida de bovinos. INTA E.E.A. San Luis. Re-edición de Serie Técnica N° 1. 26 pp. Disponible en "Sitio Argentino de Producción Animal: Agua de bebida para animales". www.produccion-animal.com.ar
- Sager, R.L. 2008. Calidad de Agua de Bebida. Conferencia en: Simposio sobre gestion y utilizacion del agua. 31 Congreso AAPA. Potrero de los Funes. Argentina.
- Sahinduran, S.; Sezer, K.; Buyukoglu, T.; Albay, M.K. y Karakurum, M.C. 2010. Evaluation of some haematological and biochemical parameters before and after treatment in cows with ketosis and comparison of different treatment methods. *J Anim Vet Adv.* 9:266-71.
- Salamanca, A. 2010. Suplementacion de minerales en la produccion bovina. Disponible en: REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504. Vol.11 N°09. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090910/091009.pdf>.
- Sánchez, W.K.; McGuire, M.A. y Beede, D.K. 1994. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: Review and original research, *J. Dairy Sci.* 77: 2051-2079.
- Sánchez, J.M. y Saborío-Montero, A. 2013 Prevalence of hypocalcemia in grazing Jersey herds in Costa Rica. (Abstract) International Conference in Production Disease in Farm Animals, Uppsala, Sweden. Pp 150.
- Sánchez, J.M. y Saborío-Montero, A. 2014. Hipocalcemia e hipomagnesemia en un hato de vacas Holstein, Jersey y Guernsey en pastoreo. *Agron. Costarric.* 38 (2): 55-65.
- Saravia A. 1983. "Un Enfoque de Sistemas para el Desarrollo Agrícola". Agroamérica. N° 11. Ediciones de IICA. San José de Costa Rica.
- Scándolo, D.; Scándolo, D.G.; Cuatrín, A.; Vottero, D. y Maciel, M. 2011. Influencia de la concentración de nitrógeno ureico y la progesterona suprabasal sobre la fertilidad de vacas cruce Holando x Jersey. *Rev. Arg.Prod. Anim.* Vol 31 Supl.1.
- Schneider, M. del P.; Cantet, R.J.C. y Santos Cristal de Sivak, M. 2002. Análisis de supervivencia en la evaluación genética de vida productiva en rebaños lecheros: una introducción. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 22 N° 2: 127-139.
- Schwager-Suter, R.; Stricker, C.; Erdin, D. y Kunzi, N. 2001. Net efficiencies of Holstein, Jersey, and F1-crosses. *Anim. Sci.* 72:335-342.
- Sewalem, A; Miglior, F; Kistemaker, GJ y Van Doormaal, BJ. 2006. Analysis of the Relationship Between Somatic Cell Score and Functional Longevity in Canadian Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 89(9):3609-3614.
- Sharma, N.; Singh, N.K. y Bhadwal, M.S. 2011. Relationship of Somatic Cell Count and Mastitis: An Overview. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 24(3):429-438.
- Shook, G.E. 2006. Major advances in determining appropriate selection goals. *J. Dairy Sc.* 89(4): 1349-1361.
- Siciliano-Jones, J.L.; Socha, M.T.; Tomlinson, D.J. y DeFrain J.M. 2008. Effect of trace mineral source on lactation performance, claw integrity, and fertility of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 91: 1985-1995.

- Silva, L.E.O.; Chihuailaf, R.; Céspedes, J.; Wittwer, F. y Noro, M. 2013. Indicadores metabólicos y nutricionales en vacas lecheras del sur de Chile. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol 33 Supl. 1:17-43.
- Snyder, M. 2006. La cría de vaquillonas en el negocio del tambo. *Revista Producir XXI*. Luján. Buenos Aires. Argentina. Vol.14: 43-49.
- Socha, M.T.; Tomlinson, D.; Rapp, C. y Johnson, A. 2002. Effect of nutrition on claw health. En: *Proceedings of the Society of Dairy Cattle Veterinarians*. New Zeal. Vet. Assoc. Conference. Pp 73-91.
- Soder, K.J. y Rotz, C.A. 2001. Economic and environmental impact of four levels of concentrate supplementation in grazing dairy herds. *J. Dairy Sci.* 84:2560–2572.
- Sordillo, L.M. y Aitken, S.L. 2009. Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 128: 104-109.
- Sørensen, M.K.; Norberg, E.; Pedersen, J. y Christensen, L.G. 2008. Invited Review: Crossbreeding in dairy cattle: a Danish perspective. *J. Dairy Sci.* 91: 4116–4128.
- Spears, J.W. y Weiss, W.P. 2008. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *Vet. J.* 176: 70-76.
- SPSS. 2006. *STATISTICS, IBM SPSS for Windows 15*. Chicago, IL: SPSS Inc.
- Subiyatno, A.; Mowat, D.N. y Yang, W.Z. 1996. Metabolite and hormonal responses to glucose or propionate infusions in periparturient dairy cows supplemented with chromium. *J. Dairy Sci.* 79: 1436–1445.
- Sundrum, A. 1997. Assessing animal welfare standards of housing conditions-possibilities and limitations. *Livestock Farming Systems. More than Food Production*. EAAP. 89: 238-246.
- Suttle, NF. 2010. *Mineral Nutrition of Livestock*. 4th ed. Cabi Publishing, UK.
- Swan, A.A. y Kinghorn, B.P. 1992. Symposium: dairy crossbreeding, evaluation and exploitation of crossbreeding in dairy cattle. *Evaluation and exploitation of crossbreeding in dairy cattle*. *J. Dairy Sci.* 75:624-639.
- Tame, M. 2008. Management of trace elements and vitamins in organic ruminant livestock nutrition in the context of the whole farm system. *Institute of Organic Training & Advice: Research Review: Management of trace elements and vitamins*. Disponible en: http://orgprints.org/13565/1/Res_review_4_tame2.pdf
- Taverna, M. 2002 *Composición química de la leche*. Informe Final Proyecto Nacional de Lechería del INTA. Ediciones INTA. CABA. Argentina.
- Taverna, M. 2007. La calidad como factor de competitividad de la cadena láctea. En: *Manual de referencias técnicas para el logro de leche de calidad*. Ediciones INTA. Pg. 9-18.
- Terry, N.; Zayed, A.; De Souza, M. y Tarun, A. 2000. Selenium in higher plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 51: 401-432.
- Thompson, J.R.; Everett, R.W. y Hammerschmidt, N.L. 2000. Genetics and breeding effects of inbreeding on production and survival in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 83:1856–1864.
- Tothova, C.; Nagy, O. y Kovac, G. 2016. Serum proteins and their diagnostic utility in veterinary medicine: a review. *Vet. Med-Czech* 61 (9):475–496.
- Touchberry, R.W. 1992. Crossbreeding effects in dairy cattle: The Illinois experiment, 1949 to 1969. *J. Dairy Sci.* 75: 640–667.

- Touchberry, R.W. y Batra, T.R. 1976. Body weight changes in lactating purebred and crossbred dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 59:733–743.
- Touchberry, R.W. y Bereskin, B. 1966. Crossbreeding dairy dattle. II. Weights and body measurements of purebred Holstein and Guernsey females and their reciprocal crossbreds. *J. Dairy Sci.* 49:647.
- Underwood, E.J. y Suttle, N.F. 2002. Los minerales en la nutrición del Ganado. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- USDA (United State Department of Agriculture). 2012. Trend in inbreeding coefficient for Holstein and Red & White. Disponible en: <https://www.cdc.us/eval/summary/inbrd.cfm?>
- Vallone, R.; Camiletti, E.; Exner, M.; Mancuso, W. y Marini, P. 2014. Análisis productivo y reproductivo de vacas lecheras Holstein, Pardo Suizo y sus cruza en un sistema a pastoreo. *Rev. Vet. UNNE.* 25:1, 40-44.
- Valtorta, S.E. y Leva, P.E. 1998. Caracterización del ambiente físico. En: Producción de Leche en Verano. Centro de Publicaciones. UNL. Santa Fe. Pp 9-20.
- Valtorta, S.E.; Scarpati, O.E.; Leva, P.E. y Gallardo, M.R. 2000. Summer environmental effects on milk production an composition in an argentine grazing system. De Dear, R.J.; Kalma, J.D.; Oke, T.R. (Eds.) *Biometeorology an urban climatology at the turn of the millenium.* Pp 347-352.
- Vance, E.R.; Ferris, C.P.; Elliott, C.T.; Hartley, H.M. y Kilpatrick, D.J. 2013. Comparison of the performance of Holstein-Friesian and Jersey Holstein-Friesian crossbred dairy cows within three contrasting grassland-based systems of milk production. *Lives. Sci.* 151: 66–79.
- Vance, E.R; Ferris, C.P.; Elliott, C.T.; McGettrick, S.A. y Kilpatrick, D.J. 2012. Food intake, milk production, and tissue changes of Holstein-Friesian and Jersey × Holstein-Friesian dairy cows within a medium-input grazing system and a high-input total confinement System. *J. Dairy Sci.* 95:1527–1544.
- Van Raden, P.M. y Sanders, A.H. 2003. Economic merit of crossbred and purebred US dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86: 1036-1044.
- Van Raden, P.M.; Tooker, M.E.; Cole, J.B.; Wiggans, G.R. y Megonigal Jr., J.H. 2007. Genetic Evaluations for Mixed-Breed Populations. *J. Dairy Sci.* 90: 2434–2441.
- Van Saun, R.J. 2009. Nutritional requirements and assessing nutritional status. *Vet. Clin. N. Am. Food A.* 25(2): 265-279.
- Vargas-Leiton, B.; Marín-Marín, Y. y Romero-Zúñiga, J.J. 2012. Comparación bioeconómica de grupos raciales Holstein, Jersey y Holstein×Jersey en Costa Rica.. *Agron. Mesoam.* 23(2): 329-342.
- Vargas-Leiton, B. y Romero-Zúñiga, J.J. 2010. Efectos genéticos aditivos y no aditivos en cruces rotacionales Holstein× Jersey y Holstein× Pardo suizo. *Agron. Mesoam.* 21(2): 223-234.
- Veerkamp, R.F.; Beerda, B. y van der Lende, T. 2001. Genetic influences on metabolic load and reproduction in dairy cattle. Proceedings of the 52nd Annual meeting of EAAP, Budapest, Hungary. Wageningen Press, Wageningen, The Netherlands, p. 189.
- Veerkamp, R.F.; Beerda, B. y van der Lende, T. 2003. Effects of genetic selection for milk yield on energy balance, levels of hormones, and metabolites in lactating cattle, and q possible links to reduced fertility. *Livest. Prod. Sci.* 83:257–275.

- Vera, M.; Cuatrín, A.; Scandolo, D.; Maciel, M.; Franco, L.G.; Romero, L. y Comerón, E. 2009. Razas y cruzas lecheras: efecto sobre el desempeño productivo y reproductivo de once explotaciones lecheras. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 29 Supl.1. Pp 351.
- Verley, F.A. y Touchberry, R.W. 1961. Effects of crossbreeding on reproductive performance of dairy cattle 1, 2. *J. Dairy Sci.* 44 (11): 2058-2067.
- Vernon, R.G. 2002. Nutrient partitioning, lipid metabolism and relevant imbalances. Proc. of the 12th World Buiatrics Congress, Hannover, Germany.
- Vesely, J.A.; McAllister, A.J.; Lee, A.J.; Batra, T.R.; Lin, C.Y.; Roy, G.L.; Wauthy, J.M. y Winter, K.A. 1986. Reproductive performance of crossbred and purebred dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69: 518-526.
- Visek, W.J. 1979. Ammonia metabolism, urea cycle capacity and their biochemical assesment. *Nutr. Rev.* 37:273-282.
- Vivot, E.P.; Cruañes, M.del C. y Vesco, C.J. 2000. Caracterización hidroquímica preliminar del acuífero Paraná. *Rev. Científica Agropec.* 4: 19-23 Fac. Cs. Agropecuarias – Univ. Nac. Entre Ríos. Argentina.
- Wagemann, C.; Wittwer, F.; Chihuaila, R. y Noro, M. 2014. Estudio retrospectivo de la prevalencia de desbalances minerales en grupos de vacas lecheras en el sur de Chile. *Arch. Med. Vet.* 46: 363-373.
- Walsh, S.; Buckley, F.; Pierce, K.; Byrne, N.; Patton, J. y Dillon, P. 2008. Effects of breed and feeding system on milk production, body weight, body condition score, reproductive performance, and postpartum ovarian function. *J. Dairy Sci.* 91:4401-4413.
- Waltner, S.S.; McNamara, J.P. y Hillers, J.K. 1993. Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:3410-3419.
- Washburn, S.P y Mullen, K.A.E. 2014. Invited review: genetic considerations for various pasture-based dairy systems. *J. Dairy Sci.*, 10: 97.
- Washburn, S.P.; White, S.L.; Green Jr., J.T. y Benson, G.A. 2002. Reproduction, mastitis, and body condition of seasonally calved Holstein and Jersey cows in confinement or pasture systems. *J. Dairy Sci.*, 85:105-111.
- Weidmann, P.E.; Schneider, M. del P.; Valtorta, S.E.; Baudracco, J. y Grosso, S.A. 1997. Respuestas de vacas Holstein y craza Holstein x Jersey en la cuenca lechera santafesina. *Rev. Facultad de Agronomía. UBA.* 17 (1): 91-94.
- Weidmann, P.E.; Thomas, J.A.; Heer, G.; Valtorta, S.E.; Gonzalez, A.; Weidmann, R.L.; Zen, G. y Garnero, O. 2002. Calidad de la leche producida en los departamentos centrales de la cuenca lechera santafesina. Composición química. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 1 (2). Pp 25-38.
- Weigel, K.A., y Barlass, K.A. 2003. Results of a producer survey regarding crossbreeding on US dairy farms. *J. Dairy Sci.* 86: 4148-4454.
- Weiss, W. 2002. Relationship of mineral and vitamin supplementation with mastitis and milk quality. En: Annual Meeting-National Mastitis Council Incorporated. Pp 37-44.
- Weiss, W.P. y Socha, M.T. 2005. Dietary manganese for dry and lactating cows. *J. Dairy Sci.* 88: 2517-2523.
- Weschenfelder, M.; Barboza, C.; Wagemann, C.; Böhmwald, H.; Chihuailaf, R.; Wittwer, F. y Noro, M. 2010. Presentación de desbalances energéticos y alteraciones hepáticas en rebaños lecheros

