

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**“SALUD DE UBRE EN VACAS LECHERAS EN SISTEMAS DE COMPOST
BARN EN OCUPACIÓN CONTÍNUA Y PARCIAL”**

Por

María Victoria CAMACHO FARÍAS

TESIS DE GRADO presentada como uno
de los requisitos para obtener el título
de Doctor en Ciencias Veterinarias
(Orientación Producción Animal)

MODALIDAD: Ensayo experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2021**

1. PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:


Dra. Mette Bouman

Segundo miembro (Tutor):


Dra. Lourdes Adrien

Tercer miembro:


Dr. Luis Albornoz

Cuarto miembro (Co-tutor):


Dra. Graciana Rodríguez

Fecha:

13 de diciembre de 2021

Autor:


María Victoria Camacho Farias

2. AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a mis padres por incentivarme siempre en la búsqueda por alcanzar mis sueños y por todo su amor incondicional; a Juan, por el apoyo. También a mis hermanos y abuelos que siempre me han alentado a superarme.

A mi tutora y co-tutora, dos grandes mujeres y profesionales que admiro, las doctoras Lourdes Adrien y Graciana Rodrigues que depositaron su confianza en mí y orientaron en todo momento, motivándome, brindando herramientas y su tiempo para lograr el trabajo final.

A la EEMAC y sus docentes, por recibirme y ser esa gran casa en que se forjan tantos sueños. Gracias por la calidez con que permiten nuestro desarrollo profesional y ser parte con orgullo de una gran institución.

A los compañeros del tambo y personal de campo de la EEMAC, por compartir su experiencia y su diaria colaboración para llevar adelante las tareas.

A los compañeros con los que compartí el ensayo experimental: las doctoras María Noel, Lucía y Victoria. A Susana, Catalina, Camila, Lucía, Francisco, Pedro, Alejandra y Alberto; cuya colaboración fue fundamental, así como la ayuda de Jujo, gracias.

A todos los integrantes del proyecto RTS que tuve el placer de conocer, por su dedicación.

A los amigos de la vida y de la facultad, por la alegría, la motivación, la compañía en las ganadas y las pérdidas, los grandes momentos compartidos que hicieron del trayecto algo mucho mejor, en especial a Gabi, Flor y Vale. También a los profesionales docentes y no docentes que por cuya vocación y profesionalismo son un ejemplo a seguir.

A todos, muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

1. PÁGINA DE APROBACIÓN	2
2. AGRADECIMIENTOS	3
3. ÍNDICE DE TABLAS	6
4. ÍNDICE DE FIGURAS	7
5. LISTA DE ABREVIATURAS	9
6. RESUMEN	10
7. SUMMARY	12
8. INTRODUCCIÓN	14
9. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	17
9.1. La lechería en Uruguay	17
9.2 Sistemas de producción, la alimentación y ambiente productivo	19
9.2.1 Sistema de estabulación con cama caliente o compost barn	23
9.3 Salud de la ubre	29
9.3.1 La mastitis	29
9.3.2 Sistema de defensa de la ubre y diagnóstico de la mastitis	33
9.3.3 Suciedad de la ubre y agentes bacterianos en sistemas de compost barn ...	35
10. HIPÓTESIS	37
11. OBJETIVOS	38
11.1 Objetivo general	38
11.2. Objetivos específicos	38
12. MATERIALES Y MÉTODOS	39
12.1 Lugar físico de desarrollo del presente estudio	39
12.2 Diseño experimental, animales y período experimental	39
12.3 Tratamiento	39
12.4 Alimentación	40
12. 5 Rutina de los animales e instalaciones	42
12.6 Determinaciones y mediciones realizadas	44
12.7 Análisis estadístico	46
13. RESULTADOS	48

13.1 Producción y composición de leche	48
13.2 Recuento de células somáticas	50
13.3 Mastitis clínica	52
13.3.1 Incidencia acumulada de primer caso de mastitis clínica.....	52
13.3.2 Incidencia mensual de primer caso de mastitis clínica	52
13.4 Bacteriología, perfil de microorganismos aislados de mastitis	53
13.5 Probabilidad de infección intramamaria	54
13.6 Suciedad de ubre	55
13.7 Parámetros de la cama del compost barn: temperatura y humedad	56
14. DISCUSIÓN.....	59
15. CONCLUSIONES.....	72
16. IMPLICANCIAS	73
17. BIBLIOGRAFÍA.....	74

3. ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Consumo de dieta total mezclada (DTM) por vaca para los tratamientos EC-DTM y EP-DPM, disponibilidad y asignación de la pastura para el tratamiento EP-DPM.....	41
Tabla 2. Composición química de la dieta total mezclada (DTM) utilizada en los tratamientos EC-DTM y EP-DPM	41
Tabla 3. Registro mensual de variables atmosféricas.....	46
Tabla 4. Conversión de score de células somáticas (SCS) a Cél/mL. Tratamiento EC-DTM: estabulación continua-dieta total mezclada y EP-DPM: estabulación parcial-dietaparcial mezclada.....	52

4. ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Esquema de las parcelas pastoreadas en los potreros 21,22, 23 y 24, por el tratamiento EP-DPM (recuadros azules)	42
Figura 2. Producción de leche en relación a las semanas posparto, en las vacas de los tratamientos EC-DTM y EP-DPM. EP-DTM: estabulación continua-dieta total mezclada EP-DPM: estabulación parcial-dieta parcial mezclada	48
Figura 3. Evolución del contenido de grasa en la leche en relación con las semanas posparto, tratamiento EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua-dieta total mezclada EP-DPM: estabulación parcial-dieta parcial mezclada.....	49
Figura 4. Evolución del contenido de proteína en la leche en relación con las semanas posparto. Tratamiento EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua -dieta total mezclada ACA-DPM: estabulación parcial-dieta parcial mezclada.....	49
Figura 5. Contenido de lactosa en leche en relación con las semanas posparto para los tratamientos EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua -dieta total mezclada ACA-DPM: estabulación parcial-dieta parcial mezclada.....	50
Figura 6. Evolución mensual del score de células somáticas (SCS). Tratamiento EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua -dieta total mezclada EP-DPM: estabulación parcial-dieta parcial mezclada.....	51
Figura 7. Incidencia mensual de primer caso de mastitis clínica por tratamiento EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua -dieta total mezclada y EP-DPM: estabulación parcial-dieta parcial mezclada.....	53
Figura 8. Microorganismos aislados en casos de mastitis del tratamiento EC-DTM (n=45).....	53

Figura 9. Figura 8. Microorganismos aislados en casos de mastitis del tratamiento EP-DPM (n=30).....	54
Figura 10. Probabilidad de infección intramamaria (IIM) por mes y por tratamiento EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua -dieta total mezclada y EP-DPM: estabulación parcial-dieta parcial mezclada.....	55
Figura 11. Proporción de vacas sucias (score 3 y 4 del SSU) por mes. Tratamiento EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua -dieta total mezclada y EP-DPM: estabulación parcial-dieta parcial mezclada.....	56
Figura 12. Temperatura promedio mensual del compost de los tratamientos EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua -dieta total mezclada y EP-DPM: estabulación parcial-dieta parcial mezclada.....	57
Figura 13. Contenido de humedad promedio mensual del compost para los tratamientos EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua -dieta total mezclada y EP-DPM: estabulación parcial-dieta parcial mezclada.....	58

5. LISTA DE ABREVIATURAS

CMS: consumo de materia seca

CN: campo natural

DPM: dieta parcial mezclada

DTM: dieta total mezclada

ha: hectárea

HR: humedad relativa

IIM: infección intramamaria

IMI: intramammary infection

L: litros

SL: score lineal

MS: materia seca

RB: recuento bacteriano

RCS: recuento de células somáticas

SCC: somatic cell count

SCS: score de células somáticas/ somatic cell score

SPP: semanas posparto

SSU: score suciedad de ubre

SCN: *Staphylococcus* coagulasa negativo

UHS: udder hygiene score

VM: vaca masa

VO: vaca ordeño

6. RESUMEN

En Uruguay surge la necesidad de generar información nacional, consecuente a la adopción de la nueva alternativa de producción que ya ha sido implementada mundialmente como parte de la intensificación de la lechería, como es el sistema de *compost barn*. El objetivo de este ensayo fue estudiar los efectos de la estabulación con ocupación continua y parcial en cama de compost (*compost barn*), sobre la salud de la glándula mamaria y la producción y composición de la leche de un rodeo de vacas de la raza Holando durante los primeros 130 días posparto. Se utilizaron 30 vacas con partos de mediados de marzo-abril de 2019, sin antecedentes de mastitis crónica, bloqueadas por número de lactancias, fecha prevista de parto, peso vivo y estado corporal. Al parto, los animales ingresaron a uno de los dos tratamientos: estabulación continua-dieta total mezclada (EC-DTM, n=14) que estuvo 100% del tiempo en estabulación permanente y estabulación parcial-dieta parcial mezclada, (EP-DPM, n=16) que combinó 50% del tiempo en estabulación y 50% del tiempo en pastoreo. Se determinó incidencia acumulada y mensual de primer caso de mastitis clínica; probabilidad de IIM (infección intramamaria) (RCS > 200.000 cél/mL), perfil de microorganismos, evaluación mensual del score de suciedad de ubre (SSU), registros semanales de temperatura y humedad de la cama de compost y la producción y composición de la leche. El score de células somáticas (SCS) del tratamiento EC-DTM fue mayor ($4,45 \pm 0,16$) a EP-DPM ($3,20 \pm 0,13$; $p < 0,0001$). El tratamiento EC-DTM presentó mayor porcentaje de mastitis clínica acumulada (78,6%; 52-92, IC95%) respecto a EP-DPM (37,5%; 18-61, IC95%; $p < 0,03$). La probabilidad de IIM fue de $43,0 \pm 8,5\%$ para EC-DTM y $20,6 \pm 5,7\%$ para EP-DPM ($p = 0,04$). Las vacas de EC-DTM presentaron mayor SSU ($42,0 \pm 6\%$) respecto a EP-DPM ($23,2 \pm 6\%$; $p = 0,03$). Hubo una tendencia de correlación muy baja entre SSU y RCS ($p = 0,08$ y $r = 0,13$). La temperatura de la cama de compost fue mayor en EP-DPM ($40,7 \pm 0,6^\circ\text{C}$) respecto a EC-DTM ($36,4 \pm 0,6^\circ\text{C}$; $p < 0,001$), y la humedad promedio registrada en EP-DPM fue inferior ($60,4 \pm 0,6\%$) que la del tratamiento EC-DTM ($63,1 \pm 0,5\%$; $p = 0,0007$). En cuanto a la producción de leche ésta fue superior en EC-DTM, con promedio de $40,7 \pm 0,3$ L (litros) diarios ante $32,7 \pm 0,2$ L para EP-DPM ($p < 0,0001$), no encontrando efecto de tratamiento para contenido de grasa ($p = 0,25$) ni de proteína ($p = 0,68$), pero sí sobre el contenido de lactosa ($5,00 \pm 0,02\%$ para EC-DTM vs $4,87 \pm 0,02\%$ para EP-DPM; $p < 0,0001$). En éste trabajo, las condiciones de la cama de compost impactaron sobre el SSU y la incidencia de mastitis, con diferencias derivadas del tiempo de ocupación

de la misma. Por otro lado, en el tratamiento EC-DTM se alcanzó mayor producción de leche acompañado de mayor contenido de lactosa con respecto a EP-DPM, sin diferencias en cuanto a grasa y proteína en su composición.

Palabras clave: *compost barn*, mastitis, pastoreo, estabulación.

7. SUMMARY

In Uruguay the need arises to generate national information, consequent to the adoption of the new production alternative that has already been implemented worldwide as part of the dairy intensification, such as the barn compost system. The objective of this trial was to study the effects of stabling with continuous and partial occupation in a two systems of milk production in a barn with a compost bed (*compost barn*), on the health of the mammary gland and the production and composition of the milk of a herd of Holando cows during the first 130 days postpartum. 30 cows with mid-March-April 2019 calvings were used, with no history of chronic mastitis, blocked by number of lactations, expected calving date, live weight and body condition. At parturition, the animals were admitted to one of the two treatments: continuous housing-total mixed diet (EC-DTM, n = 14) that was 100% of the time in permanent housing and partial housing-partial mixed diet (EP-DPM, n = 16) that combined 50% of the time in stabling and 50% of the time in grazing. Cumulative and monthly incidence of the first case of clinical mastitis was determined; probability of IMI (intramammary infection) (SCC > 200,000 cells / mL), profile of microorganisms, monthly evaluation of the udder hygiene scores (UHS), weekly records of temperature and humidity of the bed of compost and the production and composition of the milk. The somatic cell score (SCS) of the EC-DTM treatment was higher (4.45 ± 0.16) than EP-DPM (3.20 ± 0.13 ; $p < 0.0001$). The EC-DTM treatment presented a higher percentage of accumulated clinical mastitis (78.6%; 52-92, 95% CI) compared to EP-DPM (37.5%; 18-61, 95% CI; $p < 0.03$). The probability of IMI was $43.0 \pm 8.5\%$ for EC-DTM and $20.6 \pm 5.7\%$ for EP-DPM ($p = 0.04$). The EC-DTM cows presented higher UHS ($42.0 \pm 6\%$) compared to EP-DPM ($23.2 \pm 6\%$; $p = 0.03$). There was a very low correlation trend between UHS and somatic cell count (SCC) ($p = 0.08$ and $r = 0.13$). The compost bed temperature was higher in EP-DPM (40.7 ± 0.6 ° C) compared to EC-DTM (36.4 ± 0.6 ° C; $p < 0.001$), and the average humidity recorded in EP-DPM was lower ($60.4 \pm 0.6\%$) than that of the EC-DTM treatment ($63.1 \pm 0.5\%$; $p = 0.0007$). Regarding milk production, this was higher in EC-DTM, with an average of 40.7 ± 0.3 L per day compared to 32.7 ± 0.2 L for EP-DPM ($p < 0.0001$), not finding treatment effect for fat content ($p = 0.25$) or protein ($p = 0.68$), but yes on lactose content ($5.00 \pm 0.02\%$ for ACA-DTM vs $4.87 \pm 0.02\%$ for ACA-DPM; $p < 0.0001$). In this work, the conditions of the compost bed had an impact on the UHS and the incidence of mastitis, with differences derived from the time of occupation of the same. On the other hand,

in the EC-DTM treatment permanent a higher milk production was achieved, accompanied by higher lactose content with respect to EP-DPM, without differences in terms of fat and protein in their composition.