- de Chile durante 1986-2010. XXXV Congreso Sociedad Chilena de Producción Animal. Coyhaique, Chile.
- White, S.L.; Benson, G.A.; Washburn, S.P. y Green Jr., J.T. 2002. Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.*, 85:95–104.
- Whitehead D.C. 2000. Nutrient elements in grassland, *Soil-Plant-Animal Relationships*. CABI Publishing. 369 pp.
- Wilcoxon, F. 1945. Individual comparisons by ranking methods. *biometrics Bulletin*, Vol. 1, N°6. Pp. 80-83.
- Wittwer, F. 1994. Diagnóstico de desbalances metabólicos nutricionales en animales de producción. En: Congreso Nacional de RIA y evaluación de metabolitos sanguíneos y cinéticas digestivas relacionadas con nutrición y reproducción. Maracay, Venezuela.
- Wittwer, F. 2000. Diagnóstico de desequilibrios metabólicos de energía en rebaños bovinos. En: González, F.; Barcellos, J.; Ospina, H. y Ribiero, L. (eds). *Perfil Metabolico em ruminantes*. Pp 9-22. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Brasil.
- Wittwer F. 2007. Diagnóstico y control de carencias minerales en bovinos. Seminario Internacional de Nutrición y Alimentación Animal UNISARC, Risaralda, Colombia.
- Xue, B.; Yan, T.; Ferris, C.F. y Mayne, C.S. 2011. Milk production and energy efficiency of Holstein and Jersey-Holstein crossbred dairy cows offered diets containing grass silage. *J. Dairy Sci.* 94:1455–1464.
- Yang, W., Mowat, D.; Subiyatno, A. y Liptrap, R. 1996. Effects of chromium supplementation on early lactation performance of Holstein cows. *Can. J. Anim. Sci.* 76:221–230.
- Yasui, T.; Ehrhardt, R.M.; Bowman, G.R.; Vazquez-Anon, M.; Richards, J.D.; Atwell, C.A.; Wineman, T.D. y Overton, T.R. 2009. Effects of trace mineral amount and source on aspects of oxidative status and immune function in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92 (Suppl.1):725 (Abstr.).
- Younes, R.M.; Ayadi, M.; Najjar, T.; Caccamo, M.; Schadt, I. y M'Rad, M.B. 2011. Effect of Thermal Stress, Cistern Size and Milking Frequency on Plasma Mineral Concentrations in Holstein Dairy Cows. *J. Life Sci.* 5: 739-746.



Anexos





Comportamiento de vacas lecheras primíparas y sus cruizas en un sistema a pastoreo de Entre Ríos (Argentina)

Mancuso, W.A.¹; Marini, P.R.²

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) EEA Paraná, Ruta Provincial 11, km 12,5 - Oro Verde (3101), Entre Ríos (Argentina), E-mail: wmancuso@parana.inta.gov.ar. ²Facultad de Ciencias Veterinarias, Univ. Nac. Rosario, Ovidio Lagos y Ruta 33, Casilda (2170), Santa Fe (Argentina). E-mail: pmarini@fveter.unr.edu.ar.

Resumen

Mancuso, W.A.; Marini, P.R.: *Comportamiento de vacas lecheras primíparas y sus cruizas en un sistema a pastoreo de Entre Ríos (Argentina)*. *Rev. vet.* 23: 2, 138-143, 2012. Se planteó como objetivo evaluar distintos genotipos lecheros durante su primera lactancia, en un sistema a pastoreo con suplementación de la cuenca lechera de Entre Ríos, Argentina. Se analizaron datos retrospectivos de lactancias de vacas primíparas pertenecientes a cinco genotipos lecheros: Holstein (H), H x Jersey (F1), F1 x Pardo Suizo (P), F1 x Guernsey (G) y retrocruza de las vacas triple cruza con H (R). Las vacas presentaron diferentes pesos al parto en los años 2007 y 2010, en tanto la edad al primer parto mostró diferencias en la F1 en 3 de los 4 años. El G aparece como uno de los genotipos con menor y más constante intervalo parto-concepción (ipc) en todos los años, en tanto F1 mostró los menores valores para ese parámetro en los últimos tres períodos y H siempre mostró los mayores, confirmando que mayores producciones se asocian a peores indicadores reproductivos. El número de servicios por preñez y los días en lactancia acompañaron en general la tendencia del ipc, pero revelaron una alta variabilidad dentro de cada genotipo, rotando la performance de los genotipos según el año. La producción de leche estuvo por encima de 6.000 litros en todos ellos, destacándose H cuando las condiciones ambientales y de alimentación se lo permitieron. La producción de grasa butirosa y proteína total se presentó muy variable entre genotipos y años, siendo H y G los de mayor producción en todos los años. Puede concluirse que las variaciones dentro de cada genotipo analizado y las diferentes respuestas que cada uno de ellos produjo, no permiten explicar adecuadamente la posible adaptación o no de los animales al ambiente y manejo del sistema durante el período considerado, aunque podría afirmarse que los genotipos F1 y G son los más estables en producción y con mejores respuestas reproductivas para estas condiciones.

Palabras clave: vaca lechera, genotipos, sistema a pastoreo, primer lactancia, reproducción, producción de leche.

Abstract

Mancuso, W.A.; Marini, P.R.: *Behavior of primiparous dairy cows and their crossbred in a shepherding system from Entre Rios (Argentina)*. *Rev. vet.* 23: 2, 138-143, 2012. The purpose of this work was to evaluate different dairy genotypes during their first lactation in a grazing system with supplementation in Entre Rios, Argentina. We analyzed retrospective data from lactations of primiparous cows from five dairy genotypes: Holstein (H), H x Jersey (F1), F1 x Brown Swiss (P), F1 x Guernsey (G) and triple backcross of cows crossed with H. The cows showed different birth weights in 2007 and 2010, while age at first birth showed differences in F1 in 3 of the 4 years. The genotype G appears to have the lowest and most constant calving to conception interval (ipc) in each year, F1 was the best in the last three periods and H always showed a low reproductive efficiency, confirming that the major productions were associated with poorer reproductive indicators. The number of services per pregnancy and lactation on the whole go with the general ipc trend, but has a great variability within each genotype, rotating the performance of the genotypes according to the year. Milk production was above 6,000 liters in all of them, being H the one that stood out when environmental and food conditions were favorable. Production of butyric fat and total protein were highly variable among genotypes and years, being H and G the most productive. It can be concluded that the variations within each genotype analyzed and the different

responses that each of them produced do not explain adequately the possible adaptation of the animals to the current environment and management, although it could be argued that F1 and G genotypes are the most stable as regards production and offer the best reproductive responses for these conditions.

Key words: dairy cow, genotypes, grazing systems, first lactation, reproduction, milk production.

INTRODUCCIÓN

Las regiones en vías de desarrollo utilizan los distintos sistemas de cruzamiento de razas bovinas como medio para obtener un aumento de la producción de leche y sólidos ya que, por poseer situaciones menos favorables para razas puras, éstas no pueden demostrar todo su potencial^{3,7}.

Este aspecto es aún más importante cuando se consideran áreas con algunas limitantes de clima y/o suelo, en las cuales se desarrollan cada vez más las producciones lecheras⁹. Un ejemplo es la cuenca lechera entrerriana, donde muchos productores han incrementado su interés en los últimos años sobre las cruzas, en pos de encontrar un genotipo más adaptado a sus sistemas a pastoreo con suplementación, debido a las limitaciones agroecológicas que poseen para aquellos animales de alto mérito genético.

Entre las razones que generaron ese interés se cuentan la menor fertilidad actual de las vacas Holstein, sus problemas crecientes en cuanto a facilidad de parto, las superficies de campo limitadas para producir el volumen de forraje necesario para abastecer a animales de alto potencial, las dificultades económicas para mantener esquemas de producción con medianos a altos niveles de suplementación concentrada y, dentro de lo vinculado a aspectos comerciales, los cambios que se están dando en la negociación del precio de la leche, basado cada vez más en sólidos útiles^{5,10}.

Frente a la complejidad de la temática y a la falta de información más ajustada acerca del comportamiento local de otras razas lecheras y sus cruzas, se plantea el objetivo de evaluar el comportamiento de distintos genotipos lecheros y sus cruzas en su primera lactancia, en un sistema a pastoreo con suplementación estratégica, típico de la cuenca lechera de Entre Ríos, Argentina.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se evaluaron rodeos pertenecientes a un establecimiento lechero comercial ubicado en el centro-oeste de la Provincia de Entre Ríos (32° 00' Sur y 59° 34' Oeste), donde todas las vacas de primera parición de los diferentes genotipos se manejaron en la misma instalación de ordeño, pastoreando las mismas pasturas y verdes y se alimentaron con la misma asignación de forrajes conservados y concentrados. En dicho sistema, se analizaron los datos retrospectivos de lactancias de vacas primíparas pertenecientes a cinco genotipos lecheros: Holstein Americano-Canadiense: "H"; H x Jersey Ca-

nadiense: "F1"; F1 x Pardo Suizo: "P"; F1 x Guernsey: "G" y "Retrocruza" (P o G) x H: "R", considerando las cantidades de animales que se muestran en Tabla 1.

Las variables productivas y reproductivas evaluadas fueron: peso al primer parto (kg), edad al primer parto (epp) en meses, intervalo parto-concepción (ipe) en días, número de servicios utilizados para la concepción (ns), días en lactancia (dl), producción de leche de la lactancia terminada (pl) en litros, grasa butirosa (GB) y proteína total (PT), ambas en kg.

Dado que el año de parto conlleva ambientes nutricionales y climáticos distintos, los diferentes genotipos se analizaron por separado según año de parto y, como en el establecimiento las pariciones son estacionadas, no se tuvo en cuenta como efecto el momento de parto.

La Figura 1 muestra, expresados en kilogramos de materia seca (MS) promedio mensual, los diferentes aportes de: forrajes pastoreados (pasturas polifíticas y verdes anuales de invierno -avena y raigrás- y de verano -sorgo forrajero y soja-), conservados (silajes de planta entera de maíz y de sorgos, henos de praderas y pulpa fresca de citrus -muy escaso y ocasional-) y concentrados (granos de maíz y de sorgo, afrechillo de trigo, harina de soja y sales minerales), que se les ofrecieron a los animales durante los cuatro años de ensayos.

El ambiente climático durante el período considerado fue muy variable, tanto en precipitaciones como en la combinación de temperatura y humedad relativa ambiente. Esto repercutió en la disponibilidad de forrajes para pastoreo y en la confección de reservas en base a verdes y pasturas permanentes, lo cual se condice con el mayor consumo de alimentos extra-tambo (pulpa de citrus y concentrados) de los años 2008 (año "seco") e inicios de 2009.

Para visualizar los resultados de los efectos se obtuvieron los promedios y error estándar para cada variable y se realizó la comparación de medias por test de Tukey-Kramer HSD ($p < 0,05$) de las diferentes variables pro-

Tabla 1. Cantidad de animales analizados según genotipo y año de parición.

genotipo	2007	2008	2009	2010	totales
H	11	16	14	10	51
F1	227	168	125	88	608
G	32	42	126	299	499
P	33	66	42	16	157
R	0	0	24	77	101
totales	303	292	331	490	1416

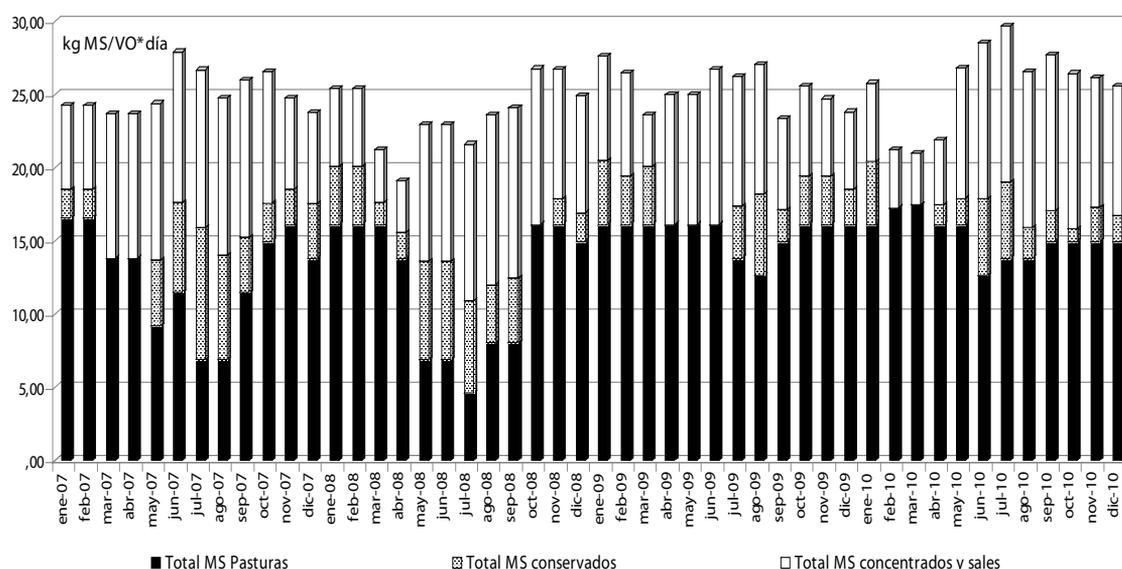


Figura 1. Oferta promedio mensual de cada grupo de alimentos (kg/MS).

ductivas y reproductivas evaluadas. Por su parte, para la variable ns se obtuvieron la mediana y sus rangos y se la analizó a través del test Wilcoxon/Kruskal-Wallis.

RESULTADOS

Peso vivo y edad al primer parto. En la Tabla 2 se observa que las vacas de primer parto solo presentaron diferentes pesos al parto ($p < 0,05$) en los años 2007 y 2010, siendo H las más pesadas en 2007 y las F1 las menos pesadas en 2010. No se encontraron diferencias ($p > 0,05$) entre los demás genotipos en los otros años, aunque H siempre mostró una tendencia al mayor peso y F1 al menor de todos. Se observó una tendencia general al aumento de peso en todos los genotipos -salvo Holstein- a medida que avanzaron los años.

Por su parte, la edad al primer parto mostró una diferencia significativa ($p < 0,05$) solamente en la F1 debido a su mayor edad en los años 2007 (29 meses), 2008 (28,4 meses) y 2010 (24,8 meses), mientras que los otros genotipos no superaron los 25 meses al primer parto. En los últimos 2 años se equilibraron las edades para todos los genotipos entre 23 y 25 meses de edad, aunque con F1 y H destacándose entre los de mayor edad.

Intervalo parto-concepción, cantidad de servicios por preñez y días en lactancia. Los resultados del intervalo parto-concepción (Tabla 3) muestran que en el primer año existió un gran diferencia ($p < 0,05$) entre P, que estuvo casi en el óptimo para lograr un ternero por año, con los restantes genotipos, aunque esta performance se deterioró en los años siguientes. El G apareció como uno de los más constantes y bajos para este índice en todos los

años (entre 160 y 178 días) y la Cruza F1 fue de las mejores en los últimos tres periodos (entre 119 y 138 días).

El número de servicios por preñez, aunque acompañado en general la tendencia del ipc, sostuvo una variabilidad alta dentro de cada genotipo, lo cual no permitió detectar diferencias estadísticas (Tabla 3). Sin embargo, al analizar los días de “abierto” de la H, se observa que hubo periodos muy grandes de no detección de celos o anestros.

Al analizar los días en lactancia se presentó nuevamente, al igual que en el ipc, una “rotación” de los genotipos con mejor y peor performance según el año, aunque el H apareció siempre dentro de los más altos valores en todos ellos (entre 333 y 407 días) y la F1 fue de los mejores en los últimos 2 periodos (entre 320 y 326 días) (Tabla 3).

Producción de leche. En la Figura 2 se observa que la producción de leche en lactancia terminada en general resultó muy buena para vacas de primer parto, todas por

Tabla 2. Peso vivo y edad al primer parto, según año de parición y genotipo.

	2007	2008	2009	2010
	peso vivo (kg)			
F1	496,36 ± 6,65 b	452,16 ± 18,25 a	483,53 ± 12,9 a	477,5 ± 74,6 b
G	465,80 ± 20,10 b	455,00 ± 19,96 a	531,60 ± 11,2 a	530,0 ± 66,7 a
H	632,50 ± 25,96 a	SD	530,00 ± 29,0 a	534,0 ± 84,0 ab
P	480,12 ± 22,48 b	461,60 ± 19,96 a	492,75 ± 25,1 a	535,0 ± 96,2 ab
R	---	---	499,00 ± 29,0 a	512,9 ± 66,0 ab
	edad al primer parto (meses)			
F1	29,08 ± 0,40 a	28,43 ± 0,32 a	25,25 ± 0,22 a	24,77 ± 0,27 a
G	24,50 ± 0,42 b	25,95 ± 0,64 b	24,46 ± 0,22 a	23,49 ± 0,14 b
H	25,27 ± 1,98 ab	26,96 ± 1,04 ab	24,25 ± 0,68 a	23,68 ± 0,81 ab
P	24,15 ± 0,54 b	25,91 ± 0,51 b	25,31 ± 0,39 a	23,53 ± 0,29 b
R	---	---	24,36 ± 0,52 a	24,47 ± 0,64 ab

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Tabla 3. Días entre momento de parto y confirmación de concepción, cantidad de servicios por preñez y días totales en lactancia, según año de parición y genotipo.

	2007	2008	2009	2010
Intervalo parto-concepción (días)				
F1	231,65 ± 9,2 ab	138,28 ± 10,70 a	118,65 ± 10,0 b	127,0 ± 14,3 a
G	177,93 ± 25,63 bc	171,64 ± 21,40 a	163,62 ± 9,9 a	167,6 ± 7,7 ab
H	304,36 ± 64,35 a	157,75 ± 34,67 a	170,00 ± 30,2 ab	236,8 ± 42,0 ab
P	86,48 ± 15,05 c	151,18 ± 17,07 a	111,70 ± 17,4 ab	253,0 ± 33,5 a
R	---	---	133,25 ± 23,1 ab	170,2 ± 15,2 ab
Cantidad de servicio por preñez				
F1	3 (1-13) a	1 (1-8) a	1 (1-4) a	2 (1-7) a
G	2 (1-12) b	1 (1-6) a	2 (1-13) a	2 (1-9) a
H	3 (1-6) c	1 (1-3) a	2 (1-7) a	1,5 (1-8) a
P	2 (1-4) d	1 (1-6) a	2 (1-5) a	2 (1-8) a
R	---	---	2 (1-8) a	2 (1-6) a
Días en lactancia				
F1	449,30 ± 13,90 a	331,84 ± 8,50 a	320,35 ± 6,22 b	325,6 ± 8,4 b
G	364,43 ± 17,20 b	338,95 ± 17,01 a	347,65 ± 6,17 a	344,5 ± 4,6 b
H	406,63 ± 29,39 ab	332,68 ± 27,56 a	352,28 ± 18,82 ab	388,1 ± 25,1 ab
P	345,09 ± 16,94 b	325,10 ± 13,57 a	319,40 ± 10,87 ab	400,3 ± 19,8 a
R	---	---	325,58 ± 14,38 ab	348,8 ± 9,0 ab

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas (p<0,05).

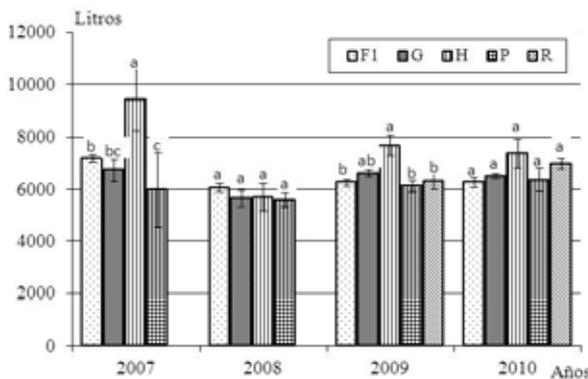
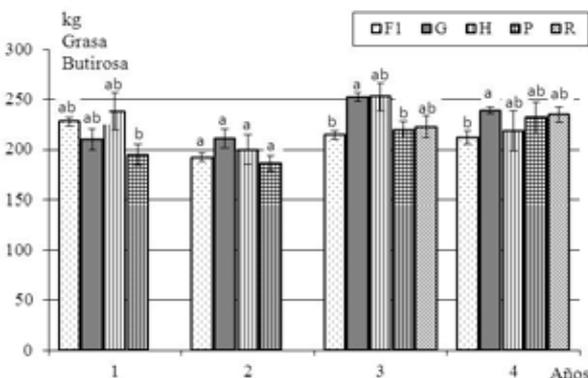


Figura 2. Producción de leche en primera lactancia, según año de parición y genotipo. Letras distintas en un mismo año indican diferencias significativas (p<0,05).



encima de 6.000 litros. Se destaca la H con 9.400 litros el año 2007, cuando las condiciones ambientales y de manejo de la alimentación le permitieron expresar su potencial.

En los demás años este genotipo también presentó los mayores volúmenes de producción individual, siendo solamente superado en 2008 donde, con déficit de precipitaciones y menor oferta de forrajes, se emparejaron todos los genotipos. Se observó que P formó parte siempre del grupo de menor producción y, por otra parte, se presentó una tendencia a emparejar las producciones en todos los genotipos en el año 2010, con valores entre 6.000 y 7.000 litros.

Producción de grasa butirosa (GB) y proteína total (PT).

La producción de GB y PT (Figura 3) se presentó muy variables entre genotipos y años, especialmente GB. Dentro de los genotipos, siempre H y G se encontraron entre los de mayor producción. Son destacables los valores logrados por F1 el primer año y por R y P en el año 2010, especialmente en PT. El genotipo H durante dos años (2007 y 2010) produjo más PT que GB, efecto posiblemente asociado al tipo de alimentación y/o problemas ambientales (estrés calórico en 2010) que habrían repercutido en el tipo de ácidos generados en rumen y/o el metabolismo energético de los animales.

DISCUSIÓN

El sistema analizado, en general, fue similar al de las principales cuencas lecheras de Argentina, con vacas que pastorean y son suplementadas con forrajes conservados y alimentos concentrados en niveles crecientes, aunque muy vinculados a la relación de precios entre la leche y los granos. Si bien al definir el sistema de producción lechero más adecuado para una dada re-

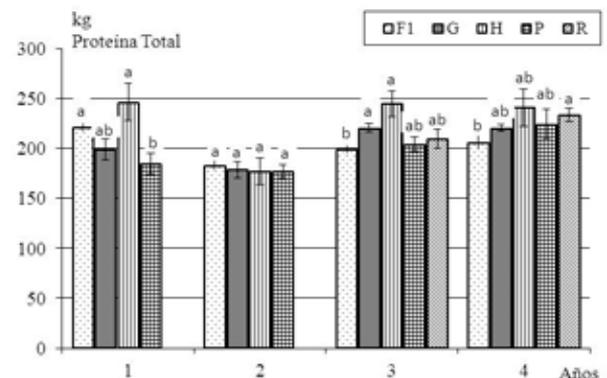


Figura 3. Producción de grasa butirosa y proteína total según año de parición y genotipo.

gión agroecológica, la elección de la raza o cruce a utilizar debería ser una de las decisiones mejor estudiadas, esto no parece estar resuelto para la situación analizada.

Es conocido que las vacas lecheras poseen requerimientos de energía vinculados especialmente con su mantenimiento y sus niveles de producción. O sea, cuanto más pesada sea la vaca, mayores requerimientos de mantenimiento debe satisfacer y, ante aportes limitados de alimento, podrá derivar menos energía para producir leche e incluso podrían verse afectados sus parámetros reproductivos. Como se observa en los resultados obtenidos en el presente trabajo, el genotipo H fue el de mayor peso en todos los años, tendiendo a cumplir con la recomendación de llegar al peso al primer parto con alrededor del 90% del peso adulto. El genotipo de menor peso fue siempre F1, con valores entre 496 y 452 kg como extremos, aunque en algunos años no se detectaron diferencias con los otros genotipos debido a la variación amplia entre animales.

En relación a la edad al parto, según datos del Control Lechero Oficial Nacional de la Asociación de Criadores de Holando Argentino (ACHA), las vaquillonas llegan al parto a los 32-34 meses de vida y, sobre 106.464 primeras lactancias cerradas en el período 2000-2005 del Control Lechero Oficial, el promedio general de edad al primer parto de vaquillonas fue de 32 meses¹¹. Si se considera que la edad óptima al primer parto de vacas lecheras está entre los 22 y 27 meses¹, los resultados obtenidos en este trabajo señalan que todos los genotipos estudiados se acercan al óptimo teórico en los últimos dos años, con primeros partos entre 23 y 25 meses. Sólo la F1 en el primer año evaluado (2007) mostró un valor superior a los 29 meses, similar a los resultados encontrados en vacas Holstein⁸. El manejo de la recria de vaquillonas en este sistema, para los diferentes genotipos y sus cruces, podría entonces definirse como adecuado, ya que permite tener una vaca de primer parto a los 24 meses, inseminándola a los 15 meses de edad.