Keywords: compost barn, mastitis, grazing, stabling.

8. INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de conservar el estándar exportador en el mercado mundial de lácteos, la lechería nacional es desafiada a mantener el volumen de producción y calidad de la leche para así satisfacer la creciente demanda internacional, sin perder competitividad. Los sistemas de producción han sufrido un proceso de intensificación a través de la adopción de nuevas herramientas tecnológicas (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), 2018), de la mano de mayor carga animal ($1,15 \pm 0,03$ VO/ha) y el aumento de la producción individual por vaca (Chilibroste y Battezzato, 2014; Fariña y Chilibroste, 2019). El aumento de la producción de leche por vaca ordeñe (VO) trae aparejado nuevos desafíos, como ser en materia de salud de ubre, la mayor susceptibilidad a enfermar de mastitis (Schukken, Grommers, Van De Geer, Erb, y Brand, 1990). Además, manejos más intensivos también representan un riesgo en este sentido (Hogan y Smith, 2012), debido a que dan lugar a mayor conglomeración de animales (Pereira, Cruz, Rupprechter, y Meikle, 2017) en establecimientos sub dimensionados, donde históricamente la inversión en materia de infraestructura es limitada (Aguerre y Chilibroste, 2018).

La mastitis es la inflamación de la glándula mamaria causada principalmente por infección bacteriana ascendente cuya puerta de entrada es el pezón (Klaas y Zadoks, 2017; Reyher, Haine, Dohoo, y Revie, 2012). Determina menor rendimiento, mayor descarte de vacas, descarte de leche y disminución de la fertilidad (Halasa, Huijps, Osteras, y Hogeveen, 2007; Seegers, Fourichon, y Beaudeau, 2003). Su prevalencia impacta en la calidad sanitaria de la leche debido al mayor recuento de células somáticas (RCS) (Seegers et al., 2003; Pereira et al., 2017) y causa pérdidas económicas a nivel nacional estimadas entre un 8 y 10% de la producción total (Giannechini, Parieti, y De María, 2002).

El sistema productivo se caracteriza por su bajo costo relativo en comparación con sus competidores internacionales, atribuido a la alta participación de forraje de cosecha directa en la dieta de los animales, mientras que la creciente participación de suplementos (reservas de forraje y concentrados) que acompañó el proceso de intensificación, ha permitido sostener el crecimiento productivo debido a la variación estacional de la disponibilidad de la pastura (Fariña y Chilibroste, 2019) y ha sido fundamental para así avanzar adoptando nuevas alternativas de alimentación, cada

vez más frecuentes en el país, que sostengan tanto el aumento de la producción individual como de la carga de los sistemas (Chilibroste y Battezzato, 2014) permitiendo cosechar toda la biomasa que se produce en momentos estratégicos (Ortega et al., 2018).

Para los sistemas lecheros del país, la exposición e incertidumbre ante fenómenos climáticos adversos y sus consecuencias invita a reflexionar sobre la necesidad de contar con estrategias integrales de gestión de riesgo de esta índole (MGAP, 2018). También, en los últimos años, la presión social por el bienestar animal y ambiental tiene impacto en la forma en que los productores diseñan y administran su sistema de producción, volviéndose clave hacer foco en la adopción de nuevas tecnologías que brinden mayor beneficio para la salud a las vacas y un manejo sostenible de la agricultura (Fariña y Chilibroste, 2019).

Siguiendo este lineamiento, una posible solución es la implementación de otros sistemas de producción como ser la propuesta de estabulación *compost barn*; representa una alternativa al quedar exentos del clima adverso y deficiencias en disponibilidad de forraje para cosecha directa (Barberg, Endres, Salter, y Reneau, 2007; Charlton y Rutter, 2017). Surge en Estados Unidos, es un sistema de encierro en galpón con cama de compost también conocida como cama caliente, techado y ventilado, donde los animales circulan libremente. Además, las vacas se echan en un área de descanso, separada del pasillo de alimentación, que está formado por un sustrato orgánico agregado y la materia orgánica producto de sus propios desechos que se estabiliza por un proceso de fermentación aeróbica de los microorganismos de la cama que genera el calor suficiente para su secado y así destruir microorganismos patógenos y larvas de moscas (Barberg, Endres, y Janni, 2007; Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Black, Taraba, Day, Damasceno, y Bewley, 2013; Bewley, Robertson, y Eckelkamp, 2017; Leso, Uberti, Morshed, y Barbani, 2013; Leso et al., 2020). El sistema de *compost barn* permite adoptar otras modalidades de alimentación, como el uso de dieta total mezclada (DTM) ofrecida en galpón (Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Bewley et al., 2017). Pero, además, este sistema de *compost barn* podría adaptarse a un modelo mixto de alimentación basado en pastoreo y suplementación con una DTM ofrecida a galpón el cual da lugar a una dieta parcial mezclada (DPM) (Cajarville, Mendoza, Santana, y Repetto, 2012; Mendoza,

Cajarville, y Repetto, 2016; Salado, Bretschneider, Cuatrin, Descalzo, y Gagliostro, 2018) con el objetivo de obtener el mejor beneficio, resultado de su combinación (Charlton y Rutter, 2017). El objetivo de este trabajo fue estudiar dos sistemas de producción que utilizan el *compost barn* con ocupación continua o parcial, asociada a una alimentación 100% DTM en el caso del sistema continuo o una alimentación mixta con pastoreo y suplementación de DTM. Se estudió el efecto de estos sistemas sobre la salud de ubre, composición y calidad de leche.

9. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

9.1. La lechería en Uruguay

En Uruguay, la lechería tiene un rol muy importante dentro de la producción agropecuaria por ser el sector de mayor ingreso por hectárea (ha) en materia de exportación, posicionando el país como séptimo exportador de lácteos en el mundo, para lo cual se deriva el 70 % de la producción nacional (Instituto Nacional de la leche (INALE), 2019). En los últimos años, ha habido un aumento en la productividad y eficiencia en un contexto local, que compite constantemente por recursos, principalmente tierra y mano de obra (MGAP, 2018). El camino ha sido la intensificación de los sistemas lecheros. En la década que comprende desde el ejercicio 2010-2011 al cierre de 2017-2018, el sector lechero reflejó un 5,6% de aumento en la producción anual en base a un fuerte incremento del 15% en la producción individual por vaca masa (VM). Esto se ha logrado, en parte, por la introducción de nuevas tecnologías e innovación en materia de manejo, nutrición de respuesta rápida (principalmente suplementación con concentrados) y genética animal (Chilibroste y Battezzato, 2014; Lucy, 2001; Meikle, Adrien, Mattiawda, y Chilibroste, 2013; MGAP, 2018), lo cual permitió mayor productividad por hectárea con base, además, en un aumento de la carga animal (Aguerre y Chilibroste, 2018; Fariña y Chilibroste, 2019). Consecuentemente, el aumento en la producción de leche por VO y el manejo de alta concentración de animales por superficie, que se asocia con mayor contaminación ambiental y conglomeración de animales, trae aparejado nuevos desafíos en materia de salud de ubre por la mayor susceptibilidad a enfermar de mastitis (Hogan y Smith, 2012; Peña, 2019; Ruegg, 2006; Schukken et al., 1990).

El sistema de producción del país se caracteriza por su bajo costo relativo y alto nivel de competitividad internacional, siendo clave el aumento de la carga animal que conduce a un mayor consumo de pastura por hectárea (Aguerre y Chilibroste, 2018). La participación de pastura tiene un alto impacto en los costos ya que reduce el nivel de vulnerabilidad ante escenarios económicos desfavorables, en un mercado internacional de lácteos y granos muy volátil (Chilibroste y Battezzato, 2014; Chilibroste, 2015) debido al precio de la leche y de los concentrados (Ortega et al., 2018).

La actividad lechera se desarrolla en una superficie total de 761.550 ha de las cuales, el 60% cuenta con pasturas mejoradas consistente en 33% de praderas artificiales, 4,6% campo natural (CN) mejorado, 0,9% CN fertilizado y 21% forrajeras anuales. La superficie total de los tambos aumentó con respecto al ejercicio anterior, acompañado de una caída del 6% del número de tambos, siguiendo la tendencia de concentración de la producción en establecimientos de mayor escala que se ha observado mundialmente. El único estrato de productores que se ha mantenido, según tamaño predial, es el de más de 500 ha, mientras que descienden medianos y pequeños. El total de vacunos lecheros alcanza los 759.000 animales, con una producción de 5047 litros (L) anuales sobre VM según los datos al cierre del ejercicio 2019. La producción de leche comercial anual fue de 2.168 millones de L de los que 1.846 millones fueron remitidos a planta proviniendo de 2.532 establecimientos remitentes, de un total de 3.423 (MGAP, 2020).

El mayor nivel de intensificación ocurrió en el período que los precios favorables del mercado internacional acompañaron la lechería, entre los ejercicios 2000-2001 y 2013-2014. El proceso de inversión explica el aumento del endeudamiento sectorial que acentuó la heterogeneidad en lo referente a productividad, escala y eficiencia (MGAP, 2019).

La cuenca lechera la constituyen 8 departamentos: Paysandú, Río Negro, Soriano, Flores, Florida, Colonia, San José y Canelones. Concentra el 90% de la producción total del país (INALE, 2014).

En relación con las razas lecheras que predominan en Uruguay, el 83% de VM son Holando de origen americano y canadiense, el 17% corresponde a Holando neozelandés, Jersey y Normando, considerando también sus cruzas (INALE, 2014). Desde la última década, el crecimiento del rebaño ha sido nulo y presentó descenso del 1 % con relación al ejercicio anterior al cierre de 2019 (MGAP, 2020); atribuible al bajo rendimiento reproductivo general de los mismos (Meikle, Cavestany et al., 2013; Pereira et al., 2017).

El calendario reproductivo está enfocado mayormente a concentrar partos de marzo a mayo. En menor proporción, ocurren partos de agosto a setiembre y aún existe una minoría de establecimientos de pequeña escala que tiene pariciones

continuas durante todo el año (Chilibroste, 2012). El 65% de las pariciones ocurre entre marzo y setiembre (Fariña y Chilibroste, 2019).

9.2. Sistemas de producción, la alimentación y ambiente productivo

Hoy en día, la base de los sistemas lecheros en Uruguay es semipastoril. El forraje de cosecha directa continúa siendo el principal componente de la dieta de los animales (Aguerre y Chilibroste, 2018). El consumo de materia seca (CMS) se explica por un 47% pastura, 25% reserva y 28% concentrado (Aguerre et al., 2016; Fariña y Chilibroste, 2019; Oleggini, 2016). Un mayor uso de concentrados se justifica debido a que no es posible asegurar una oferta constante de forraje en cantidad y calidad a lo largo del año (Cajarville et al., 2012; Chilibroste, 2002; Chilibroste, Soca, y Mattiauda, 2011), además de que las pasturas templadas utilizadas por su alto contenido de humedad y fibra más su baja concentración energética, pueden resultar en bajo CMS y energía (Kolver y Müller, 1998) condicionando la producción de leche (Aguerre y Chilibroste, 2018) en animales de alto potencial (Kolver, 2003; Kolver y Müller, 1998). La alimentación ha sido un componente fundamental en el aumento de la producción de leche, tanto individual como por ha, atribuidos a la sinergia lograda con manejos de mayor carga animal del sistema con la participación de suplementos en la dieta (Aguerre y Chilibroste, 2018; Fariña y Chilibroste, 2019).

La pastura es el ambiente que permite a los bovinos expresar el comportamiento natural de la especie, provee espacio confortable (Charlton y Rutter, 2017) y reduce la incidencia de laminitis y mastitis comparado con la estabulación (Charlton y Rutter, 2017; Fregonesi y Leaver, 2001). Sin embargo, debido a la alta producción de leche, la pastura por sí sola puede resultar insuficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales, dejando animales con hambre y reduciendo así su bienestar (Charlton y Rutter, 2017; Kolver y Müller, 1998).

Entre las nuevas alternativas de alimentación es importante destacar la implementación de DTM y DPM, ésta última combina el uso de pastoreo directo con aporte de DTM (Salado et al., 2018). La DTM es el producto de mezclar todos los componentes específicos de la dieta en un solo alimento completo balanceado, compuesto por forrajes conservados y concentrados, que cumple con todos los requerimientos nutricionales y tiene mínimas posibilidades de selección individual. Ello

contribuye a aumentar y estabilizar la producción de leche al independizar relativamente de la pastura y ser una estrategia que reduce la vulnerabilidad a las inclemencias climáticas. A pesar de que la DTM es formulada contemplando todas las necesidades nutricionales, restringe la capacidad de seleccionar su propio alimento y es pensada en la vaca promedio del grupo a alimentar, no contemplando a una cantidad significativa de animales para los cuales la dieta es sub óptima. Por otro lado, cuando los animales tienen además la posibilidad de acceder a pasturas, son capaces de captar más nutrientes de manera óptima (Charlton y Rutter, 2017), siendo este un atributo de la DPM en que la pastura es cosechada por las vacas directamente y no incluida físicamente como en la DTM, reduciendo así la cantidad de DTM incluida en la dieta total y con ello los costos por alimentación; mejorando además la salud del rodeo (Soriano, Polan, y Miller, 2001). Por todo lo anterior es que ha habido un mayor interés mundial en las últimas décadas por la participación de pasturas en la producción de leche (Fariña y Chilbroste, 2019), tanto por parte de los productores como por los consumidores dadas las características nutricionales deseables para la salud humana, ya que dietas con alta proporción de pasturas favorecen la aparición de niveles más altos de ácido linoleico conjugado (CLA) en la leche, comparados con las alimentadas sólo con DTM (Cajarville et al., 2012; Elgersma, Tamminga, y Ellen, 2006; Lourenço, Van Ranst, Vlaeminck, De Smet, y Fievez, 2008), como el ácido ruménico en la grasa láctea y disminuye los ácidos grasos saturados, dando un producto de mejor calidad (Vibart, Fellner, Burns, Huntington, y Green, 2008).

El uso de DTM aumenta el CMS, producción de leche, peso y condición corporal (Kolver y Müller, 1998; Soriano et al., 2001). En la DPM, la utilización de raigrás anual en estado vegetativo, en otoño, puede ser incluida hasta en un 41% sin afectar la respuesta productiva, cuando se le compara con un sistema DTM, pero al suministrar la misma pastura en un estado más maduro, en un poco más del 11% de inclusión, se redujo el consumo, la producción de leche y de la proteína, dejando en claro la importancia de la calidad de la pastura utilizada (Vibart et al., 2008).

No se encontraron diferencias en la producción de leche entre vacas alimentadas con dieta 100% DTM o con una dieta DPM en que se maneje DTM con pastura en proporción 79:21 o 63:37 (Morales-Almaraz et al., 2010). Para algunos

investigadores, la eficiencia alimenticia con DPM es superior que ante manejos 100% DTM (Vibart et al., 2008). De Salado et al. (2018) se obtuvo que las vacas alimentadas 100% con DTM producen 6,5%, 20,4% y 27,6% más volumen de leche que las que mantienen proporción de alimentación 75:25, 50:50 y 25:75 de DTM y pastoreo en DPM, respectivamente. Cuando la alimentación con DTM es *ad libitum*, producen 19% más de leche que las que llevan una dieta DPM de 70% DTM y 30% pastura a base de avena (Bargo, Muller, Delahoy, y Cassidy, 2002; Salado et al., 2018) que se explica por diferencias entre el consumo de energía y mayor requerimiento de energía de mantenimiento; asociado a la actividad de pastoreo (Salado et al., 2018). Las diferencias en producción de leche se deben a diferencias en el consumo de energía y otros nutrientes más que a cambios en la digestión o utilización de estos (Kolver y Müller, 1998; Mendoza et al., 2016) ya que las alimentadas 100% a DTM efectivamente producen más y a su vez consumen más MS (Bargo et al., 2002).

En cuanto a la composición, a medida que aumenta el consumo de DTM, el contenido de lactosa se incrementa linealmente. Distinto a lo que sucede con el contenido porcentual de grasa y proteína de la leche que es inversamente proporcional porque se diluyen. La calidad nutricional y antioxidante disminuye, de la mano a la disminución del consumo de pasto, debido al menor contenido de ácidos grasos saludables tales como el ruménico y linolénico y la caída en el contenido de vitaminas antioxidantes (Salado et al., 2018; Silvestre, Martins, Santos, Ginja, y Colaço, 2008).

De un estudio nacional en vacas lecheras al inicio de lactancia en que se implementó el pastoreo de raigrás anual como parte de una DPM, en lugar de DTM durante ese tiempo, se obtuvo que: con pastoreo durante 4 horas diarias el consumo se mantuvo constante (aproximadamente 25 kg de MS) al de vacas totalmente en DTM, en cambio al aumentar el tiempo de acceso a la pastura a 8 horas, disminuyó a menos de 23 kg MS. Esto afectó la producción de leche, que disminuyó de 37 L (leche corregida por grasa al 3,5%) en vacas consumiendo DTM o su combinación con pasturas durante 4 horas, a 35 L para las vacas con acceso a pasturas por 8 horas (Mendoza, Cajarville, Colla et al., 2012). Similar tendencia hubo en los principales componentes de la leche (grasa, proteína, caseína y

lactosa) (Mendoza, Cajarville, de la Quintana et al., 2012). La producción de energía fue 7% superior por alimentación con DTM al 100% o con 4 horas de pastoreo en comparación a cuando se permitieron 8 horas de acceso a pastoreo (Mendoza et al., 2016), atribuido al superior consumo de nutrientes (Bargo, Muller, Kolver, y Delahoy, 2003). Sumado a estos antecedentes, Bargo et al. (2002) demostraron que cuando se parte de vacas lecheras en un sistema pastoril (cosecha directa de forraje), la utilización de forraje fresco en combinación con DTM mejora la producción de leche de forma superior que aplicando la tradicional suplementación con concentrado en sala de ordeño, o incluso que la suministración de forraje conservado en plazas de comida.

El acceso a la pastura en sistemas de alto nivel de alimentación ha sido estudiado a nivel mundial y Chapinal et al. (2010) demostraron que las vacas estabuladas con acceso a pastoreo mantuvieron los niveles de consumo y producción de leche e incluso lograron producir más leche que las que permanecen continuamente estabuladas. Esto fue asociado a un mayor tiempo echadas y mayor consumo de MS, con una producción promedio superior de 6,7 kg/día con relación a las 100% estabuladas; permitirles a las vacas mayor control sobre su ambiente contribuye en beneficios saludables y productivos (Motupalli, Sinclair, Charlton, Bleach, y Rutter, 2014). El objetivo de integrar la pastura a estos sistemas permite aprovechar sus atributos para darles mejores condiciones de ambiente a las vacas, que contemple sus necesidades todo el año (Charlton y Rutter, 2017).

Por otro lado, echarse y descansar son primordiales para las vacas lecheras, esenciales para la buena salud, bienestar y el logro de alto nivel productivo. Si cuentan con un área de descanso apropiada asignan a esta actividad entre 8 a 14 horas por día, comúnmente en la tardecita y noche. En este sentido, el diseño y calidad de la cama durante la estabulación influyen en el tiempo asignado al descanso, ya que poco espacio contribuye a favor de la agresión y restringe la expresión del comportamiento natural de la especie reduciendo también por ello su bienestar (Charlton y Rutter., 2017). Incluso el acceso parcial a pastoreo ha mostrado efecto beneficioso respecto al confinamiento total (Chapinal et al., 2010; Charlton y Rutter, 2017; Washburn, White, Green, y Benson, 2002), las vacas tienen una marcada preferencia por estar en la pastura durante la noche siempre que el

clima lo permita ya que ante precipitaciones buscan el resguardo de la estabulación (Charlton, Rutter, East, y Sinclair, 2013; Charlton y Rutter, 2017), y resulta muy interesante que, cuando las vacas tienen la posibilidad de elegir entre pastorear o consumir DTM estabuladas enseguida de los ordeños de la mañana y tarde, generalmente optan por estar estabuladas, observándose un pico de consumo de DTM en esos momentos (Charlton, Rutter, East, y Sinclair, 2011; Charlton y Rutter, 2017), por lo cual, el encierro a galpón durante el día con DTM para satisfacer las demandas nutricionales con acceso a pastura en la noche, contribuye en proporcionarles mayor confort y bienestar sin comprometer la salud y productividad (Chapinal et al., 2010; Charlton et al., 2013).

9.2.1. Sistema de estabulación con cama caliente o *compost barn*

Es esperable un efecto depresor del ambiente sobre la salud de la glándula mamaria, muy expuesta a las variables climáticas, como es el caso en animales a la intemperie. El exceso de precipitaciones y sus consecuencias como son el barro y humedad, generan condiciones propicias para la proliferación de patógenos y la contaminación que favorecen la incidencia de mastitis (Schreiner y Ruegg, 2003; Smith, Smith, Rude, y Ward, 2013; Pereira et al., 2017). El exceso hídrico trae dificultades de manejo por la excesiva humedad del suelo, mal estado de los caminos e imposibilidad de pastorear, que obliga al encierro de excesiva cantidad de animales en espacios inadecuados, son todos factores de riesgo para la presentación de mastitis y otras enfermedades (Pereira et al., 2017). Los animales en pastoreo están expuestos a inclemencias climáticas como lluvia, viento y radiación solar que repercuten en su bienestar y alteran su comportamiento; los días lluviosos influyen en las vacas optando éstas por estar más tiempo estabuladas que en pastoreo cuando tienen la posibilidad, como también en días invernales en que las condiciones de humedad y frío repercuten negativamente en el tiempo dedicado a descansar echadas (Charlton y Rutter, 2017).

Los sistemas estabulados parecen ser más beneficiosos durante meses invernales, porque provee techos que ofician de abrigo y reparo. Sin embargo, algunos estudios sostienen que las condiciones de estabulación significan un riesgo mayor de posibilidad de contraer mastitis por patógenos medioambientales (Charlton y Rutter, 2017). Los autores sostienen que se encuentra 1,8 veces más aparición de mastitis

clínica en vacas en confinamiento permanente, estabuladas con cama de paja, en comparación a aquellas que están en pastoreo (Washburn et al., 2002). La cama es fuente primaria de patógenos y los pezones están muy expuestos (Barberg, Endres, Salter et al., 2007), por ello la importancia de proveer las condiciones de ambiente y prácticas de manejo higiénicas, que reduzca el riesgo de incidencia de mastitis (Black et al., 2013).

La búsqueda de un mayor bienestar animal ha llevado al desarrollo de nuevas tecnologías en el afán de favorecer estos aspectos, surgiendo así distintos sistemas de estabulación (Bewley et al., 2017) argumentando mejores condiciones de suelo en el encierro que permiten mejor descanso (echadas) y mayor producción de leche por la mejora del confort animal (Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Fregonesi y Leaver, 2001). Cada vez más, otras alternativas de sistema de producción son tenidas en cuenta, las cuales combinan acceso a pastura supliendo el total confinamiento (Bewley et al., 2017; Fariña y Chilibroste, 2019). En general se considera el acceso a la pastura como muy importante para el bienestar de las vacas lecheras (Fariña y Chilibroste, 2019) y existe una fuerte presión social que promueve tomar en cuenta algunas variables al total confinamiento, incluyendo así la posibilidad de acceder a pasturas e instancias de ejercicio. El ambiente en que pasará la mayor parte del tiempo la vaca en lactancia es determinante de la productividad, salud, calidad de leche, reproducción, bienestar animal y rentabilidad económica (Bewley et al., 2017).

La propuesta de *compost barn* es un sistema de producción en galpón con cama de compost, también llamada cama caliente, que surge en EEUU de la mano de productores de Virginia en la década del 80 (Black et al., 2013; Bewley et al., 2017) y en 2001 en Minnesota (Barberg, Endres, Janni et al, 2007; Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Endres y Janni, 2008; Leso et al., 2013), como una alternativa a los sistemas tradicionales de estabulación existentes hasta el momento (Bewley et al., 2017), con el objetivo de mejorar condiciones de salud, confort y longevidad del rebaño (Barberg, Endres, Janni et al, 2007; Barberg, Endres, Salter et al., 2007) y reducir potencialmente el riesgo a mastitis asociado a los sistemas tradicionales (Black et al., 2013; Leso et al., 2013) que rápidamente se volvió de interés mundial (Barberg, Endres, Janni et al, 2007; Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Bewley et al., 2017). Es un sistema de confinamiento donde los animales circulan libremente dentro del

galpón, el cual es una estructura totalmente techada y ventilada, con área de alimentación (el alimento y el agua están en un corredor con piso de hormigón que puede ser central o perimetral) separada del área de descanso. El galpón puede incluir iluminación adicional y ventilación mecánica (Bewley et al., 2017; Leso et al., 2020).

La cama de compost, como se le denomina al área de descanso de este sistema, tiene la particularidad de ser el resultado de un proceso de compostaje de la materia orgánica. El sustrato de este compostaje está conformado por material agregado que consiste principalmente en aserrín o virutas de madera seca y fina. Este material sufre un proceso de estabilización, producto de procedimientos mecánicos de mezclado y rastrillado 2 veces al día (se utiliza un cultivador o un cincel que airea la cama mientras los animales se dirigen a la sala de ordeño) con el objetivo de incorporar oxígeno y mezclar bien los componentes. El laboreo incorpora los desechos de la capa superior (materia fecal y orina), integrándolo, exponiendo además mayor cantidad de sustrato inferior a la superficie (Barberg, Endres, Janni et al, 2007; Bewley et al., 2017; Black et al., 2013) para así favorecer la fermentación de los microorganismos propios de la cama para lograr la descomposición aeróbica de la materia orgánica. Esta fermentación genera aumento de temperatura (Black et al., 2013; Leso et al., 2013), vapor y dióxido de carbono, por lo que se debe maximizar la ventilación para evacuar el calor y humedad adicional producida (Barberg, Endres, Janni et al., 2007; Black et al., 2013). Ese calor resultante permite el secado de la cama lo cual se logra solo con manejo apropiado, para así alcanzar y mantener las características químicas y físicas que promueve la actividad bacteriana (Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Black et al., 2013; Leso et al., 2013; Leso et al., 2020) dando una superficie más suave que facilita mayor tiempo de descanso (Bewley et al., 2017). En tanto las proporciones de carbono, nitrógeno, oxígeno y humedad estén balanceadas, la población de microorganismos que varía permanentemente va a producir suficiente calor para secar la cama y destruir patógenos y larvas (Barberg, Endres, Janni et al., 2007; Black et al., 2013).