En bovinos lecheros, la búsqueda de mayor eficiencia tanto biológica como económica, requiere de una elevada producción de leche por lactancia y de un buen desempeño reproductivo. En las vacas lecheras los caracteres productivos y reproductivos presentan habitualmente una correlación genética desfavorable, por lo cual un aumento de la producción de leche por selección implica, por lo general, un deterioro de la fertilidad^{6,10}. En los sistemas productivos en pastoreo esta incompatibilidad se torna extrema^{5,8}. Trabajos realizados mostraron que la cruce F1 (HxJ) pareciera tener un mejor comportamiento reproductivo en los sistemas a pastoreo^{2,5}, hecho que podría atribuirse a la combinación de sus menores requerimientos de mantenimiento y al efecto heterótico puesto de manifiesto en las hembras cruces.

En los resultados encontrados en el presente trabajo, H siempre mostró una baja eficiencia reproductiva confirmando en tal sentido que, a mayor producción, se incrementa el ipc. Este deterioro reproductivo también

se evidencia en las cruces, donde la búsqueda de una mayor producción individual en las vacas podría estar anulando o disminuyendo su posible ventaja en tal aspecto frente al genotipo Holstein, tal como se mencionó anteriormente, lo cual puede apreciarse claramente en los resultados obtenidos en el año 2008. La cantidad de días en lactancia tiene una relación directa con la producción individual, evidenciando que las vacas se mantienen más días en lactancia debido a que poseen un mayor intervalo parto concepción. De la misma manera se comportaron los distintos genotipos y cruces para la producción de GB y PT en los años estudiados, ambas fueron muy variables y tuvieron una alta relación con la alimentación recibida y el ambiente climático.

Los resultados obtenidos coinciden con trabajos^{4,5} que demuestran que el comportamiento productivo y reproductivo de los genotipos y sus cruces parecen estar muy influenciados por el ambiente nutricional, ya que en condiciones de mayor disponibilidad de calidad y cantidad de alimentos concentrados, el genotipo Holstein supera en producción de leche a las cruces, pero al mismo tiempo es el genotipo más afectado cuando existen restricciones alimenticias, situación similar a lo acontecido en el actual estudio.

Existieron diferentes comportamientos de las variables analizadas dentro de cada genotipo, con diferentes respuestas para cada uno de ellos según el año analizado, lo cual no permitió explicar adecuadamente la posible adaptación o no de los animales al ambiente y manejo del sistema. Podría afirmarse que las cruces F1 y G fueron las más estables en producción y las que presentaron las mejores respuestas reproductivas para estas condiciones, pero sería importante repetir el análisis utilizando indicadores agregados que permitan confirmar esta presunción e identificar el genotipo mejor adaptado.

Agradecimientos. A los ingenieros Santiago Brandi y Fabián Álvarez Leroy, del establecimiento "El Caraguatá" S.A., por su colaboración en la recopilación de información, discusión técnica de los avances y apoyo financiero para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

1. **Bouissou RG.** 1997. Edad al primer parto. *Rev Marca Lìquida* (Córdoba, Argentina) 64: 41-44.
2. **Dutour EJ, Laborde D, Meikle A, Chilbroste P.** 2010. Comportamiento reproductivo de vacas primiparas de diferentes grupos raciales en un sistema pastoril de producción de leche. *Rev Arg Prod Anim* 30: 85-108.
3. **Faust M.A.** 2005. *Análisis de cruce entre razas lechera (ABS México)*. On line: <http://www.engormix.com/MAGanaderia-leche/genetica/articulos/analisis-cruza-entre-vacas-t414/103-p0.htm>.
4. **Krall E.** 2003. Análisis de registros de predios comerciales. Ganado Holando, Jersey y sus cruces para producción de leche. *Rev Plan Agropec* (Montevideo, Uruguay) 107: 31-35.

5. **Krall E, Mancuso W, Casado E.** 2005. Comparación de dos grupos genéticos en un predio lechero pastoril de la cuenca lechera este de Entre Ríos. *Anales 33° Jornadas Buiatría* (Paysandú, Uruguay), p. 179-181.
6. **Löf E, Gustafsson H, Emanuelson U.** (2007). Associations between herd characteristics and reproductive efficiency in dairy herds. *J Dairy Sci* 90: 4897-4907.
7. **Madalena FE.** 2001. Consideraciones sobre modelos para predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos. *Arch Latinoam Prod Anim* 9: 108-117.
8. **Marini PR.** 2004. Indicadores productivos y reproductivos de vacas de diferentes edades al primer parto en sistemas a pastoreo. *Arch Zoot* (España) 53: 202-208.
9. **Molinuevo HA.** 2005. Genética bovina y producción en pastoreo. *Ed. INTA* (Buenos Aires), 348 p.
10. **Rodríguez-Martínez H. et al.** 2008. La eficiencia reproductiva en vacas lecheras de alta producción. *IVIS Reviews in Vet Med* (Ithaca USA), <http://minnie.uab.es/~veteri/00011/Eficiencia%20reproductiva%20vacas.pdf>.
11. **Snyder M.** 2006. La cría de vaquillonas en el negocio del tambo. *Rev Producir XXI* (Buenos Aires) 14: 43-49.



Survival Curves to Evaluate Age of End of Lactation in Dairy Cows from Different Genotypes

Walter.A. Mancuso^{1*}, Ivana Barbona² and Pablo R. Marini³

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) EEA Paraná.Oro Verde (3100)
Entre Ríos. Argentina.

²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Zavalla (2123), Santa Fe. Argentina.
Marini, Pablo.R.

³Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario. Casilda (2170), Santa Fe. Argentina.

*Corresponding author's email: [mancuso.walter \[AT\] inta.gov.ar](mailto:mancuso.walter@inta.gov.ar)

ABSTRACT --- Lactancies were analysed in four dairy genotypes: Holstein (H), Canadian Jersey (F1), F1x Brown Swiss (P) and F1x Guernsey (G) between the years 2007 and 2011. The cows were fed on pasture, with the supplementation of concentrated fodder and they were handled in the same milking premises. Survival function was estimated through Kaplan and Meier [10] and the differences between functions were assessed by a Wilcoxon [24] test. Significant differences were found among the survival curves of all the groups in the four lactancies. In all the genotypes cows have a 50 % probability of ending their first lactancy before they are 1100 days. It is 80% probable that the cows end their second lactancy from their 1500, 1600, 1700 or 1900 days, depending on their genotype: G, P, F1 or H respectively. The probability for F1, G and P cows to end their third lactancy before their 1900 days is 80 % whereas for H, it is 20 %. Half the H cows are at least 2600 days by the end of their fourth lactancy, while the same proportion of G and P cows end with less than 2250 days and F1 do it with less than 2400 days. In the system under consideration and for the years assessed, the four genotypes showed different results as regards the age when they ended their lactancies. The H cows are more likely to end their lactancies at an older age and with a wider dispersion in time when compared with the F1 cows and – specially the G and P cows. Besides, the F1, G and P cows are more likely to get a third or fourth lactancy than the H cows.

Keywords --- Dairy genotypes, crossing, lactancies, survival, pasture systems

1. INTRODUCTION

In Argentina, mainly during the 1990s and the first decade of 2000, it was commonly observed a strong tendency for local rodeos to engross Argentinian Holstein by American Holstein genetics, selected and improved in regions where the handling and feeding conditions are really different - and generally speaking, much more controlled than those seen in pasture systems in our region, which is why the efficiency of these animals was not at its highest potential, considering reproductive problems and a low productive life as well [16]. The selection which prevailed during this period, widely based on individual cow production, had a consequence on other aspects of rodeos, such as a decline in cows longevity [11], which –in our country- was estimated in 2.4 lactancies for the cows included in the Argentinian Association of Argentinian Holstein Breeders by the year 2005 [16].

In different milking regions of the world, an important sector of dairy producers use crossings between milking breeds in order to reduce those adaptation problems and achieve faster progress as regards productive, reproductive and economic efficiency of their rodeos [14, 15, 22]. In Argentina and Uruguay these crossings have particularly intensified and widened in the last years [12]. However, the election of the breed and the crossing is closely connected to the rest of the productive system adopted, where the feeding resources, its salubrity and handling must be in harmony with the animal genotype, since the advantages of one genotype or another depend on the environment provided [15]. The genetic potential of animals is shown as long as the environment conditions permit that; and even though these do not directly modify the genetic constitution of the animal, they do determine the extension to which many characteristics are shown and, by being

measured in different environments, some of them might be considered as different characteristics but genetically correlated [6]. It is stated that the combination of genetic plus non genetic factors, as well as their interaction, directly affect productive behavior, reproduction and survival, and therefore, different genotypes must be kept in a same environment when assessing the genetic component in particular [13].

Survival, as characteristic of longevity of dairy cows, also combines aspects related to the subjective selection that producers make about the rodeo, making it necessary to analyses separately the environment and handling effects [1]. The survival analysis is recognized as an appropriate method to estimate the longevity or productive life [5] and it is included within the merit rates in countries members of Interbull, as it is a characteristic which can considerably affect the rentability of dairy companies [2, 3]. On the other side, when considering longevity through the survival analysis, it is possible to find genetic differences among animals in traits other than production such as health, fertility, structure and old age [19]. In this sense the crossing in dairy production is an option to improve these indicators, since the differences between breeds are bigger than those presented within the group and further benefits can be obtained due to the hybrid component [4, 8].

For this, it is stated the objective of evaluating the behaviour of cows as regards ages at the beginning and at the end of their four first lactancies in different dairy genotypes, in a pasturing system with strategic supplementation, typical of the milking region of Entre Rios, Argentina.

2. MATERIALS Y METHODS

In a dairy commercialcenter located in the mid-west of the province of Entre Rios (32° 00' South y 59° 34' West), retrospective data was analysed (years 2007 to 2011) in cows belonging to four different dairy genotypes Holstein (H), Canadian Jersey (F1), F1x Brown Swiss (P) and F1x Guernsey (G), whose numbers are presented in Table 1.

Table 1. Number of Animals (N) Analysed through Genotype and Lactancy

GENOTYPES	LACTANCIES				TOTALS
	First	Second	Third	Fourth	
H	52	70	108	136	366
F1	634	707	646	446	2433
P	327	134	97	42	600
G	486	340	109	28	963
TOTALS	1499	1251	960	652	4362

During the period in consideration, all the cows were handled in the same milking premises and were fed on similar pastures and grazing areas, with similar assignment of fodder and concentrated food. Rain during the period in consideration was highly irregular, as were the days with thermal stress for dairy cows, that is when the combination of temperature and environment humidity or “Temperature – Humidity Index ITH” is over 74 [21]. Table 2.

A multinomial logistic regression model was used, through the statistical programme SPSS for Windows® (SPSS Inc., Chicago, IL, version 13.0), being the following variables considered: number of lactancies reached by each cow and genotype and age (in days), as these were the only ones which provided significant data for the model under use. The interpretation of the model was carried out based on the Odds Reasons estimated.

The study of the variable “time till the end of lactancy” for each genotype was carried out through an analysis of survival where the Kaplan Meier method was applied [10]. Then, it was assessed whether there existed significant differences among survival functions for the different genotypes applying the Wilcoxon Test [24].

Table2. Weather Variables for the Period under Consideration (2007-2011)

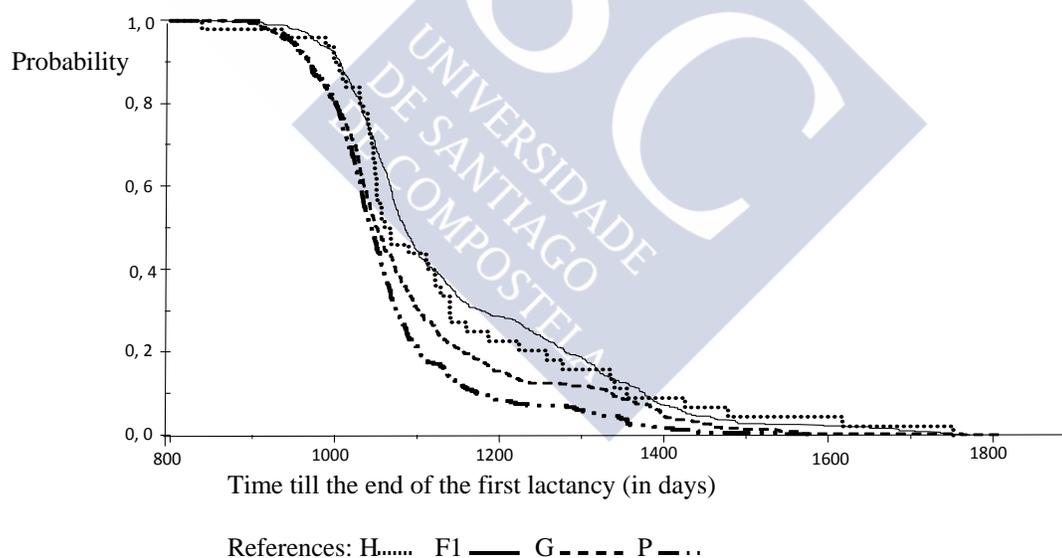
VARIABLE	YEARS				
	2007	2008	2009	2010	2011
Rain (mm)	1365	648	1465	1244	1037
Dayswith ITH over 74	43	55	60	48	41

3. RESULTS

Survival analysis.