Parámetros como temperatura y humedad son claves para medir la eficiencia del compost (Black et al., 2013). Lo ideal es que la temperatura interna de la cama ronde entre 43,3 a 65,0 °C, a una profundidad entre 15 a 31 cm (Eckelkamp, Taraba, Akers, Harmon, y Bewley, 2016; Bewley et al., 2017). El nivel de profundidad en que

se mida influirá en el resultado obtenido y posteriores decisiones a tomar. La profundidad de laboreo varía entre 18 a 30 cm según la decisión del productor y la herramienta utilizada (Barberg, Endres, Janni et al., 2007; Bewley et al., 2017). Si luego del laboreo persisten zonas gruesas, aglomeradas y compactadas indica problemas por exceso de humedad por lo tanto no hay buena aireación, por el contrario, son áreas de actividad anaeróbica y temperatura más baja que la deseada (Black et al., 2013). Entre 40 y 50°C se logra la mayor degradación de celulosa, como resultado se obtiene menos altura de cama y permite mayor tiempo de acumulación de desechos, pero es preferible si se alcanza un rango entre 55 a 60°C para la destrucción de patógenos (Black et al., 2013). Si se logra mantener por 3 o 4 días entre 54 a 65°C tiene el potencial para inactivar bacterias y virus patógenos, destruir semillas de maleza y larvas de mosca, además de disminuir el olor que emana el compost (Bewley et al., 2017). En la práctica diaria, lo principal es mantener la superficie del área de descanso seca y reducir la necesidad de material por lo que el rango entre 45 y 55°C es bien tolerado. Deja de ser eficiente cuando desciende entre 35 y 40°C en que aumenta la biodiversidad bacteriana y no se degrada sustrato (Barberg, Endres, Janni et al., 2007; Black et al 2013).

En lo referente a la humedad de la cama, la misma proviene de las heces, orina y la propia actividad bacteriana, debiendo evitar el ingreso de excesos producto de lluvia o agua de bebida. El proceso de compost funciona de manera óptima con contenido de humedad entre 40 y 60 %. Si la humedad desciende a 30 - 35 % inhibiría la actividad microbiana deteniéndose el proceso de compostaje. Si en cambio la misma excede de 70% la actividad aeróbica se ve inhibida a causa de la pérdida de integridad intersticial o de porosidad y en efecto, por el material compactado se reduce el área de superficie. Otra desventaja del exceso de humedad es que facilita que se adhiera la cama a los pezones, siendo un indicador práctico de que la cama está excesivamente húmeda cuando comienza a adherirse a las vacas, requiriendo el agregado de más material seco (sustrato), generalmente cada 1 a 5 semanas (Barberg, Endres, Salter et al., 2007). Cuando esto sucede ya existe un compromiso importante de la higiene general y es muy probable que también se acompañe de un aumento del RCS en tanque, por lo que utilizar la humedad de la cama es la mejor guía, utilizando como límite 55% (Bewley et al., 2017). La frecuencia de agregado de material depende de las condiciones ambientales, superficie asignada por vaca, carga

animal, tipo de material, época del año, niveles de producción individual, ventilación del galpón e higiene animal (Barberg, Endres, Janni et al., 2007). Como regla general, de la carga animal depende de la cantidad de materia fecal y orina depositado en la cama, cuanto mayor cantidad requiere más espacio por vaca o más cantidad de material para que absorba la humedad (Black et al., 2013). La superficie recomendada por animal debe permitir un mínimo de área por animal que permita el espacio para desplazarse aún si todas las vacas estuviesen echadas al mismo tiempo. Cabe mencionar, que cuando se asigna la superficie de cama por animal, se debe tener en cuenta si se permite acceso a pastura o no, ya que esto redundaría en menos tiempo sobre la cama. Como referencia, la bibliografía cita $12,0 \pm 7,6$ m² de área de descanso y $9,0 \pm 2,2$ m² cuando se permite acceso a la pastura (Black et al., 2013). Estudios más recientes sugieren que el espacio mínimo asignado sea $9,3$ m² alegando que menor a ello aumentaría la compactación por exceso de humedad. Si se aportan 15 m²/vaca es muy bueno, pero con 12 m²/vaca ya es adecuado. Al aumentar la superficie que se le asigna a cada vaca resulta en una cama más seca ya que el proceso de evaporación ocurre principalmente en la zona superficial. Por otro lado, el calor que genera la actividad bacteriana facilita la evaporación reduciendo el área necesaria (Leso et al., 2020). En invierno se utiliza mayor cantidad de material debido a que hay menor evaporación de la cama dada la menor temperatura ambiente y alta humedad relativa (HR) (Leso et al., 2013), llegando a agregar con una frecuencia de $16,4$ días mientras en verano es cada $18,2$ días. Por lo tanto, las condiciones climáticas son el principal factor que repercute sobre la evaporación de la humedad de la cama y puede estimarse la tasa de secado teniendo en cuenta parámetros como temperatura del aire, HR y velocidad del aire, pero la evaporación se asocia también con la temperatura en la superficie de la cama, y es sobre estos dos últimos factores que se puede tener control mediante la utilización de sistemas de ventilación y prácticas de manejo que permitan el correcto funcionamiento del compostaje. En climas templados la necesidad de ventilación mecánica varía entre estaciones. En verano es esencial para remover el calor y humedad que generan los animales y la cama, por el contrario, en invierno excesiva ventilación puede repercutir negativamente en una pérdida excesiva de calor lo cual limitaría el secado de la misma. Podría ser necesario cambiar algunas prácticas de manejo durante el invierno para reducir las pérdidas de calor de la cama, como reducir la frecuencia de laboreo y la profundidad (Leso et al., 2020).

El sistema de compost permite manejar los desechos de los animales como sólidos, llegando a acumular la cama durante 6 a 12 meses antes de que sea necesario cambiar el material por completo (Barberg, Endres, Salter et al., 2007). En climas templados realizar la limpieza completa en otoño tardío es recomendado para permitir el restablecimiento del proceso de compostaje con 25 a 50 cm de material nuevo antes del comienzo del invierno (Leso et al., 2020). Entrar en clima más frío con una capa de compost activa que genera suficiente calor es imprescindible para el éxito del compost y la reducción de la humedad (Black et al., 2013). Generalmente si se retira el 50-75% en primavera, lo que a veces se opta para hacer espacio para acumular material durante el verano, permitiría el restablecimiento de la cama antes del clima frío (Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Bewley et al., 2017).

Entre las actividades diarias de cuidado, además de la adición periódica de material a la cama y la actividad de aireación, se realiza la limpieza del corredor de hormigón mientras los animales se encuentran en el área de descanso (Barberg, Endres, Janni et al., 2007; Bewley et al., 2017; Black et al., 2013), así se recoge entre un 25 a 30% del total de desechos producidos (Leso et al., 2020). Se ha utilizado una variedad de materiales orgánicos como sustrato para la cama y los más recomendados son aserrín y virutas de madera fina y seca, cáscara y virutas de soja. Las virutas tienen el potencial de facilitar el manejo ya que mejoran el mezclado, la aireación y actividad biológica porque mejora la capacidad de crecimiento de la población bacteriana (microbiota) y la descomposición del material orgánico, evitando la compactación excesiva de la cama entre los laboreos. Por otra parte, es preferible evitar el uso de paja, tallos de maíz y aserrín húmedo o verde; los dos primeros dificultan el manejo con la maquinaria de laboreo mientras que el último no permite alcanzar la absorción de agua requerida de la cama y se lo asocia a mayor posibilidad de encontrar altos recuentos de *Klebsiella* spp, principalmente cuando se utiliza aserrín verde. Al utilizar material que no está seco se aumenta la exposición a éstos patógenos (Bewley et al., 2017; Black et al., 2013), así como tampoco se recomiendan los derivados de madera con propiedades antimicrobianas (Bewley et al., 2017). Lo importante con respecto al material es que sea capaz de compostar, que esté seco y que el tamaño de partícula sea menor a 2,5 cm de largo para que otorgue porosidad en la cama y capacidad de retener humedad. De ello depende en parte la actividad de las bacterias. Se busca materiales que logran buena relación superficie/volumen,

beneficiosos para lograr una cama suelta con buena aireación como es el caso de los finos con buena estructura. Es atractivo que contengan algo de lignina que otorga mayor durabilidad porque limita la sobre degradación en el corto plazo, manteniendo la cama en condiciones por más tiempo (Leso et al., 2020).

9.3. Salud de la ubre

9.3.1. La mastitis

La enfermedad más prevalente y de mayor impacto económico para la lechería es la mastitis y se la considera mundialmente como el principal problema del sector lechero incluyendo la industria (Bray y Broaddus, 2006). Ésta es la inflamación de la ubre, resultado de lesiones tanto físicas como químicas y más comúnmente por causa infecciosa por vía ascendente que descendente (Klaas y Zadocks, 2017; Reyher et al., 2012; Saran y Chaffer, 2000). Afecta directamente a la glándula mamaria perjudicando el bienestar de los animales, que aún luego de la remisión de los síntomas clínicos, mantienen la producción por debajo de su potencial, con pérdidas muy importantes por la baja tasa de cura bacteriológica con el riesgo de nuevas infecciones y descarte de material genético en su defecto (Ruegg, 2011; Ruegg, 2012). Según la presentación, la mastitis se clasifica en clínica y subclínica. Cuando hay alteración en la producción de leche, con o sin síntomas secundarios, estamos frente una manifestación clínica (Ruegg, 2011; Ruegg, 2012). Según el distinto grado de compromiso, las mastitis clínicas leves solo manifiestan anomalías en leche, las moderadas anomalías en leche y glándula sin síntomas sistémicos; las severas, anomalía en leche y glándula mamaria acompañado de síntomas sistémicos (Bradley y Green, 2000; Schukken et al., 2011). Muchos casos de mastitis se presentan como un síndrome en que los cuartos afectados alternan entre estado clínico y subclínico. Las alteraciones en leche son fácilmente detectables, variando de apariencia acuosa a presencia de grumos, coágulos o cambios de coloración al inicio del ordeño (Ruegg, 2011). En la ubre, pueden aparecer signos de inflamación, con dolor, cambios de coloración, temperatura, hasta pérdida de función (Philpot y Nickerson, 2002). La gravedad de las alteraciones tanto de la ubre como de la leche y la salud general del paciente, dependen de la intensidad del proceso inflamatorio, pudiendo incluso causar la muerte cuando el proceso local se generaliza resultando en un grave compromiso sistémico (Signorini et al., 2003). Por el contrario, las mastitis subclínicas son

aparentemente sanas, sin signos visibles, pero con altos RCS (Philpot y Nickerson, 2002; Schukken et al., 2011), siendo que una vaca es considerada infectada cuando su RCS individual es mayor a 200.000 cél/mL (Ruegg, 2003; Ruegg, 2011). Se consideran sanos los cuartos o vacas con recuentos celulares menores o iguales a 200.000 cél/mL y para el caso de vaquillonas, con recuentos celulares menores o iguales a 100.000 cél/mL (Harmon, 1994; Smith y Hogan, 2001). Se cuantifica como un caso, la ocurrencia de mastitis en uno o más cuartos (Ruegg, 2011).

La tradicional clasificación de mastitis en contagiosa y ambiental, se basa en el reservorio primario de los microorganismos patógenos y el modo más probable de transmisión, donde la ubre de la vaca infectada sirve de reservorio para los patógenos contagiosos y el ambiente contaminado es fuente de microorganismos ambientales (Ruegg, 2011; Ruegg, 2012). La caracterización genética molecular de las bacterias permite conocer y comprender como se comportan, facilitando crear nuevos programas de salud de ubre enfocados en distintas potenciales vías de exposición, encontrando que los patógenos ambientales pueden adaptarse al hospedero y comportarse de manera similar a los contagiosos y la transmisión ocurre cuando pezones de vacas sanas son expuestos a los organismos en la leche de vacas enfermas, dando lugar a la colonización del pezón (Klaas y Zadoks, 2017). La mastitis es una enfermedad infecciosa y pese a ocurrir a nivel individual, se debe implementar programas de control a nivel de rebaño. Ante un rodeo con mastitis, la clave está en implementar programas de control basados en la detección efectiva de casos, con diagnóstico, seguimiento epidemiológico del problema y evaluar los factores de riesgo de transmisión, con evaluación de tratamientos apropiados e implementación de prácticas de manejo preventivas y correcto registro con seguimiento de casos que permita por su revisión regular, evaluar la performance animal, el ambiente y el sistema de ordeño (Ruegg, 2011; Ruegg, 2012).

El pilar fundamental en la salud de ubre radica en la prevención, no obstante así, la prevención de mastitis causada por agentes patógenos ambientales, que es más común y costosa en la lechería moderna en la que su incidencia ha tenido ascenso, es más compleja dada su amplia distribución en el ambiente de la vaca por tratarse de microorganismos oportunistas (Barkema et al., 2015; Klaas y Zadoks, 2017; Ruegg, 2011), para lo cual el plan de control de 5 puntos (desinfección post

ordeño, terapia de la vaca seca, tratamiento de casos clínicos, descarte de vacas crónicas, mantenimiento regular de la máquina de ordeño) no resulta muy eficiente (Ruegg, 2011; Ruegg, 2012). La mayor exposición a los patógenos ambientales oportunistas ocurre principalmente entre ordeños, lo que indica que el riesgo de infección está muy relacionado con la exposición de la ubre a los patógenos y a la eficiencia de sus mecanismos de defensa (Hamman, 1991). Además, distintos grupos de animales difieren en habilidad para resistir a los desafíos del ambiente, tal es el caso de las vacas periparturientas que, por la inmunosupresión, están más propensas a padecer mastitis clínica por patógenos ambientales en lactancia temprana. Las vacas multíparas tienen mayor riesgo a mastitis clínica por dos motivos, por un lado, por el mayor período de exposición (por el número de lactancias) a leche con microorganismos infecciosos contagiosos y por otro lado, la edad determina que vacas multíparas tengan el esfínter del pezón más laxo, lo que ofrece menos resistencia a la infección. Una vaca con mastitis clínica en la lactancia anterior tiene una probabilidad 4,2 veces mayor de presentar mastitis en los primeros 120 días de lactancia siguientes en comparación a una vaca que no tuvo (Ruegg, 2011). Los microorganismos son muy difíciles de controlar y más aún cuando hay malas condiciones de higiene ambiental y permanente contaminación de materia fecal (Ruegg, 2012). El material de cama, la humedad, material vegetal y tierra funcionan como reservorios (Klaas y Zadoks, 2017; Ruegg, 2011; Ruegg, 2012). Las bacterias más comunes que causan este tipo de mastitis son *Escherichia coli* y *Klebsiella* spp entre las gramnegativas y las grampositivas *Streptococcus uberis* y *dysgalactiae*. Éstas últimas son menos adaptadas para la supervivencia en la glándula mamaria y la IIM genera una respuesta inmune que resulta en síntomas clínicos leves a moderados. La duración de la infección varía según microorganismo y se asocia al grado de adaptación al hospedero. La *E. coli* es un verdadero oportunista, la respuesta inmune es eficiente en la eliminación del patógeno luego de un corto período de enfermedad clínica leve. Otras infecciones por *Streptococcus* o *Klebsiella* spp, más adaptados al hospedero, transcurren con síntomas clínicos leves que parecen resueltos cuando en realidad han pasado a estado subclínico (Ruegg, 2011; Ruegg, 2012).

No es posible eliminar los microorganismos oportunistas del ambiente de la vaca, pero sí mantener bajos sus niveles conservando un ambiente limpio y seco

(Costa y Reinemann, 2004; Ruegg, 2012). La higiene del ambiente es tan importante como la de la ubre. Está comprobado que existe una mayor prevalencia a la infección con patógenos ambientales y contagiosos en vacas con ubres sucias (Ruegg, 2003; Ruegg, 2006).

De los relevamientos realizados por Giannechini, Concha et al. (2002) y Giannechini et al. (2014), en Uruguay, se identificó al *Staphylococcus aureus* como el microorganismo más aislado en los muestreos tanto de casos de mastitis clínica como subclínica, seguido de *Streptococcus dysgalactiae* en casos de mastitis clínica. Los más aislados en mastitis subclínica fueron *Staphylococcus coagulasa negativo* (SCN), *Streptococcus uberis*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus agalactiae* y *Enterococcus* sp. Estos trabajos se realizaron ya hace unos años, cuando los sistemas de producción lecheros aún no estaban tan intensificados (Giannechini et al., 2014). En un trabajo más reciente se encontró que la incidencia de mastitis es mayor en tambos que superan las 500 VM que en menores a 250 VM, con una prevalencia de hasta el 41% de la VM (Pereira et al., 2017).

Esta enfermedad causa pérdidas estimadas entre un 8 y 10% de la producción total, atribuible principalmente a la mastitis subclínica con pérdidas indirectas por el aumento de RCS (Giannechini, Parieti et al., 2002). La mastitis determina mayor desvío de leche, además de que reduce la producción de leche, provoca la caída de sólidos y dificulta el manejo del almacenamiento de la leche por la liberación de enzimas de las células que reducen la vida útil de la misma. Además, la mastitis dificulta el desarrollo de la rutina de trabajo y aumenta el riesgo de resistencia a antibióticos (Hogeveen, Huijps, y Lam, 2011; Philpot y Nickerson, 2000; Ruegg, 2012; Saran y Chaffer, 2000).

Uruguay cuenta con el Sistema Nacional de Calidad de Leche creado por decreto N° 90/995 del 21 de febrero de 1995, en vigencia desde 1997, el cual establece categorías de calidad de leche remitida a planta de acuerdo con la calidad higiénica medida a través del recuento bacteriano (RB) y la calidad sanitaria medida mediante RCS (Uruguay (1995, marzo 15). Decreto N° 90/995). Las exigencias aumentan a raíz de la creación del decreto N°359/013, que establece valores máximos de recibo de RCS y RB a partir de noviembre de 2016 de 100.000 UFC/mL (unidades formadoras de colonias) para RB y 400.000 cél/mL RCS en leche de tanque. Esta

normativa determina que los productores deben extremar las medidas para lograr producir leche dentro de los estándares establecidos (Uruguay (2013, noviembre 18). Decreto N° 359/013).

9.3.2. Sistema de defensa de la ubre y diagnóstico de mastitis

Las células somáticas están constituidas principalmente por leucocitos y constituyen la respuesta inmune de la glándula mamaria, aumentando frente a casos de mastitis (Wolter, Castañeda, Kloppert, y Zschoeck, 2002), en animales sanos predominan los macrófagos mientras que ante un estímulo nocivo aumenta el número de granulocitos neutrófilos que pasan de los vasos sanguíneos al parénquima alveolar, por mediadores químicos que desencadenan la reacción inflamatoria (Reneau, 1986; Ruegg, 2003; Sordillo, Shafer-Weaver, y De Rosa, 1997; Wolter y Kloppert, 2004). La reacción inflamatoria aguda es imprescindible para la defensa de los tejidos del hospedero contra patógenos invasores (Riollet, Rainard, y Poutrel, 2000). Participan en el RCS, también, pero en menor medida, las células epiteliales que se desprenden del tejido mamario (Blowey y Edmondson, 1995).

Para el diagnóstico y monitoreo del proceso inflamatorio pueden utilizarse varias herramientas diagnósticas, incluyendo RCS, conductividad de la leche y California Mastitis Test (CMT). El más utilizado por el sistema de regulación de la industria es el RCS, se utiliza para detectar la existencia de IIM, ya sea de muestras de pool de cuartos para identificar el individuo afectado o al cuarto involucrado en el proceso inflamatorio (Ruegg, 2003; Schukken, Wilson, Welcome, Garrison-Tikofsky, y González, 2003). Puede realizarse también a nivel general de rodeo a través de una muestra de leche de tanque y es el parámetro más común aceptado mundialmente como medida estándar para evaluar la calidad sanitaria de la leche remitida (Harmon, 1994). Para realizar el RCS se emplea la técnica automática de recuento electrónico de células. En la actualidad se utiliza la citometría de flujo, que tiene la ventaja de ser rápida, precisa y analiza un gran número de muestras a la vez, permite la detección inmediata del proceso inflamatorio cuando aún hay bajos RCS, aumentando así la confiabilidad de la herramienta diagnóstica (Koes y Hamann, 2008). También se puede utilizar el CMT, un método subjetivo, cualitativo, rápido y accesible, que se realiza al pie de la vaca. Permite detectar los cuartos afectados por el aumento de células somáticas en casos de mastitis subclínica, pudiéndose utilizarse también para

muestras de pool de cuatro cuartos y en leche de tanque (Ruegg, 2003). El monitoreo de RCS y CMT en lactación temprana son muy útiles para seleccionar de que cuartos o sus conjuntos se extraerán muestras para cultivo bacteriológico (Kelton y Godkin, 2000; Sargeant, Leslie, Shirley, Pulkrabek, y Lim, 2001). La detección de mastitis subclínica de un cuarto se basa en RCS y análisis bacteriológico en muestras de leche, pero aun cuando los cultivos den negativo, en presencia de RCS superior a 200.000 cél/mL, éste es un fuerte indicador de mastitis (Ruegg, 2011).

El mantenimiento saludable de la piel y punta del pezón y de su higiene son claves en la prevención de mastitis (Saran y Chaffer, 2000). El canal del pezón, junto con la piel, es considerado como la primera barrera de defensa contra los patógenos (Nickerson y Pankey, 1983). Las lesiones en la piel y punta de la teta aumentan la oferta de lugares donde las bacterias podrían permanecer y sobrevivir, aumentando la susceptibilidad a IIM (Oltenucu, Bendixen, Vilson, y Ekesbo, 1999). La condición de la piel y la punta de la teta pueden verse afectadas por varios factores, entre ellos el estatus fisiológico, el ambiente, el clima y la máquina de ordeño (la exposición al frío, viento, humedad y barro más la irritación que pueda ocasionar el ordeño mecánico, hacen que la piel se reseque (Blowey y Edmonson, 1995).

9.3.3. Suciedad de la ubre y agentes bacterianos en sistemas de *compost barn*

La evaluación del grado de suciedad en las vacas es un método que fue diseñado para poder estimar la contaminación de las diferentes áreas anatómicas de los animales y así establecer un estándar de medición de la suciedad que se acumula (Hughes, 2001) a nivel de miembros posteriores, ubre y pezones (Schreiner y Ruegg, 2003). Esta escala de evaluación es utilizada como indicador del bienestar de las vacas y está relacionada con la incidencia de aparición de mastitis (Ward et al., 2002). Barkema et al. (1999) mencionan que los rodeos en los que la ubre se encontraba sucia al momento del ordeño, presentaron mayor RCS en leche de tanque. Por otra parte, estudios determinaron que por cada grado que aumenta la suciedad en la escala de 1-5, se reporta un aumento de 50 mil en el RCS (Reneau, Seykora, Heins, Bey, y Farnsworth, 2003). La suciedad de la ubre se relaciona con la cantidad y tipos de bacterias presentes en la superficie de los pezones, siendo fuente de patógenos en leche y correlacionado con la incidencia de IIM (Schreiner y Ruegg, 2003). La

higiene de los animales puede verse afectada por manejos con altas cargas que van de la mano muchas veces con mayor contaminación ambiental por mayor circulación de animales en espacios comunes, generalmente sub dimensionados, volviéndose un riesgo a favor de IIM (Fariña y Chilbroste, 2019; Peña, 2019).

Cuando el nivel de higiene de la vaca pasa de la condición 1 o 2 a 3 o 4 hay una probabilidad 1,5 veces mayor de contraer una IIM, teniendo como referencia para su evaluación la graduación de suciedad de un rango de 1 a 4 (1 limpio a 4 muy sucio) (Schreiner y Ruegg, 2003), siendo un buen objetivo contar con menos del 15 % de vacas con nivel de suciedad entre 3 y 4, evaluando rutinariamente (Ruegg, 2006).

Las condiciones de la cama y el nivel de higiene de las vacas son los factores que más inciden en el riesgo de presentar mastitis por agentes ambientales, por cada unidad porcentual que aumenta la humedad de la cama la probabilidad de mastitis clínica aumenta un 5,7% mientras que la prevalencia de infección de mastitis aumenta 16% por cada unidad que aumenta en el rango de suciedad de pata de 4 puntos, según la evaluación del estudio experimental de Fávero, Portilho, Oliveira, Langoni, y Pantoja. (2015). En comparaciones realizadas entre sistemas con estabulación en climas templados, el *compost barn* presenta mayor nivel de suciedad en las vacas principalmente durante las condiciones de frío y humedad ambiente que determinan retención de humedad en la cama y se asocian a valores de 3 en nivel de higiene (sucio) (Leso et al., 2020). Por esto, la correcta preparación de la ubre y buenos procedimientos durante el ordeño son esenciales para lograr excelente calidad de leche en estos sistemas de estabulación y reducir el riesgo de mastitis (Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Black et al., 2013).

Aun manteniendo condiciones de manejo apropiadas, los microorganismos coliformes, estafilococos, estreptococos y bacilos proliferan en la cama (Barberg, Endres, Janniet al., 2007; Bewley et al., 2017), pero pese al alto recuento bacteriano presente en ella, no se observan efectos negativos como altos RCS individuales ni mastitis clínica o alto RCS en tanque (Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Bewley et al., 2017). Tanto las tasas de infección por mastitis, como el RCS a nivel de tanque, disminuyeron significativamente en sistemas que pasaron de estabulación convencional con cama de paja a la alternativa de compost (Barberg, Endres, Salter et al., 2007).

De un análisis sobre los agentes causales de mastitis en sistemas de *compost barn*, se demostró que a medida que aumenta la temperatura interna de la cama, decrece el crecimiento de poblaciones de estafilococos, estreptococos y bacilos, mientras que aumenta la de especies coliformes (Eckelcamp et al., 2016; Leso et al., 2020). Además, los patógenos de muestras de leche de vacas con mastitis clínica en estos sistemas más frecuentemente aislados son *E. coli*, SCN y estreptococos ambientales con menor presencia de *Klebsiella* spp y para casos de mastitis subclínica el *Corynebacterium bovis* (Leso et al., 2020). También otros autores mencionan casos menos frecuentes provocados por *Serratia* spp y *Enterobacter* spp; con la particularidad que *Serratia* es menos patogénica que *E. coli* y *Klebsiella* derivando en casos clínicos leves o subclínicos, pero su severidad radica en la cronicidad de la IIM, resultando en una corta permanencia de las vacas afectadas en el rodeo (Schukken et al., 2012). La prevención contra gramnegativos se basa fundamentalmente en mejorar la higiene y reducir la exposición de la punta de los pezones a la contaminación ambiental, con programas más específicos que se adapten al comportamiento de las especies dominantes causales de IIM en el rodeo (Schukken et al., 2012).

10. HIPÓTESIS

La ocupación continua en un sistema estabulado con cama de compost (cama caliente), genera condiciones desfavorables para la salud de la ubre determinando menor calidad de la leche y mayor incidencia acumulada de mastitis clínica en comparación a un sistema con ocupación parcial, en los primeros 130 días posparto.

11. OBJETIVOS

11.1. Objetivo general

Comparar dos sistemas de producción de leche que utilizan la estabulación con ocupación continua o parcial en un galpón con cama de compost (*compost barn*) y evaluar los efectos sobre la salud de la ubre, y la producción y composición de la leche durante los primeros 130 días posparto.