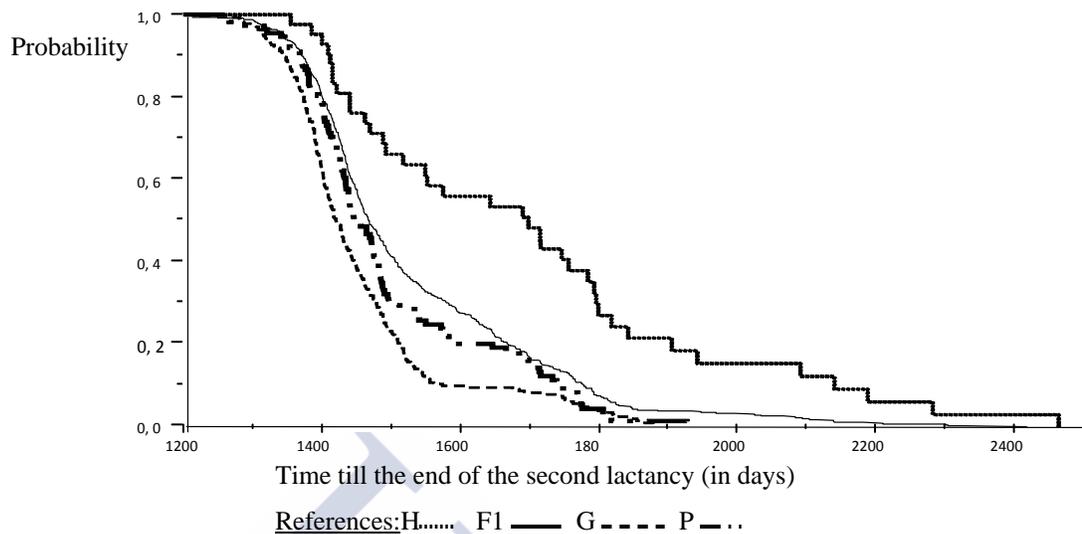
Figure 1 shows the survival curves [10]as regards the end of the first lactancy for each genotype. It can be seen that 50 % of the cows belonging to the four genotypes reach the end of their first lactancy before they get to 1100 days old. There is an 90 % of probability that P cows finish their first lactancy before they get 1200 days old, while the G, F1 and H cows require 150 more days in order to get to the same point and reach the end of their first lactancies with at least 1350 days. The differences among survival functions for the different genotypes are statistically significant ($p \leq 0,001$).

Figure 1. Survival Analysis till the end of the First Lactancy.



When analysing the survival curves for the second lactancy (Figure 2), it is observed that the H cows require at least 1700 days in order to get a 50 % of probability to reach the end of lactancy, whereas the 3 other genotypes get it within 1450 and 1500 days. For any time considered there is a minor probability that the H cows finish their second lactancy in relation to the other genotypes. The G and P cows are still the genotypes with more important gradients in the survival curves, which means they concentrate their second lactancies between the 1300 and 1900 days, a much smaller interval than the H (situated between 1350 and 2450 days). The F1 finish their second lactancies in an intermediate range, between 1300 and 2300 days. These differences are statistically significant ($p \leq 0,001$) among the genotypes as regards the survival function of time till the end of the second lactancy.

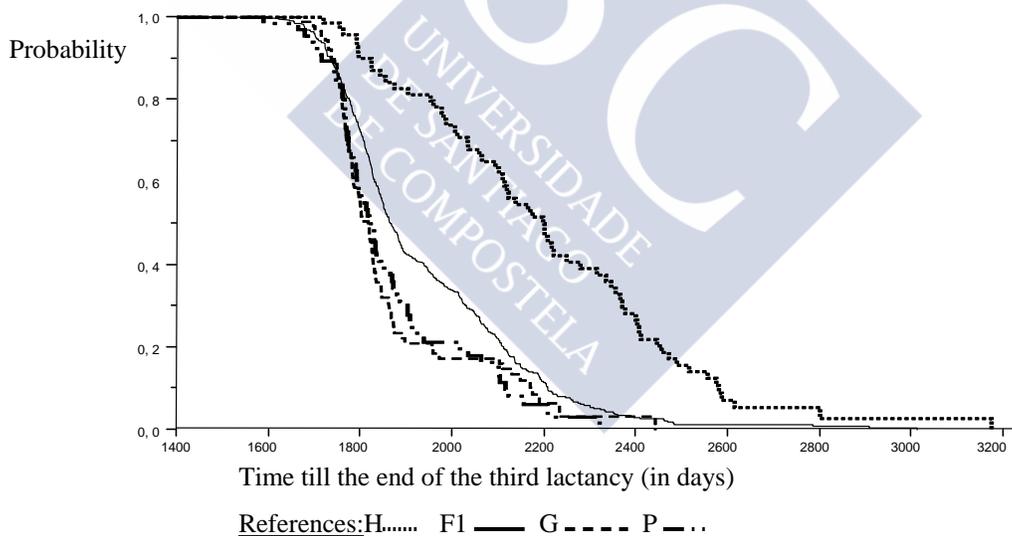
Figure 2. Survival Analysis till the end of the



SecondLactancy.

Figure 3 shows the survival curves as regards the end of the third lactancy for each genotype, and it can be seen that the H cows have a greater probability to end their third lactancy at an older age, regardless the moment that they are compared with the other genotypes.

Figure3. Survival Analysis till the end of the Third Lactancy.

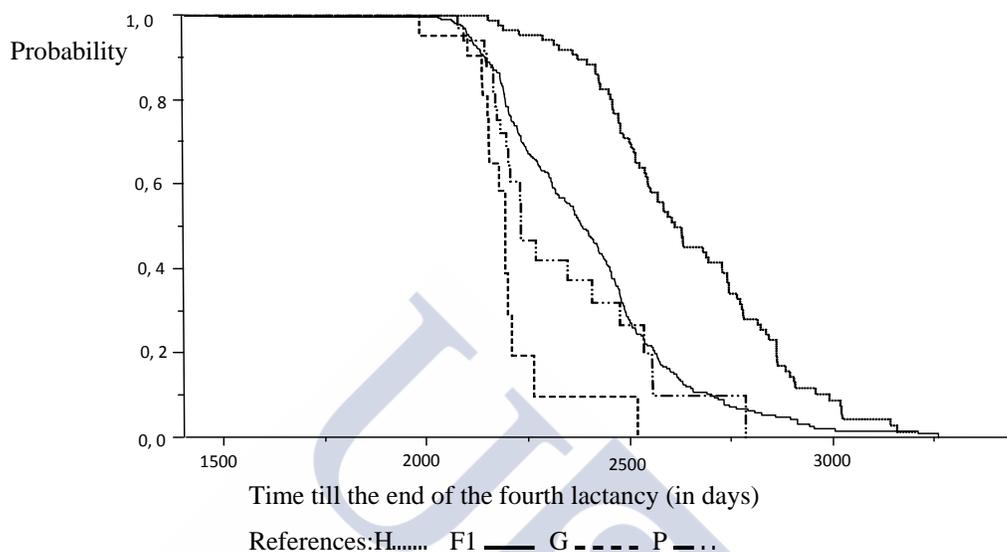


G y P cows have similar behaviour and have fewer probabilities to end their third lactancy with over 2200 days. There is high gradient of curves for P and G cows which show the concentration in the age of the third delivery between 1700 and 2200 days (90 % of probability), opposite the dispersion and older age of H cows (90% between 1800 and 2600 days). F1 behaviour is in the middle, closer to the triple crossing though. Differences as regards the time till the end of their third lactancy are significant ($p \leq 0,001$) in all the genotypes.

The survival curves for the end of their fourth lactancy (Figure 4), also shows important differences in shape and gradient, specially for genotypes G and H, being P and F1 in the middle but more similar to the triple cross cows G. With an 80 % of probability, G cows end their fourth lactancy between 2100 and 2300 days old, whereas, in order to get this 80 %, the H cows require between 2400 and 3000 days.

The H cows have 50 % of probability to reach the end of their fourth lactancy with at least 2600 days of age, while genotypes G and P reach with less than 2250 days and F1 cows with less than 2400 days. All the differences are statistically significant ($p \leq 0,001$) among the genotypes as regards the time of delivery till the end of the fourth lactancy.

Figure 4.Survival Analysis till the end of the Fourth Lactancy.



Interpretation of the multinomial logistic regression model.

The Odds Reasons were considered in order to interpret the multinomial logistic regression model. The genotypes are compared as regards “2nd lactancy versus 1st lactancy, ending the first lactancy with 1100 days”; “3rd lactancy vs 2nd lactancy, ending the lactancy by the 1800 days”.

Table 3: Some Odds Reasons in the Multinomial Logistic regression Model proposed.

Model	Breed	Age (days)	Estimated OR
2nd lactancy vs 1st lactancy	F1 vs H		2.07*
	G vs H	1100	2.14*
	P vs H		4.6*
3rd lactancy vs 2nd lactancy	F1 vs H		1.36*
	G vs H	1400	1.51*
	P vs H		2.42*
4th lactancy vs 3rd lactancy	F1 vs H		4.13*
	G vs H	1800	3.29*
	P vs H		3.65*

References: * significant differences $p \leq 0,001$

Some differences were found when comparing H cows with the other genotypes, which can be seen in Table 3. Results show greater probabilities to reach second, third and fourth lactancy for the cows of genotype F1, G and P than H cows. The results of the model “second lactancy vs first lactancy”, setting age in 1100 days, show that for cows genotype F1, G and P, the chances to reach a second lactancy are 2.07; 2.14 and 4.6 times bigger respectively than for cows H. In the case “third lactancy vs second lactancy”, setting age in 1400 days, the chances to get the third lactancy for F1, G and P cows are 1.36; 1.51 and 2.42 times bigger than for the H cows, respectively. Finally, the model “fourth lactancy vs third lactancy”, setting the age in 1800 days, shows that the chances to get to this fourth lactancy are 4.13; 3.29 and 3.65 times bigger for cows F1, G and P than for H respectively.

4. DISCUSSION

In high productive dairy cows, the traits associated to the biological efficiency or “fitness”: reproduction and longevity have been worsening despite their importance for the viability of the company itself [18]. With a smaller and smaller profit margin, being able to keep the individual productivity of each cow turns to be a critical duty for a milking company to stay financially sustainable. In that sense, within the system being considered and the period assessed, cows of the four genotypes behave differently as regards the age when they end their lactancies, which gives producers the opportunity to choose those genotypes which function at their best for this trait.

In relation to the first lactancy, despite being differences among the genotypes in the ages they end, the forms and gradients are not as different as those seen in the next three lactancies. From the second lactancy on, the H cows do mark a difference with the other genotypes, with an important dispersion among individuals where only half of the cows end within the 57 months. This implies that, if these animals have a 50% probability to end their first lactancy by their 37 months and two months later they have their second delivery, they were lactating 18 months on average. On the other side crossed cows, with the same probability of ending their first lactancy by their 37 months, end up with the same chance (50%) their second lactancy, but before their 50 months, which means that the average length of such lactancy in those genotypes would be 11 months, 7 months shorter than the H cows.

The tendency to longer lactancies in pure breeds is kept, although not as marked, in the duration of the third lactancy, where H cows get to 14.5 months and the other genotypes 11.5 months. This is consistent with the results found in the pasture production systems which compared the length of lactancies for purebred Holstein cows with the crossbreeds Red Danish and Red Swedish [17]. Another characteristic to be considered in the second and third lactancies assessed, is the high gradient of the curves of G and P, which shows the concentration of ages for successive deliveries, opposite a dispersion and older age when ending their lactancies for H cows. The F1 cows, on their side, behave in the middle, with gradients closer to the triple crossing cows. In relation to the fourth and last lactancy assessed, cows of genotypes G and P have a 50 % probability of ending it with 75 months old, which implies that it lasted around 10 months, while for the same chance in cows H, they end it with 87 months, 12 months total length. The F1 behaved in the middle as regards age of ending this lactancy (80 months), but this one lasted almost 15 months, the longest of all genotypes.