11.2. Objetivos específicos

Estudiar los efectos que tiene la estabulación continua y la estabulación parcial en un sistema con cama de compost sobre:

- Producción y composición de la leche (porcentaje de grasa, proteína y lactosa).
- El recuento de células somáticas de la leche a nivel individual.
- Probabilidad de infección intramamaria.
- La tasa de incidencia mensual y acumulada de mastitis clínica.
- El perfil de los microorganismos causantes de mastitis.
- La suciedad de la ubre.
- Los parámetros temperatura y humedad de la cama.

12. MATERIALES Y MÉTODOS

12.1. Lugar físico de desarrollo del presente estudio e instituciones involucradas

El trabajo de campo se realizó en la plataforma experimental en lechería de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), de la Facultad de Agronomía, Ruta 3, km 363, en el departamento de Paysandú.

El protocolo experimental fue aprobado por la Comisión de Experimentación y Uso de Animales de la Facultad de Agronomía (CHEA ID 682 - Exp. 020300-000602-18).

Los análisis de composición química de leche (grasa, proteína y lactosa y recuento de células somáticas) fueron realizados en Laboratorio COLAVECO de Nueva Helvecia.

En Laboratorio Regional Noroeste de la DILAVE, Paysandú, se procedió a realizar los cultivos y antibiogramas de muestras de leche de casos de mastitis.

12.2. Diseño experimental, animales y período experimental

Se trabajó con 30 vacas de la raza Holando, sin antecedentes de mastitis crónica (se analizaron los últimos tres registros de RCS de la lactancia anterior), paridas en marzo – abril de 2019, las cuales fueron bloqueadas por número de lactancias, fecha prevista de parto, peso vivo y estado corporal (escala de 1 a 5; Edmonson, Lean, Weaver, Farver, y Webster, 1989). Luego de realizados los bloqueos, se distribuyeron al azar en dos tratamientos, EC-DTM con 14 animales y EP-DPM con 16.

Los tratamientos se extendieron desde el parto hasta los 130 días posparto. En el período comprendido entre principio de marzo y julio inclusive del año 2019.

12.3. Tratamientos:

- **EC- DTM:** Sistema de ocupación continua en estabulación; en galpón completamente techado con ventilación (natural y artificial), aspersion y sistema de cama de compost (*compost barn*). Alimentación con dieta total mezclada (DTM) que cubre el 100% de los requerimientos de mantenimiento y de producción. Agua *ad libitum*.

- **EP-DPM:** Sistema combinado de pastoreo (50% del tiempo) y ocupación parcial en estabulación; en galpón completamente techado con ventilación (natural y artificial), aspersión y sistema de cama de compost (50% del tiempo). En el *compost barn*, las vacas recibieron la suplementación con forraje y concentrados, agua *ad libitum*. También tuvieron acceso al agua en la pastura.

Hasta el día del parto los animales compartieron las mismas condiciones de ambiente a cielo abierto y alimentación con dieta preparto (desde -21 días respecto al parto) que se suministró una vez al día, a las 17:30 h. El manejo fue en dos lotes, vacas primíparas y vacas múltiparas. Los animales de cada tratamiento se identificaron con collares de colores, rojo, para el grupo EC-DTM y azul para el grupo EP-DPM. Se realizó la vigilancia de los partos para ingresar al ensayo a medida que éstos ocurrían.

Luego del parto y dentro del galpón las vacas fueron agrupados en grupos de 4 animales cada uno, existiendo por lo tanto 4 corrales para cada tratamiento. Los animales de un mismo corral tenían una caravana del color del tratamiento con el número del corral al cual correspondían.

Para el caso del tratamiento EP-DPM, las vacas pastorearon en una única franja para todos los individuos, de ocupación semanal con 2,5 vacas/ha de plataforma de pastoreo.

12.4. Alimentación

Los dos tratamientos recibieron la misma mezcla de alimentos (ensilajes, heno y ración), diferenciándose por la cantidad ofrecida diariamente. EC-DTM tuvo alimentación *ad libitum* y para EP-DPM se ajustó la cantidad de suplemento según la oferta de pastura, para asegurar la producción de leche objetivo, que fue de 45 y 35L, respectivamente. En la Tabla 1 se presenta la información del consumo de suplemento por vaca para ambos tratamientos, así como la disponibilidad de pastura y asignación de esta al grupo EP-DPM.

Tabla 1. Consumo de dieta total mezclada (DTM) por vaca para los tratamientos EC-DTM y EP-DPM, disponibilidad y asignación de la pastura para el tratamiento EP-DPM.

MES	Consumo DTM (KgMS/vaca/día)		PASTURA EP-DPM	
	EC-DTM	EP-DPM	Disponibilidad (kgMS/ha)	Asignación (kgMS/vaca/día)
Marzo	22	12,3	2844	15,8
Abril	22,5	16,8	1512	13,3
Mayo	26,2	14,0	1583	17,5
Junio	27,6	17,5	1589	8,4
Julio	27,2	15,6	1635	14,7

En la Tabla 2 se presenta la composición química de la mezcla de DTM utilizada por ambos tratamientos.

Tabla 2. Composición química de la dieta total mezclada (DTM) utilizada en los tratamientos EC-DTM y EP-DPM.

	Materia seca	Proteína (%)	FDN (%)	FDA
Marzo	45,3±1,3	15,7±0,8	30,5±3,5	15±4,2
Abril	43,7±1,9	16,2±1,2	33±4,2	18±1,4
Mayo	43,9±1,8	16,0±1,1	32,2±1,8	13,6±2,5
Junio	55,1±2,4	14,7±0,5	29,5±1,0	12,7±1,3
Julio	59,3±0,4	16,7±1,5	30,5±2,4	15,2±2,9

FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida.

El tratamiento EP-DPM pastoreaba una plataforma de pastoreo que se presenta en la Figura 1. El pastoreo se realizó en franjas semanales en pasturas de *Festuca arundinacea* y *Lotus corniculatus*; y de Avena sativa y *Lolium multiflorum*. La asignación de la pastura se presenta en la Tabla 1.

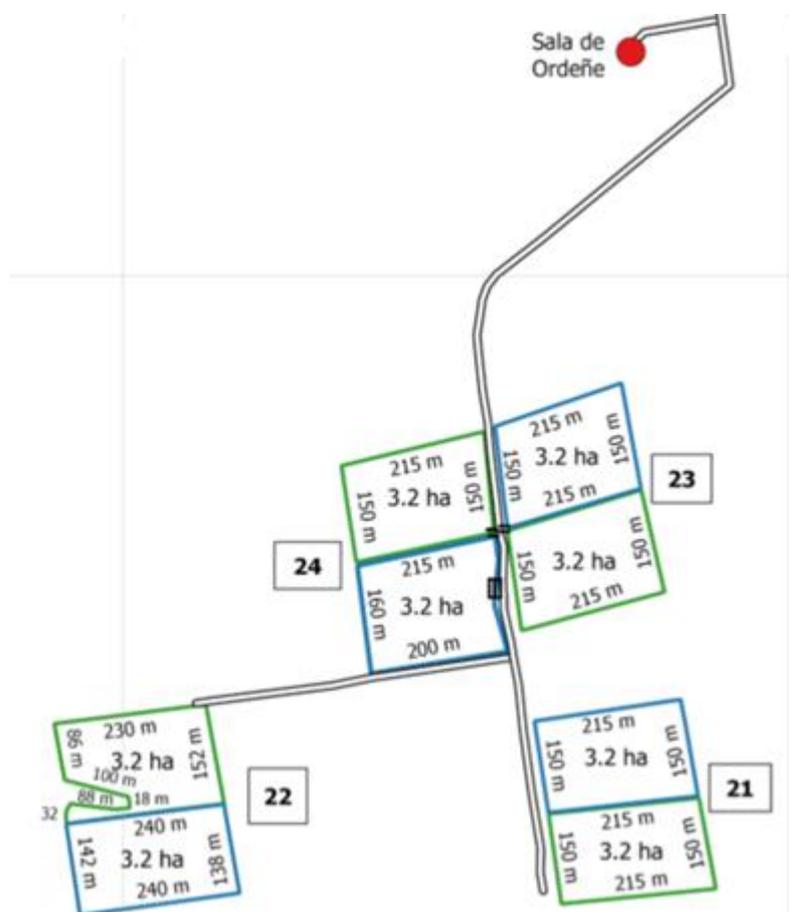


Figura 1. Esquema de las parcelas pastoreadas en los potreros 21, 22, 23 y 24, por el tratamiento EP-DPM (recuadros azules).

12.5. Rutina de los animales e instalaciones

El tratamiento EC-DTM estuvo todo el tiempo estabulado y el tratamiento EP-DPM pastoreaba luego del ordeño de la mañana de 7:00 a 14:00h. Luego del ordeño de la tarde ingresaba al galpón donde recibía la suplementación correspondiente. Se realizaron dos ordeños diarios (4:00 y 15:30 h).

Se utilizó una rutina de ordeño completa, en que los operarios utilizaron guantes descartables durante todo momento, que consistió en el ingreso de los animales a la sala, eliminación de los primeros chorros de leche, aplicación de pre-dipping con una

solución de peróxido de hidrógeno (OxyCide-Pre®), retirada a los 60 segundos mediante toallas de papel descartables de forma individual por pezón. Luego del ordeño (con retiro automático de pezoneras) se aplicó post-dipping, sellador en base a solución yodada (Luxsan x Sellador de barrera de 10.000 ppm de iodo ®).

Respecto al manejo de la cama caliente, primeramente, la misma se inició con una mezcla de aserrín de madera y chip de madera de *Eucaliptus* con una base inicial de 30 cm de profundidad. Dos veces por día, a las 7:00 y 17:00 h, se pasó un cincel en ambos sentidos del galpón a una profundidad de aproximadamente 30-35 cm con el objetivo de mezclar la materia fecal con el material existente e incorporar oxígeno (aeración), necesario para la fermentación aeróbica de la cama. Semanalmente se monitoreó la temperatura y humedad a 20-25 cm de profundidad (Leso et al., 2013) con medidor de temperatura y humedad para heno y ensilaje (agraTronix, USA), teniendo como objetivo de humedad entre 40 y 60% y de temperatura entre 43 y 60 °C (Black et al., 2013). Basados en los parámetros de humedad se repuso material (aserrín y chip) el 12 de marzo, 30 de abril, 7 mayo (con retiro previo de área superior de cama), 14 y 27 de mayo. Además el 17 de junio se agregó cáscara de arroz en EP-DPM y el 1 de julio se agregó aserrín, chip y cáscara de arroz. En cada reposición se aplicaba una camada de aproximadamente 10-15 cm de material.

El galpón donde se realizaba la estabulación era una estructura abierta que permite la ventilación natural, pero además contaba con ventiladores; totalmente techada en 2 aguas, con una base de cimientos de hormigón (periferia), con un corredor de hormigón central para alimentación con comederos fijos, aspersores aéreos sobre el corredor y un bebedero por corral. A ambos laterales de éste el área de descanso con la cama caliente, subdividida en 8 corrales para cada tratamiento. Cada corral de 9 m de largo por 6 m de ancho, con 13,5 m² de cama disponibles por vaca.

12.6. Determinaciones y mediciones realizadas

- **Primer caso de mastitis clínica**

Para el diagnóstico de mastitis clínica se utilizó el criterio establecido por Ruegg (2011) y Ruegg (2012) donde se definió un caso de mastitis clínica ante la producción de leche anormal (presencia de grumos o coágulos, cambios de color o leche acuosa) acompañada o no de signos clínicos secundarios. El diagnóstico se realizaba durante la rutina de ordeño, muchas veces por los funcionarios idóneos al realizar la eliminación de los primeros chorros y también al examinar las vacas con RCS altos, tras haber realizado el monitoreo individual de RCS.

Cada caso de mastitis clínica se registró como un evento de salud de ubre, en cada oportunidad se asentó la fecha, el número de identificación de la vaca involucrada, el cuarto de la glándula mamaria con mastitis y el tratamiento realizado.

Para el análisis de la incidencia se consideraron solamente los nuevos casos de mastitis clínica, el primer evento de mastitis clínica. Para esto, se consideró primer caso según Ruegg (2011), a la ocurrencia de mastitis clínica en uno o más cuartos de una vaca (ésta vaca fue contabilizada sólo una vez para el primer caso). Esto fue utilizado para la elaboración de los indicadores: incidencia acumulada de primer caso de mastitis clínica e incidencia mensual de primer caso de mastitis clínica sobre el total de vacas por tratamiento.

- **Probabilidad de infección intramamaria**

Se evaluó la probabilidad de infección intramamaria por tratamiento, considerándose con infección intramamaria a las vacas que en la evaluación de RCS presentaron recuentos mayores a 200.000 cél/mL de leche (Cardozo et al., 2015; Ruegg, 2003; Ruegg, 2011; Schukken et al., 2003). Se presenta la información como la proporción de vacas infectadas sobre el total de vacas en ordeño, por tratamiento y por mes.

- **Producción y composición de la leche**

Se llevó registro diario de la producción de leche individual (software GEA) y se colectaron muestras de leche durante dos ordeños consecutivos (AM y PM) con conservante LACTOPOL (Laboratorio Emilio Benzo S.A), para la determinación de la composición (porcentaje) de proteína, grasa y lactosa (Milkoscan® Foss FT2) y del

RCS. Las muestras fueron remitidas al Laboratorio COLAVECO semanalmente desde el parto hasta los 90 días posparto (DPP), quincenalmente desde los 91 DPP hasta los 130 DPP. Los métodos utilizados para analizar los componentes de la leche fueron: para el RCS citometría de flujo (Delta CombiScope™ FTIR 600 HP) y para grasa, proteína y urea por el método de absorción de radiación infrarroja cercana, ambos en leche fluida.

- **Cultivo y antibiograma**

De cada caso de mastitis clínica y subclínica se obtuvieron muestras de leche estéril por el procedimiento descrito por Giannechini, Parieti et al. (2002), identificadas con el número de la vaca, cuarto involucrado y la fecha; fueron colocadas en conservadora con refrigerantes y luego inmediatamente conservadas a -5°C (por un plazo no mayor al mes) hasta ser remitidas al laboratorio de diagnóstico DILAVE “Dr. Miguel C. Rubino”, Regional Noroeste, Paysandú, para el aislamiento de los agentes etiológicos y el antibiograma.

Para el caso de mastitis subclínicas, ante la presencia de vacas con recuentos de células somáticas > 200 mil cél/mL, se realizó el test de CMT para determinar él o los cuartos afectados, una vez identificado/s, se tomó la muestra de leche de forma estéril.

- **Evaluación de suciedad de ubre en el rodeo**

Mensualmente se estableció un día para evaluar el grado de suciedad de la ubre utilizando la escala de 1 a 4 de Schreiner y Ruegg (2003) donde 1 es libre de suciedad, 2 muy poca suciedad (2-10% del área de superficie), 3 moderadamente cubierta de suciedad (10-30% del área de superficie) y 4 muy cubierta de suciedad (> 30% del área de superficie).

- **Parámetros de la cama**

Registros semanales de temperatura y humedad de cama por tratamiento, a 20-25 cm de profundidad (Leso et al., 2013).

- **Registro de parámetros atmosféricos**

Durante todo el ensayo se llevó registro de las variables meteorológicas: precipitaciones, humedad relativa y temperatura que se presentan en la Tabla 3 (información obtenida de la Estación Meteorológica de la EEMAC).

Tabla 3. Registro mensual de variables atmosféricas.

	Meses				
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Humedad media (%)	-	78,6	86,6	86,1	80,0
Temperatura media (°C)	20,1	18,3	15,6	15,2	11,1
Precipitaciones acumuladas (mm)	69	70,6	99,6	202,8	27,8

12.7. Análisis estadístico:

Respecto a los agentes bacterianos de la mastitis clínica y subclínica se presentaron como tabla de frecuencia para cada tipo de mastitis.

Las variables que consisten en observaciones repetidas en el tiempo producción y composición de la leche fueron analizadas por el procedimiento mixto del SAS. El modelo estadístico incluyó como efectos el tratamiento, la semana posparto, la interacción entre ambos y el bloque.

Para evaluar la tasa de incidencia mensual y acumulada de mastitis clínica se utilizó Test exacto de Fisher en el programa SAS.

La probabilidad de infección fue determinada mediante el RCS, definiendo como enfermas a aquellas vacas que presentaban recuentos $> 200,000$ cél /mL, (1), en comparación con las sanas que presentaban un RCS por debajo o igual a este límite (0). Esta variable binomial (sana vs enferma) se analizó por el procedimiento Glimmix del SAS. El modelo estadístico incluyó como efectos fijos el tratamiento, el mes, la interacción entre ambos y el bloque.

El recuento de células somáticas se transformó a la escala logarítmica, para obtener el SCS utilizando la fórmula del score lineal (SL): $SL = \log_2 (RCS/100) + 3$ donde RCS es cel/mL. La conversión de SL a RCS se calculó $RCS = 100 \times 2^{(SL-3)}$ (Schukken et al., 2003), como efectos fijos el tratamiento, turno, el mes, su interacción y el bloque.

Para analizar el grado de suciedad de la ubre se agruparon las observaciones de la escala en dos grupos, limpio (Grados 1 y 2) o sucio (Grado 3 y 4). Esta variable binomial también se analizó por el procedimiento Glimmix del SAS. El modelo estadístico incluyó como efectos el tratamiento, el mes, la interacción entre ambos y el bloque.

La temperatura y humedad de la cama, por el procedimiento Mixto SAS; como efectos fijos: tratamiento, mes, tratamiento x mes.

Las diferencias estadísticas se consideraron significativas si $p \leq 0,05$ y se consideró tendencia si se encontraba entre 0,05 y 0,10.

13. RESULTADOS

13.1. Producción y composición de leche

Hubo efecto de tratamiento sobre la producción de leche, con valores promedio de producción diaria de $40,7 \pm 0,3$ L para EC-DTM y $32,7 \pm 0,2$ L para EP-DPM, con diferencias significativas ($p < 0,0001$), evaluada semanalmente. También hubo efecto de las semanas posparto y del bloque ($p < 0,0001$). No hubo efecto de la interacción entre tratamiento y SPP ($p = 0,71$). Se muestra en la Figura 2 la producción de leche promedio semanal para cada tratamiento.

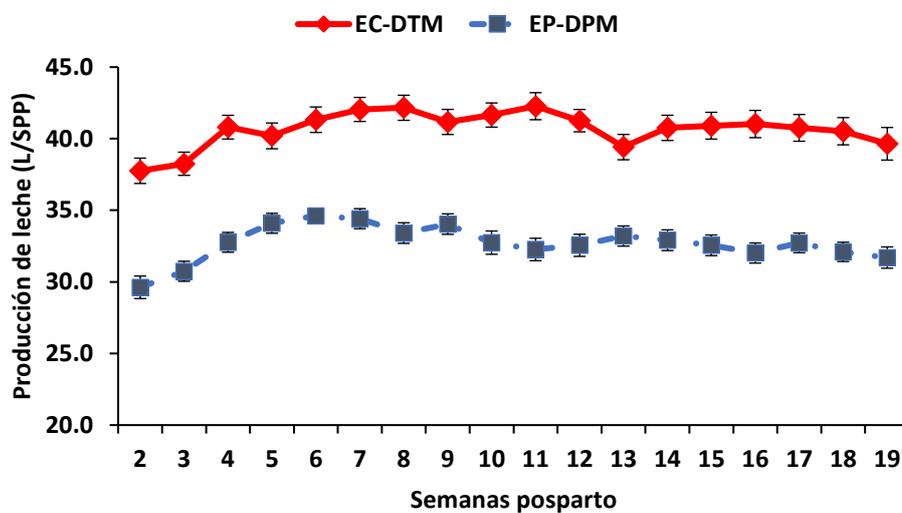


Figura 2. Producción de leche con relación a las semanas posparto para las vacas de los tratamientos EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua – dieta total mezclada. EP-DPM: estabulación parcial – dieta parcial mezclada.

Con respecto al contenido de grasa de la leche, no se encontró efecto de tratamiento ($3,43 \pm 0,06\%$ para EC-DTM y $3,52 \pm 0,04\%$ en EP-DPM; $p = 0,25$) ni de la interacción tratamiento por SPP (Figura 3; $p = 0,19$), pero en cambio hubo efecto de las SPP ($p < 0,0001$) y del bloque ($p = 0,003$).

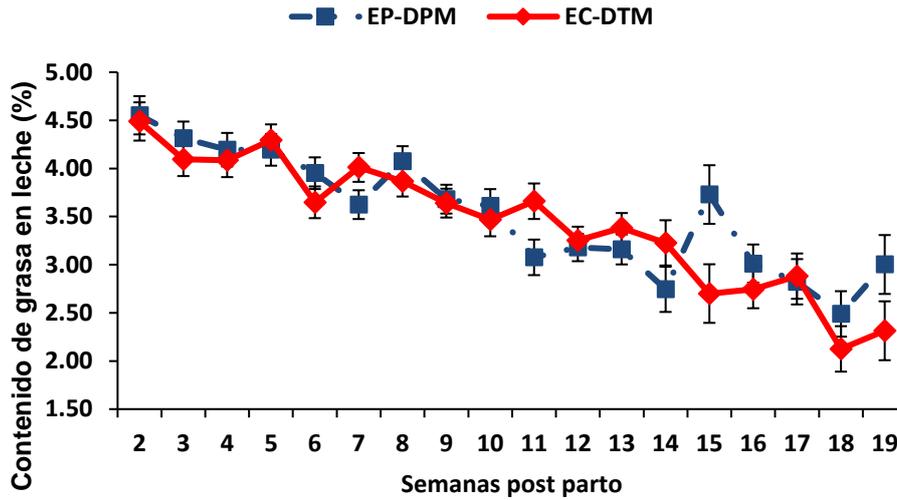


Figura 3. Evolución del contenido de grasa en la leche en relación con las semanas posparto para los tratamientos EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua – dieta total mezclada. EP-DPM: estabulación parcial -dieta parcial mezclada.

El contenido de proteína en leche no fue afectado por el tratamiento, sin diferencias significativas entre ellos, con valores promedio en leche diarios de $3,35 \pm 0,02\%$ y $3,34 \pm 0,02\%$ para EC-DTM y EP-DPM, respectivamente ($p=0,68$). Se encontró efecto para las SPP ($p < 0,0001$) y del bloque ($p < 0,0001$), en tanto que no lo hubo para la interacción entre tratamiento y SPP ($p=0,69$).

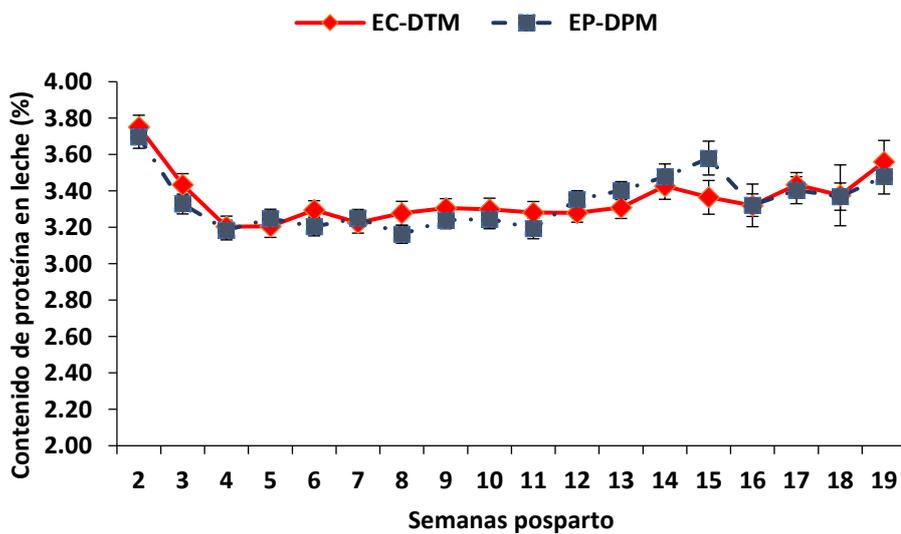


Figura 4. Evolución del contenido de proteína en leche en relación con las semanas posparto para los tratamientos EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua – dieta total mezclada, EP-DPM: estabulación parcial – dieta parcial mezclada.

Hubo efecto de tratamiento sobre el contenido de lactosa en la leche al igual que del bloque ($p < 0,0001$). Además, hubo efecto de SPP ($p = 0,006$), pero no así de la interacción tratamiento por SPP ($p = 0,48$, Figura 5).

El contenido de lactosa para cada tratamiento tuvo diferencias significativas entre ellos, siendo que EC-DTM superó a EP-DPM ($5,00 \pm 0,02\%$ ante $4,87 \pm 0,02\%$; $p < 0,0001$).

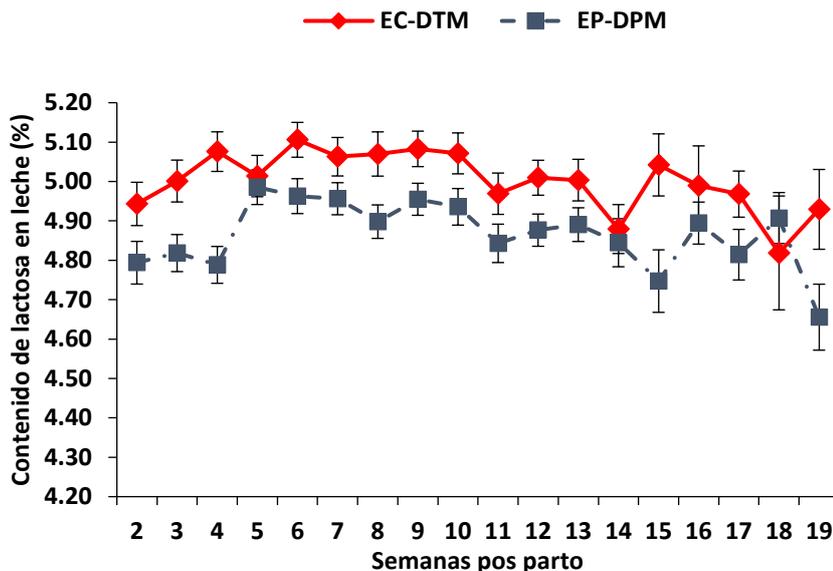


Figura 5. Contenido de lactosa en leche en relación con las semanas posparto para los tratamientos EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua – dieta total mezclada. EP-DPM: estabulación parcial – dieta parcial mezclada.

13.2. Recuento de células somáticas

Hubo efecto del tratamiento sobre el SCS, donde EC-DTM superó a EP-DPM ($p < 0,0001$). El tratamiento EC-DTM presentó un SCS igual a $4,45 \pm 0,16$ y el tratamiento EP-DPM $3,20 \pm 0,13$. Además, hubo efecto del turno de ordeño (AM y PM) ($p < 0,0001$) y una tendencia del mes sobre el SCS ($p = 0,06$). Hubo una interacción entre tratamiento y mes ($p = 0,002$), así como efecto del bloque ($p < 0,0001$).