By fixing the average age for ending the first lactancy of the rodeo in 37 months (1100 days) for further analysis, it is clear that the handling of re breeding and the reproductive aspects of cows during first delivery is the appropriate. Something similar occurs with the parameters used to define the average age for the end of the second and third lactancy (47 and 60 months respectively), which highlight the good general reproductive behaviour of the rodeo. However, it is important to point out the smaller probabilities for H cows to end their lactancies by that age when compared with any of the crossbreeds, which reinforces the analysis carried out about the length of lactancies and agrees with the results found by García-Peniche *et al.* [7] when they compared Holstein Cows vs Brown Swiss and Jersey in seven American milking regions, since the two latter ones had greater probabilities to reach a 5th lactancy, trait which could be transmitted to the cows crossed with them. Touchberry [20], when studying the survival of crossbreeds Guernsey x Holstein and purebred Guernsey and Holstein for 20 years, from 1949 to 1969, observed that 88% of the cross cows survived the first delivery while only 83% of the pure Holstein cows did. Eighty-five per cent of the cross cows had two deliveries, opposite to the Holstein cows with only 77 %. Vesely *et al.* [23] found no differences between cross cows Ayrshire x Holstein and pure Holstein cows as regards the cattle loss from the first to the second lactancy. However, from the first experiment, Hocking *et al.* [9] using the survival analysis, found that the cross cows Ayrshire x Holstein had a longer productive life than the pure Holstein cows. Those findings support the personal comments of the producers from the milking region of Entre Rios (Argentina) who observe better reproductive indicators in their rodeos when using crossbreeds from Holstein.

5. CONCLUSIONS

The four genotypes under study show different behaviour when analysing the end of their first four lactancies, being the Holstein cows the ones with a higher probability of ending each lactancy at an older age and with a greater dispersion in time, especially when compared to the triple cross cows Swiss Brown and Guernsey

6. ACKNOWLEDGEMENT

To the engineers Santiago Brandi and Fabián Alvarez Leroy, from “El Caraguatá S.A.”, for their cooperation when gathering information, during the technical discussion of the progress and for their support with human, material and financial resources that made it possible to carry out this work.

7. REFERENCES

- [1] Ahlman, T, Berglund, B., Rydhmer, L. y Strandberg, E. “Culling reasons in organic and conventional Dairy herds and genotype by environment interaction for longevity”. *J. Dairy Sci.* 94:1568-1575. 2011.
- [2] Al-Samarai, F.R. y Al-Zaydi, F.H. “Genetic evaluation of longevity in dairy cattle”. *App. Sci. Report.* 7 (1), 2014:25-31.2014.
- [3] Casanova, D., Schneider, M.P., Andere, C.I., Rodríguez, E.M., Rubio, N.E., Juliarena, M., Díaz, C. y Carabaño, M.J. “Análisis de la longevidad funcional de la raza Holando Argentino”. *Revista Taurus, Bs. As.*, 13(51):21-29. 2011.
- [4] Cassell, B.G.; Olson, K.M. y Mc Allister, A.J. “Comparison of yield in Holstein, Jersey and reciprocal crosses in the Virginia Polytechnic Institute and State University – Kentucky crossbreeding trail”. *J. Dairy Sci.* 90 (Suppl. 1):597. 2007.
- [5] Essl, A. “Longevity in dairy cattle breeding: a review”. *Livestock Production Science.* 57: 79–89. 1998
- [6] Falconer, D.S. “The Problem of Environment and Selection”. *The American Naturalist.* Vol. 86, No. 830. Pp. 293-298. 1952.
- [7] Garcia-Peniche T.B.; Cassell B.G. and Misztal, I. “Effects of Breed and Region on Longevity Traits through Five Years of Age in Brown Swiss, Holstein, and Jersey Cows in the United States”. *J. Dairy Sci.* Vol. 89 (9): 3672–3680. 2006.
- [8] Heins, B. J.; Hansen, L. B. y Seykora, A. J. “Fertility and Survival of Pure Holstein versus Crossbreds of Holstein with Normande, Montbeliarde, and Scandinavian Red”. *J. Dairy Sci.* 89:4944–4951. 2006.
- [9] Hocking, P.M., Mc Allister, A.J., Wolynetz, M.S., Batra, T.R., Lee, A.J., Lin, C.Y., Roy, G.L., Vesely, J.A., Wauthy, J.M., and Winter, K.A. “Factors affecting length of herd life in purebred and crossbred dairy cattle”. *J. Dairy Sci.*; 71: 1011–1024. 1988.
- [10] Kaplan, E.L. y Meier, P. “Non parametric estimation from incomplete observations”. *J. Am. Stat. Assoc.* 1958; 53:457-481.1958.
- [11] Knaus, W. “Dairy cows trapped between performance demands and adaptability”. *J. Sci. Food Agric.*, 89: 1107–1114. 2009.
- [12] Krall, E.P. “Interacción genotipo-ambiente en un sistema de producción de leche sobre pasturas”. Tesis de Doctorado. FCV-UNR. 125 p. 2010.
- [13] López O. “Caracterización del comportamiento productivo y reproductivo de vacas Mambí de primera lactancia en un sistema silvopastoril”. Tesis M. Sci., Estación Experimental Indio Hatuey, Matanzas, Cuba, 85 p. 2002.
- [14] Lopez-Villalobos, N., Garrick, D. J., Holmes, C. W., Blair, H. T. and Spelman, R. J. “Profitabilities of some mating systems for dairy herds in New Zealand”. *J. Dairy Sci.* 83:144-153. 2000.
- [15] Madalena, F.E. “Consideraciones sobre modelos para la predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos – Revisión bibliográfica”. *Arch.Latinoam. Prod. Anim.* 9:108-117. 2001.

- [16] Molinuevo, H.H. “Parámetros productivos de la población lechera argentina En:Parámetros productivos de la población lechera argentina; análisis sistémico de la selección genética bovina para el sistema en pastoreo”. Buenos Aires. Ediciones INTA. Pp. 7-48. 2006.
- [17] Petraškiene, R., Peciulaitiene, N. and Jukna, V. “Crossbreeding influence of dairy breeds cattle on average of lactation length and on average of productivity”.*Veterinarija ir Zootechnika (Vet. Med. Zoot.)*. T. 64 (86). 2013.
- [18] Rauw, W.M., Kanis, E., Noordhuizen-Stassen, E.N. and Grommers, F.J.“Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review”. *Livest. Prod. Sci.*, 56:15-33. 1998.
- [19] Schneider, M. del P., Cantet, R.J.C. y Santos Cristal de Sivak, M. “Análisis de supervivencia en la evaluación genética de vida productiva en rodeos lecheros: una introducción”. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 22 N° 2:127-139. 2002.
- [20] Touchberry, R.W. “Crossbreeding effects in dairy cattle: The Illinois experiment, 1949 to 1969”. *J. Dairy Sci.*; 75: 640–667. 1992.
- [21] Valtorta, S.E. y Leva, P.E. “Caracterización del ambiente físico”. En: *Producción de Leche en Verano*. Centro de Publicaciones. UNL. Santa Fe. Pp.9-20. 1998.
- [22] Van Raden, P.M.; Sanders, A.H. “Economic merit of crossbred and purebred US dairy cattle”. *J. Dairy Sci.* 86:1036-1044. 2003.
- [23] Vesely, J.A., McAllister, A.J., Lee, A.J., Batra, T.R., Lin, C.Y., Roy, G.L., Wauthy, J.M., and Winter, K.A. “Reproductive performance of crossbred and purebred dairy cows”. *J. Dairy Sci.* 69: 518–526. 1986.
- [24] Wilcoxon, F. “Individual Comparisons by Ranking Methods”.*Biometrics Bulletin*, Vol. 1, N°6. Pp. 80-83. 1945.



Evaluación de genotipos lecheros en sistema a pastoreo. 1.

Análisis físico.

Mancuso, W.¹, Litwin, G.M.¹, Marini, P.R.² y Brandi, S.³ ¹ INTA Paraná, ²Fac. Cs. Veterinarias-UNR y ³Est. "El Caraguatá".

Evaluation of different dairy genotypes in grazing system.1. Physical analysis.

Se analizó producción de leche y de sólidos útiles sobre diferentes grupos genéticos lecheros, en un mismo sistema productivo bajo pastoreo de Entre Ríos, Argentina.

Se analizaron 2978 (n) lactancias de vacas multíparas entre los años 2008 y 2011, pertenecientes a cuatro genotipos: Holstein (H), H x Jersey (F1) y triples cruza entre F1 por Guernsey (F1xG) y Pardo Suizo (F1xP). Se evaluó producción de leche corregida a 305 días (PL) (kg), porcentaje de grasa butirosa (GB) y de proteína total (PT) y producción de sólidos útiles (SU) (kg). Las pariciones estaban estacionadas entre abril y noviembre, por ello no se consideró la estación de parto, pero sí el efecto año. Se probaron las diferencias entre medias mediante ANOVA y Test de Tukey (p<0,05).

Los resultados se muestran en el Cuadro. H ofreció mayor PL en 2008 y 2010 y fue de las mayores junto a F1xP y F1xG en 2009. En 2011 no hubo diferencias entre genotipos para PL. En GB, siempre F1xG presentó los mayores valores y H estuvo en el grupo de menor respuesta. En PT, F1xG y F1xP tuvieron los mayores porcentajes y H los menores. En SU se destacó F1xG en 2009 y 2011 y siempre F1 estuvo en el grupo de menor respuesta.

Los genotipos mostraron diferentes respuestas según el año evaluado, se pretende continuar este trabajo.

Cuadro: Respuestas productivas por genotipo en cada año analizado.

Año	Genotipo	n	PL (kg)	GB (%)	PT (%)	SU (kg)
2008	H	217	8454±3155c	3,16±0,47ab	2,92±0,26a	503±157b
	F1	498	7244±2315b	3,31±0,46ab	3,12±0,24b	460±126ab
	F1xG	25	6085±1393a	3,60±0,36c	3,21±0,21b	412±89a
	F1xP	37	7274±2629b	3,37±0,51b	3,18±0,26b	466±131b
2009	H	135	7823±2388ab	3,25±0,44a	3,04±0,26a	485±127a
	F1	495	7430±2093ab	3,37±0,47ab	3,24±0,25b	485±117a
	F1xG	52	7848±2434b	3,78±0,61c	3,35±0,33c	545±119b
	F1xP	79	7127±1777a	3,43±0,39b	3,38±0,25c	480±96a
2010	H	69	9734±3444b	3,04±0,47a	3,06±0,31a	579±167c
	F1	420	7681±2363a	3,25±0,44b	3,28±0,25b	495±132a
	F1xG	135	7767±2329a	3,71±0,56c	3,46±0,25c	549±146bc
	F1xP	90	7877±2220a	3,36±0,45b	3,42±0,26c	526±120ab
2011	H	45	6821±2022a	2,97±0,46a	3,04±0,22a	411±134a
	F1	335	6799±1801a	3,31±0,44b	3,17±0,20b	441±123a
	F1xG	274	6908±1610a	3,73±0,48d	3,35±0,20c	487±116b
	F1xP	72	6603±1559a	3,48±0,52c	3,30±0,21c	446±108a

*Letras diferentes para igual variable y año indican diferencias significativas. p<0,05.

Palabras clave: vacas lecheras adultas, producción de leche, sólidos útiles, lactancia

Key words: mature dairy cows, milk production, useful solid, lactation

Fuente: 36° Congreso Argentino de Producción Animal. Corrientes, 1-3 de octubre 2013.
En Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 33. Sup 1. p. 76.



Evaluación de genotipos lecheros en sistema a pastoreo. 2. Análisis económico. Comunicación.

Litwin, G.M.1, Mancuso, W.1, Engler, P.L.1 y Brandi, S.2.

1. INTA EEA Paraná y 2. Establecimiento "El Caraguatá". *glitwin@parana.inta.gov.ar.

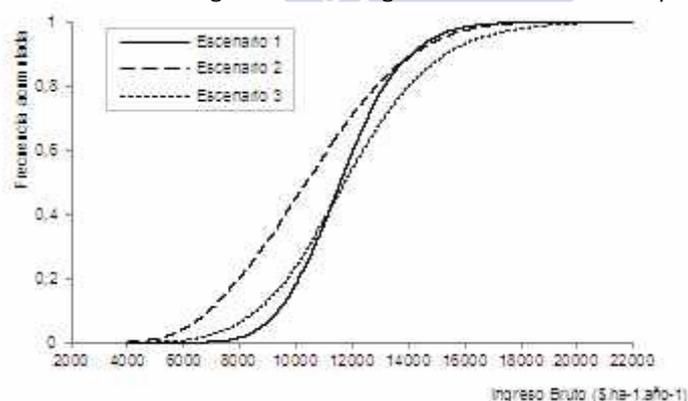
Evaluation of dairy genotypes in grazing system. 2. Economic analysis. Communication.

El objetivo de este trabajo fue analizar el resultado económico de un establecimiento tambero del Dpto. Nogoyá (Entre Ríos), ante diferente composición genética del rodeo y variabilidad en el precio de los productos comercializados (proteína bruta –PB- y grasa butirosa –GB-). La carga animal (CA) es de 778 kg de peso vivo (PV).ha de vaca total (VT)⁻¹ con un rodeo con diversos genotipos (G) lecheros: Holstein (H); H x Jersey Canadiense (F1) y triple cruza entre F1 x Pardo Suizo (F1xP), que pesan 640±66, 550±67 y 545±79 kg.cab⁻¹, respectivamente.

Para el análisis se construyó un modelo utilizando Excel® 2010 y @Risk® 5.7. El ingreso bruto (IB) proviene de la venta de sólidos por ha de VT al año y se calcula como la suma de los kilos de PB y GB por ha VT, multiplicados por su precio (\$.kgPB⁻¹ y \$.kgGB⁻¹). Se ajustaron distribuciones de probabilidad para la producción de PB y GB de cada G (234±63 y 243±68 F1, 239±76 y 246±80 H 235±62 y 239±63 F1xP kg.año⁻¹ de PB y GB respectivamente; ajuste ≤0.03 K-S) con datos correspondiente a las lactancias de vacas multíparas de 2008 a 2011(n: 180 H, 1340 F1 y 140 F1xP; 25% de los datos disponibles de cada G por año). Los precios se consideraron aleatorios mediante distribuciones de tipo Pert con 26 \$.kg⁻¹ de PB y 9 \$.kg⁻¹ de GB como valores más probables y como parámetros máximo y mínimo se consideró un 20% superior y un 20% inferior. Se consideró la correlación entre los precios y entre las producciones de PB y GB (coeficiente de Spearman) de cada G. Se realizaron 10.000 corridas para tres escenarios (E) alternativos con la misma CA (kg PV.ha⁻¹): E1, similar al que presenta el establecimiento en la actualidad, compuesto por F1 (60%), F1xP (25%) y H (15%), E2 100% por H y E3 100% por F1.

El IB medio y el desvío estándar fue: E1 11669±1851, E2 10468±2751 y E3 11891±2661 \$.ha⁻¹.año⁻¹ (Figura). Se observa que en el E2 el IB medio esperado es menor y presenta una variabilidad mayor a los otros E. El IB esperado es mayor en el E3 con 100% F1, pero aumenta la variabilidad con respecto al E1.

Figura: Frecuencia acumulada del Ingreso bruto según escenarios de composición del rodeo.



Palabras Clave: ingreso bruto, riesgo, estabilidad, grasa butirosa, proteína bruta.

Keywords: gross income, risk, stability, butterfat, crude protein.

Fuente: 36° Congreso Argentino de Producción Animal. Corrientes, 1-3 de octubre 2013.
En Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 33. Sup 1. p. 77.



SP 25 Evaluación de cruzas de diferentes genotipos lecheros en un sistema a pastoreo con suplementación. **Mancuso¹, W.A., Marini², P.R., Brandi³, S. y Alvarez Leroy³, F.** ¹INTA EEA, Paraná. ²Fac.Cs.Vet., UNR. ³Establecimiento "El Caraguatá". *wmancuso@parana.inta.gov.ar

Evaluation of crossbreds of different dairy genotypes in a grazing system with supplementation

En Argentina predomina el ganado Holstein, aunque en la búsqueda de animales mejor adaptados a cada sistema, es creciente el cruzamiento con otras razas en diferentes esquemas productivos y regiones agroecológicas. El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento productivo y reproductivo de diferentes grupos genéticos lecheros en un mismo sistema a pastoreo con suplementación de Nogoyá -Entre Ríos-, Argentina. Se analizaron 1315 (n) primeras lactancias de partos de los años 2007, 2008, 2009 y 2010 pertenecientes a los genotipos: Holstein Americano-Canadiense (H), H x Jersey Canadiense (F1), F1 x Pardo Suizo (F1xP) y F1 x Guernsey (F1xG). Las pariciones eran estacionadas, por ello el efecto "estación de parto" no se tuvo en cuenta, pero sí el efecto año. Se evaluó producción de leche en lactancia terminada sin corregir (pl) en litros, intervalo parto-concepción (ipc) en días y edad al primer parto (epp) en meses. Se analizaron promedios y errores estándar y diferencias significativas por ANOVA y Test de Tukey-Kramer HSD ($p < 0,05$). En producción de leche se encontraron diferencias en dos años: en 2007 H superó a los otros 3 genotipos y F1 fue superior a F1xP y, en 2009, H produjo mejor que F1 y F1xP. En ambientes desfavorables (año 2008), con altas precipitaciones en otoño y menor suplementación con alimentos concentrados, todos los genotipos se comportaron en forma similar, con valores entre 5569 y 6045 kg de leche por lactancia. Para epp existieron diferencias ($p < 0,05$) en los años 2007, 2008 y 2010, presentando en todos ellos el genotipo F1 mayor edad que F1xG y F1XP. Para ipc se hallaron diferencias entre algunos genotipos ($p < 0,05$) en tres años: en 2007 H tuvo mayor intervalo que F1xP y, en los años 2009 y 2010, F1 tuvo menor intervalo que F1xG y F1xP, respectivamente. Los resultados observados no permiten concluir en forma consistente acerca de cual es el genotipo de mejor o peor respuesta en producción y/o en los parámetros reproductivos evaluados para este sistema.

Cuadro. Promedios y errores estándar de las variables analizadas. Letras diferentes en igual fila (ítem) y para igual año indican diferencias significativas entre genotipos ($p < 0,05$).

Año	Genotipo	F1	F1 x G	H	F1 x P
2007	n	227	32	11	33
	pl	7168,55 ± 136 b	6729,06 ± 422 bc	9413,64 ± 1186 a	5963,03 ± 1444 c
	epp	29,08 ± 0,40 a	24,50 ± 0,42 b	25,27 ± 1,98 ab	24,15 ± 0,54 b
	ipc	231,65 ± 9,2 ab	177,93 ± 25,63 bc	304,36 ± 64,35 a	86,48 ± 15,05 c
2008	n	168	42	16	66
	pl	6044,73 ± 167 a	5630,24 ± 335 a	5690,00 ± 542 a	5568,94 ± 267 a
	epp	28,43 ± 0,32 a	25,95 ± 0,64 b	26,96 ± 1,04 ab	25,91 ± 0,51 b
	ipc	138,28 ± 10,70 a	171,64 ± 21,40 a	157,75 ± 34,67 a	151,18 ± 17,07 a
2009	n	125	126	14	42
	pl	6250,39 ± 130 b	6589,23 ± 129 ab	7672,14 ± 393 a	6111,90 ± 227 b
	epp	25,25 ± 0,22 a	24,46 ± 0,22 a	24,25 ± 0,68 a	25,31 ± 0,39 a
	ipc	118,65 ± 10,0 b	163,62 ± 9,9 a	170,00 ± 30,2 ab	111,70 ± 17,4 ab
2010	n	88	299	10	16
	pl	6245,8 ± 189,3 a	6491,8 ± 103,5 a	7351,0 ± 561,5 a	6350,6 ± 443,9 a
	epp	24,77 ± 0,27 a	23,49 ± 0,14 b	23,68 ± 0,81 ab	23,53 ± 0,29 b
	ipc	127,0 ± 14,3 b	167,6 ± 7,7 ab	236,8 ± 42,0 ab	253,0 ± 33,5 a

Palabras clave: vacas lecheras, primera lactancia, producción de leche, reproducción.

Key words: dairy cows, first lactation, milk yield, reproduction.



SA 21 Indicadores metabólicos y condición corporal de genotipos lecheros en un sistema de Entre Ríos, Argentina.Mancuso, W.A.^{1*}, Marini, P.R.² y Dunleavy, M.³¹INTA EEA Paraná. Ruta Prov. 11 km 12,5. (CP 3101). Oro Verde. Entre Ríos. Argentina. ²Universidad Nacional de Rosario (Facultad de Cs. Veterinarias). ³INTA CICVyA Castelar (Instituto de Patobiología)

*E-mail: mancuso.walter@inta.gov.ar

*Metabolic indicators and body condition score of dairy genotypes in a system of Entre Rios Province, Argentina.***Introducción**

Existe evidencia en cuanto a que la selección intensiva por producción de leche resultó en el logro de genotipos menos adaptados a sistemas pastoriles (Molinuevo, 2005). Además, la interacción entre el genotipo y el tipo de dieta que se le ofrece, afecta el perfil y uso de las reservas corporales de esas vacas lecheras (Coffey et al, 2004). Como forma de evaluar esas diferencias en adaptación a los sistemas productivos, se propuso comparar algunos indicadores metabólicos y la condición corporal de genotipos lecheros en un sistema productivo de Entre Ríos.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron 175 vacas de cinco grupos genéticos, de primera o segunda parición ocurridas entre abril y junio de 2012. Los genotipos fueron: F1 (Holstein x Jersey); P (F1 x Pardo Suizo); M (F1 x Montbeliarde); G (F1 x Guernsey) y R ("Triples cruza" P, M o G –sin discriminar cuál de ellas- x Holstein). Durante el período de evaluación, se agruparon las vacas según su número de lactancia en 2 tambos. La alimentación de todos los animales se basó en praderas polifíticas base alfalfa; verdeos de invierno (avena y raigrás); silaje de maíz planta entera; henos de pradera y concentrados formulados con granos, subproductos y sales según necesidad de balance de dietas. Sobre el total de vacas, al parto se evaluó peso vivo (PV) y condición corporal (CC) con escala 1-5 y, en un período que abarcó entre 30 y 55 días post-parto según animal, se volvió a evaluar CC para estimar la pérdida de CC (Dif. CC) y se realizó el muestreo de sangre para analizar metabolismo energético (beta-hidroxi-butilirato (BHB), ácidos grasos no esterificados (NEFA) y glucemia) y proteico (proteína total, urea, albúmina y globulina). Los datos se analizaron mediante ANOVA y las diferencias entre medias se probaron por Test de Tukey.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presentan los valores hallados que, en relación al metabolismo energético, fueron moderados para BHB, NEFA y glucemia, sin signos de excesos de movilización de reservas ni déficit de glucosa en sangre. No se presentaron diferencias entre genotipos, pero fue mayor el nivel de BHB y menor la glucemia en las vacas de 2do parto.

Los indicadores proteicos no mostraron diferencias claras entre genotipos e incluso dos indicadores (globulina y proteína en suero), tuvieron interacción entre genotipos y lactancias, por lo que se muestran todos los valores hallados.

Las vacas G fueron más pesadas que las C, sin diferencias entre éstas dos y los demás genotipos. Los PV fueron mayores en las vacas de 2da lactancia. La CC de las vacas C fue menor que la de las M, aunque no hubo diferencias entre genotipos en la caída de CC entre el parto y los 30-55 días posteriores. Las vacas de 1ra lactancia mostraron mejor CC, pero perdieron más CC que las de 2da parición.

Conclusiones

No se hallaron tendencias definidas entre los genotipos para los indicadores metabólicos de energía y proteína evaluados dentro este sistema de producción, aunque se observaron diferencias en PV y CC que pueden ser de interés para posteriores trabajos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ing. Santiago Brandi, al personal del establecimiento de El Caraguatá y a los docentes y alumnos becarios de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNR que participaron e hicieron posible este trabajo.

Bibliografía

COFFEY, M.P., SIMM, G., OLDHAM, J.D., HILL, W.G. y BROTHERS-STONE, S. 2004. J.Dairy.Sci. Vol. 87.12:4318-4326.

MOLINUEVO, H.A. 2005. Edic. INTA. Bs.As., Argentina. 348p.

Cuadro 1. indicadores metabólicos evaluados en sangre, condición corporal y peso vivo para diferentes genotipos lecheros.

Variable	GENOTIPOS					LACTANCIA		Nº Lac	Significancia ²		
	C	G	M	R	P	1ra	2da		Gen	Lac	Gen*Lac
NEFA en plasma (mM/l)	0,47a	0,48a	0,39a	0,50a	0,49a	0,47a	0,46a		NS	NS	NS
BHB en plasma (mM/l)	0,55a	0,48a	0,46a	0,47a	0,54a	0,45b	0,55a		NS	*	NS
Urea en suero (g/l)	0,30a	0,32a	0,31a	0,32a	0,32a	0,29b	0,33a	SD ³	NS	**	NS
Albúmina en suero (g/dl)	3,49	3,57a	3,68a	3,43a	3,47a	3,58a	3,48a		NS	NS	NS
Glucemia sangre (mg/dl)	53,9a	53,5a	61,5a	54,9a	54,0a	61,0a	50,1b		NS	***	NS
Globulina en suero ¹ (g/dl)	3,24ab	3,46a	3,33ab	3,43a	3,41a	---	---	1ra	*	NS	*
	3,55a	3,32ab	2,56b	3,34ab	3,74a	---	---	2da			
Proteína en suero ¹ (g/dl)	6,78ab	7,11a	7,11a	6,72ab	6,82ab	---	---	1ra	NS	NS	**
	7,12a	6,82ab	6,14b	6,77ab	7,15a			2da			
Cond. Corporal al parto	3,49c	3,71abc	3,84a	3,56bc	3,75ab	3,78a	3,56b		***	***	NS
Dif. CC Parto-30/55 días	-0,67a	-0,77a	-0,71a	-0,65a	-0,72a	-0,77a	-0,64b	SD ³	NS	**	NS
Peso Vivo al parto	466b	519a	501ab	491ab	493ab	481a	507b		*	**	NS

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). ¹Para globulina y proteína, diferencias entre todas las filas y columnas. ²Significancia: NS = $p > 0,05$; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$. ³SD sin interacción genotipos / lactancias.



GM 6 Aplicación del análisis de supervivencia para determinar el tiempo a culminación en lactancias de diferentes genotipos lecheros.

Mancuso, W.A.^{1*}, Barbona, I.² y Marini, P.R.³

¹INTA EEA Paraná. Ruta Prov. 11 km 12,5. (3101). Oro Verde. Entre Ríos. Argentina. ²Universidad Nacional de Rosario (Facultad de Cs. Agrarias). ³Universidad Nacional de Rosario (Facultad de Cs. Veterinarias).

*E-mail: mancuso.walter@inta.gob.ar

Application of survival analysis to determine the time to culmination in lactations of different dairy genotypes.

Introducción

El análisis de supervivencia permite detectar diferencias genéticas entre los animales en rasgos distintos a la producción, como son salud, fertilidad, conformación y vejez (Schneider et al., 2002). La utilización del cruzamiento en la producción lechera es una alternativa para mejorar la salud, fertilidad y supervivencia del rodeo, ya que las diferencias entre razas son mayores que dentro de las mismas y pueden lograrse beneficios adicionales gracias al vigor híbrido (Cassell et al., 2007). En establecimientos tamberos de la provincia de Entre Ríos (Argentina), mediante el cruzamiento se incorporaron genotipos lecheros diferentes al Holstein Americano, conformando rodeos que presentarían mayor estabilidad en la producción y mejoras en cuanto a indicadores reproductivos y de sanidad (Mancuso y Marini, 2012). A partir de ello, se plantea evaluar a qué edad y con qué comportamiento ocurre la culminación de la primera, segunda y tercera lactancia en vacas lecheras de distintos genotipos, en un sistema a pastoreo de Entre Ríos.

Materiales y Métodos

En un establecimiento lechero comercial de la provincia de Entre Ríos se analizaron datos retrospectivos de tres lactancias en vacas pertenecientes a cuatro genotipos lecheros: Holstein Americano (H) (n: 689 lactancias); H x Jersey Canadiense (F1) (n: 2132 lactancias); F1x Pardo Suizo (P) (n: 290 lactancias) y F1x Guernsey (G) (n: 490 lactancias). Durante el período considerado (años 2007 - 2011), las vacas se alimentaron sobre pasturas polifíticas y verdes, con similar asignación de forrajes conservados y concentrados, y se manejaron en las mismas instalaciones de ordeño. Se utilizó el método de Kaplan-Meier para estimar la función de supervivencia de la variable respuesta "tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta finalizar la lactancia", definida por el secado voluntario o involuntario de la vaca y se evaluaron diferencias entre las funciones mediante el test de Wilcoxon, con el software SPSS® (SPSS Inc., Chicago IL. V.13).

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se muestran las curvas de supervivencia de Kaplan-Meier para el evento finalización de la primera, segunda y tercera lactancia en cada genotipo. Se hallaron diferencias significativas entre las curvas de supervivencias,

de todos los grupos en las tres lactancias ($p \leq 0,001$). Los individuos pertenecientes al genotipo G tienen un 80% de probabilidad de finalizar su primera lactancia antes de los 1100 días de edad, en tanto P requiere 1200 días de vida para igual probabilidad y los genotipos H y F1 alrededor de 1300 días. Las vacas H poseen un 50% de probabilidad de terminar su segunda lactancia con 1700 días de vida, mientras que los otros 3 genotipos llegan a la misma entre los 1400 y 1500 días. Con un 80% de probabilidad, las vacas finalizan su segunda lactancia a los 1500, 1600, 1700 o 1900 días, según se considere el genotipo G, P, F1 o H, respectivamente. En la tercera lactancia, se destaca la fuerte pendiente de las curvas de F1, G y P, con un 80% de probabilidad de que estas vacas culminen la lactancia alrededor de los 1900 días, frente a la dispersión y mayor edad de las H, donde esa probabilidad baja al 20% para la misma edad. Para llegar al 80% de probabilidad de finalizar esa lactancia, las H requieren 2500 días de edad. Cualquiera sea la edad considerada, una menor proporción de vacas H terminan su segunda o tercera lactancia con relación a los otros genotipos, especialmente a G y P.

Conclusiones

En el sistema considerado y para el período evaluado, las vacas de los cuatro genotipos se comportaron diferente en cuanto a la edad en que finalizaron sus lactancias, destacándose que las del genotipo H tienen mayor probabilidad de culminar sus segundas y terceras lactancias a mayor edad y con mayor dispersión en el tiempo con relación a las vacas de los genotipos F1, G y P.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los ingenieros Santiago Brandi y Fabián Álvarez Leroy, del establecimiento "El Caraguatá" S.A., por su colaboración para poder concretar este trabajo.

Bibliografía

- CASSELL, B.G., OLSON, K.M. y MC ALLISTER, A.J. 2007. J. Dairy Sci. 90 (Suppl. 1):597.
 MANCUSO, W. y MARINI, P.R. 2012. Rev.Vet. UNNE. Vol. 23(2): 138-143.
 SCHNEIDER, M. DEL P., CANTET, R.J.C. y SANTOS CRISTAL DE SIVAK, M. 2002. Rev.Arg.Prod.Anim. Vol. 22(2):127-139.

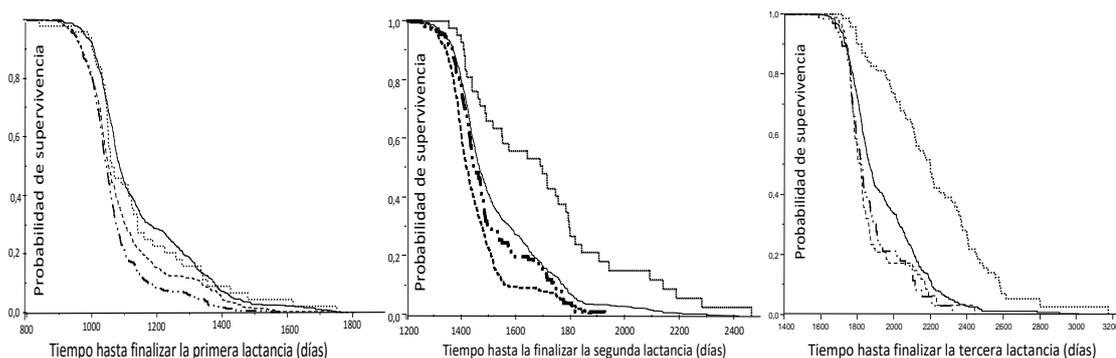


Figura 1. Análisis de supervivencia para primera, segunda y tercera lactancia por genotipo. Referencias: H.....F1 — G - - - - P - - - -



Peso vivo, condición corporal e indicadores metabólicos en vacas lecheras cruce de la provincia de Entre RíosMancuso, W.A.¹; Marini, P.R.² y Dunleavy, M.³¹INTA EEA Paraná. Ruta Prov. 11 km 12,5. (CP: 3101). Oro Verde. Entre Ríos. Argentina. ²Universidad Nacional de Rosario (Facultad de Cs. Veterinarias). ³INTA CICVyA Castelar (Instituto de Patobiología)*E-mail: mancuso.walter@inta.gob.ar*Live weight, body condition and metabolic indicators in crossbred dairy cows from Entre Rios province***Introducción**

En la cuenca lechera litoral de la provincia de Entre Ríos, Argentina, se han desarrollado algunas estrategias de producción lecheras que integran el cruzamiento entre razas bovinas, como forma de mejorar los resultados físicos y económicos de las empresas (Krall, et al 2014). No se posee información objetiva sobre la adaptación de estas vacas cruce al ambiente productivo local ni los posibles efectos diferenciales sobre sus parámetros metabólicos. Para obtener información sobre el particular, en un sistema local bajo pastoreo se evaluaron indicadores metabólicos, peso vivo y condición corporal en 5 tipos de cruces lecheras.

Materiales y métodos

Se evaluaron 157 vacas pertenecientes a 5 tipos de cruzamientos de segunda y tercera parición: C (Holstein x Jersey); P (C x Pardo Suizo); M (C x Montbeliarde); G (C x Guernsey) y R (P, M o G –sin discriminar cuál de ellas– x Holstein). Las vacas en estudio parieron entre mayo y julio de 2013, permanecieron en el mismo rodeo, se manejaron dentro de las mismas instalaciones y con la misma alimentación. Se les ofrecieron praderas base alfalfa; verdeos de invierno; silaje de maíz; henos y concentrados formulados con granos, subproductos y sales. La oferta promedio de ración fue de 22 kg MS/vaca y día, con 35,8 Mcal de ENI, 16,3% PB, 32,2% FDN y 18,4% FDA. Se evaluó peso vivo (PV) previo al parto y condición corporal (CC) en la escala 1-5 en dos momentos: entre 20 a 40 días (P1) y entre 41 a 60 días post-parto (P2). En esos mismos períodos se tomaron muestras de sangre para analizar beta-hidroxibutirato (BHB), ácidos grasos no esterificados (NEFA), glucemia (Glu), proteína total (Prot), urea (Urea), albúmina (Alb) y globulina (Glob), mediante kits comerciales siguiendo las indicaciones del fabricante. Los datos se analizaron mediante el software InfoStat® versión 2007L, con prueba de ANOVA y diferencias entre medias por Test de Tukey $p < 0,05$.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presentan los valores hallados para las variables consideradas. No hubo diferencias entre cruces ni

entre períodos para NEFA, cuyos valores son los esperables para esta etapa de lactancia, cuando la alimentación es adecuada y no existen excesos de movilizaciones de reservas (Brown et al, 2012). Para BHB, tampoco se observan valores patológicos, aunque las vacas G muestran mayores valores que las M. Los otros 3 cruzamientos reflejan valores intermedios y sin diferencias. Las concentraciones de Glu están dentro de los valores de referencia, aunque se observa que las vacas P poseen medias menores a G, R y M y que la C solo difiere de M. Los indicadores del metabolismo proteico están en el rango superior con respecto a los de referencia, lo que se relacionaría con el buen nivel de proteína en la dieta durante el período de evaluación (Kaneko et al, 2008). Prot, Urea y Alb no mostraron diferencias entre cruzamientos, en tanto Glob presentó interacción cruce x período de muestreo, presentando las vacas G valores distintos en ambos períodos. Las vacas G fueron más pesadas que las demás y las C pesaron menos al parto que las M, sin diferencias entre éstas dos con relación a las P y R. La CC de las vacas M fue mayor a las C, G y R, sin diferenciarse ninguna de estas cruces con las vacas P.

Conclusiones

Para el sistema de manejo y el período de muestreo considerado, las vacas M presentaron mejor CC, menor concentración de BHB y mayor abastecimiento de glucosa en sangre que los demás genotipos. Los perfiles metabólicos presentados aportan datos de utilidad y referencia para los rodeos lecheros de sistemas similares en esta región.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ing. Santiago Brandi y al personal de El Caraguatá, a la Med. Vet. Susana Boffa de INTA Bovril, la Sra. Mirta Sciotti de INTA Castelar y a docentes y alumnos becarios de Fac. Cs. Veterinarias. UNR.

Bibliografía

BROWN, K.; CASSELL, M.; MC GILLIARD, M.; HANIGAN, M. y GDWAZDAUSKAS, F. 2012. J. Dairy. Sci. 95 (2):698–707.
KRALL, E., MANCUSO, W., MARINI, P. 2014. Actas “Jornadas Nacionales de Buiatría”. Paysandú (ROU). 5 y 6/ 06/ 2014.
KANEKO, J.J.; HARVEY, J. y BRUSS, M. 2008. Academic Press.

Cuadro 1: indicadores metabólicos, peso vivo y condición corporal en las vacas lecheras cruce evaluadas

Variable	Valor de referencia (Kaneko et al, 2008)	Interacción Cruza*Per	P e r	Tipo de cruzamiento entre razas lecheras ¹ y ²				
				C	G	M	P	R
NEFA en plasma (mM/l)	0,34 – 1,13	NS		0,39a	0,37a	0,37a	0,39a	0,37a
BHB en plasma (mM/l)	0,30 – 0,44	NS		0,35ab	0,38b	0,30a	0,34ab	0,32ab
Glucemia en sangre (mg/dl)	45 – 75	NS		53,73ab	56,93bc	60,61c	51,93a	57,71bc
Proteína en suero (g/dl)	6,74 – 7,46	NS		7,45a	7,48a	7,51a	7,45a	7,45a
Urea en suero (g/l)	0,20 – 0,30	NS		0,27a	0,27a	0,31a	0,30a	0,27a
Albúmina en suero (g/dl)	3,03 – 3,55	NS		3,72	3,61a	3,77a	3,76a	3,68a
Globulina en suero ² (g/dl)	3,00 – 3,48	p<0,049	1	3,64ab	3,49a	3,84ab	3,46a	3,61ab
			2	3,84ab	4,26b	3,59ab	4,06ab	3,93ab
Peso Vivo al parto	No	NS		452a	576c	516b	495ab	500ab
C.C. post-parto	corresponde	NS		3,15a	3,14a	3,40b	3,28ab	3,21a

¹Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).²Para globulina en suero, considerar las diferencias entre todas las filas y columnas.



TESIS DOCTORAL