El tratamiento EC-DTM superó en SCS en el período de marzo a julio al tratamiento EP-DPM (Figura 6). De la evolución individual mensual de cada tratamiento, se obtuvo que EC-DTM presentó mayor SCS en mayo y junio y difieren significativamente respecto a marzo abril y julio ($p = 0,002$). El tratamiento EP-DPM presentó mayor SCS en marzo con diferencias significativas de abril y mayo, en que

hubo menor SCS, mientras tanto no hubo diferencias en junio y julio ($p=0,002$). A partir de marzo, EC-DTM comenzó a tener un aumento sostenido en el score hasta junio, donde luego decrece hasta julio, como se puede apreciar en la Figura 6. En cambio, EP-DPM tuvo una disminución del score a partir de marzo hasta mayo, luego un aumento en junio y julio que no superó los valores alcanzados en marzo.

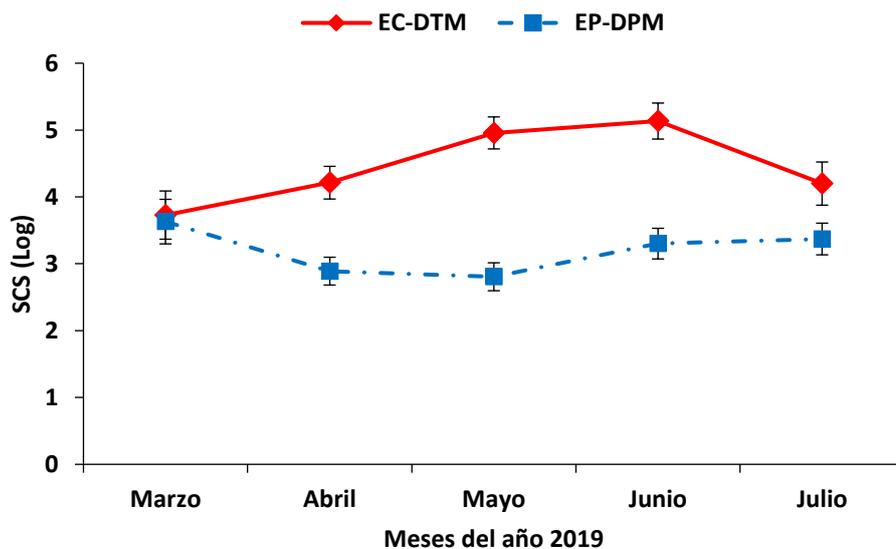


Figura 6. Evolución mensual del score de células somáticas (SCS) por tratamiento. Tratamiento EC-DTM: estabulación continua – dieta total mezclada y EP-DPM: estabulación parcial – dieta parcial mezclada.

Comparativamente entre los tratamientos, se pudo apreciar que las diferencias se presentaron entre abril y julio. En marzo no hubo diferencias significativas del SCS para los dos tratamientos ($p=0,002$).

Tabla 4. Conversión de score de células somáticas (SCS) a cél/mL. Tratamiento EC-DTM: estabulación continua – dieta total mezclada y EP-DPM: estabulación parcial – dieta parcial mezclada.

Meses	EC-DTM		ACA-DPM	
	SCS	Cél/mL	SCS	Cél/mL
Marzo	3,728	165.669	3,631	154.832
Abril	4,213	231.819	2,890	92.646
Mayo	4,956	388.200	2,806	87.424
Junio	5,134	439.207	3,302	123.243
Julio	4,199	229.724	3,371	129.307

13.3. Mastitis clínica

13.3.1. Incidencia acumulada de primer caso de mastitis clínica

Hubo diferencias significativas entre ambos tratamientos ($p < 0,03$) de primer caso de mastitis clínica acumulada, la cual fue mayor en EC-DTM donde el 78,6% (52-92, IC95%) de las vacas del tratamiento enfermó de mastitis clínica, en comparación con un 37,5% (18-61, IC95%) de las del tratamiento EP-DPM.

13.3.2. Incidencia mensual de primer caso de mastitis clínica

Cuando se analiza incidencia de primer caso de mastitis clínica mensual (Figura 7), solamente se encontró diferencias significativas en el mes de abril ($p < 0,05$), donde el 50,0% (27-73, IC95%) de las vacas en EC-DTM estuvieron afectadas, en comparación con el 12,5% (3-36, IC95%) de EP-DPM.

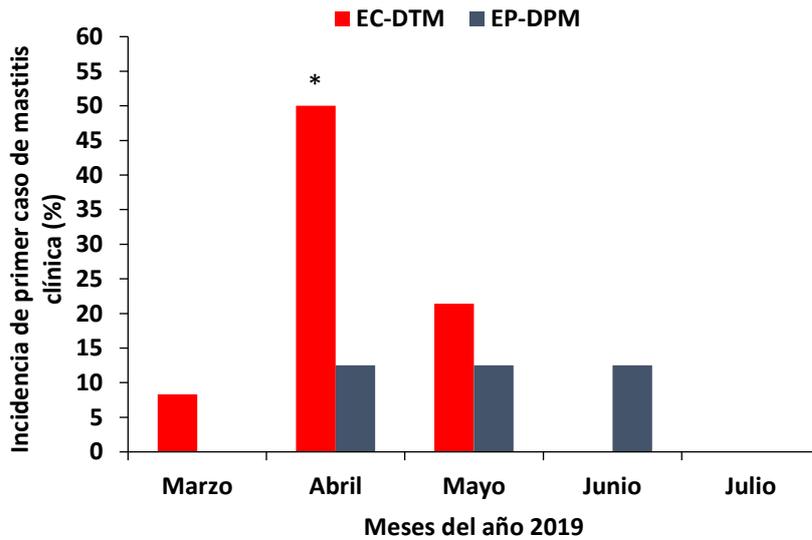


Figura 7. Incidencia mensual de primer caso de mastitis clínica por tratamiento EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua – dieta total mezclada y ACA-DPM: estabulación parcial – dieta parcial mezclada. Asterisco representa diferencias significativas entre tratamientos para el mes ($p < 0,05$).

13.4. Bacteriología, perfil de microorganismos aislados de mastitis.

De los cultivos bacterianos realizados en casos de mastitis clínica y subclínica, se aislaron los microorganismos que se presentan en las Figuras 8 y 9, donde se pueden apreciar los agentes causales y su incidencia sobre el total de aislamientos por tratamiento.

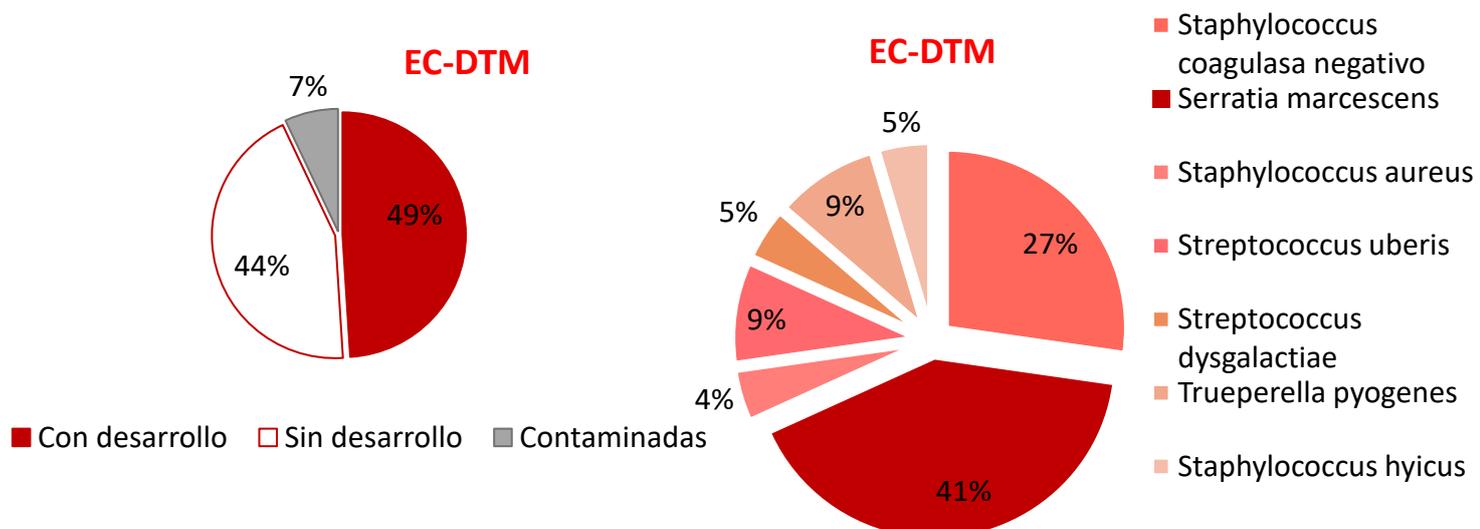


Figura 8. Microorganismos aislados en casos de mastitis del tratamiento EC-DTM (n=45).

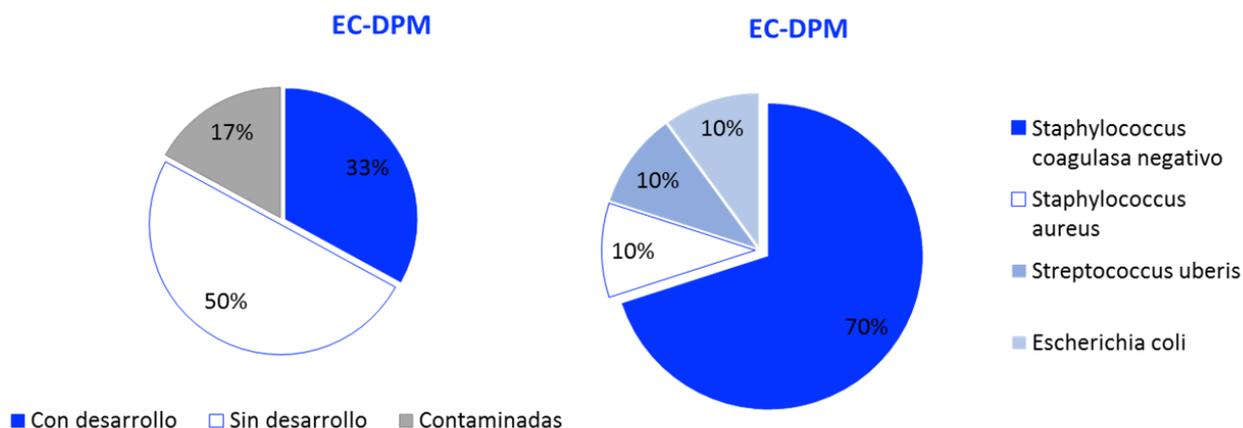


Figura 9. Microorganismos aislados en casos de mastitis del tratamiento EP-DPM (n=30).

13.5. Probabilidad de infección intramamaria

Hubo efecto del tratamiento sobre la probabilidad de IIM ($p=0,04$), siendo que el tratamiento EC-DTM presentó $43,0 \pm 8,5\%$ y EP-DPM $20,6 \pm 5,7\%$ de probabilidad de tener una vaca con infección intramamaria ($RCS > 200000$ cél/mL), con diferencias significativas entre tratamientos. No hubo efecto del mes, ni de la interacción tratamiento por mes o bloque. En la Figura 10 se presenta la probabilidad de IIM por mes y tratamiento ($p=0,40$), con diferencias significativas en mayo, junio y julio.

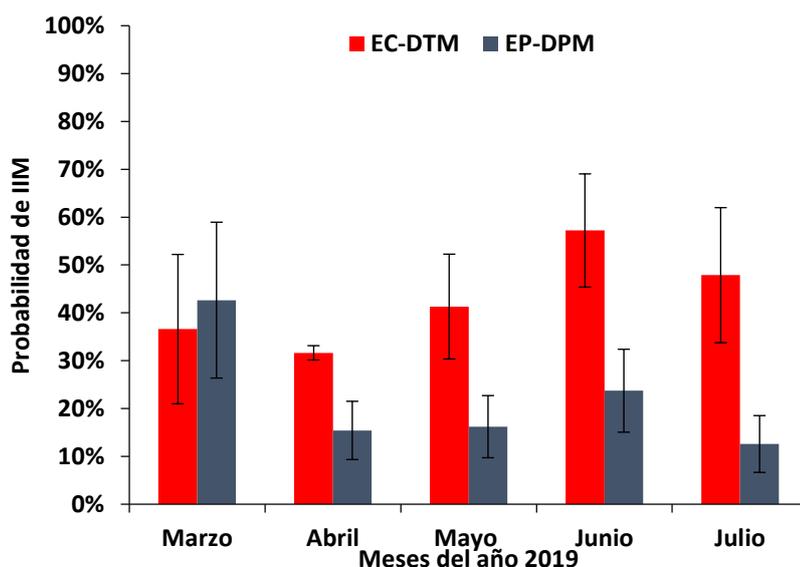


Figura 10. Probabilidad de infección intramamaria por mes y por tratamiento EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continúa – dieta total mezclada y EP-DPM: estabulación parcial – dieta parcial mezclada.

13.6. Suciedad de ubre

Según el score de suciedad de ubre (SSU) se clasificaron las vacas en dos categorías, en limpias (1 y 2) y sucias (3 y 4) y se obtuvo que hubo efecto de tratamiento ($p=0,03$), efecto mes ($p=0,004$) pero no hubo efecto de la interacción tratamiento por mes ($p=0,40$; Figura 11).

El tratamiento EC-DTM tuvo más vacas sucias que EP-DPM (EC-DTM tuvo $42,0\pm 6\%$ de vacas sucias frente a $23,2\pm 6\%$ de EP-DPM).

Del efecto mes, la mayor proporción de vacas sucias se presentó en mayo, que se diferenció de abril y junio, sin diferencias significativas con julio. La proporción de vacas sucias fue de $28\pm 5\%$, $58\pm 9\%$, $11\pm 6\%$ y $40,5\pm 7\%$ en abril, mayo, junio y julio, respectivamente.

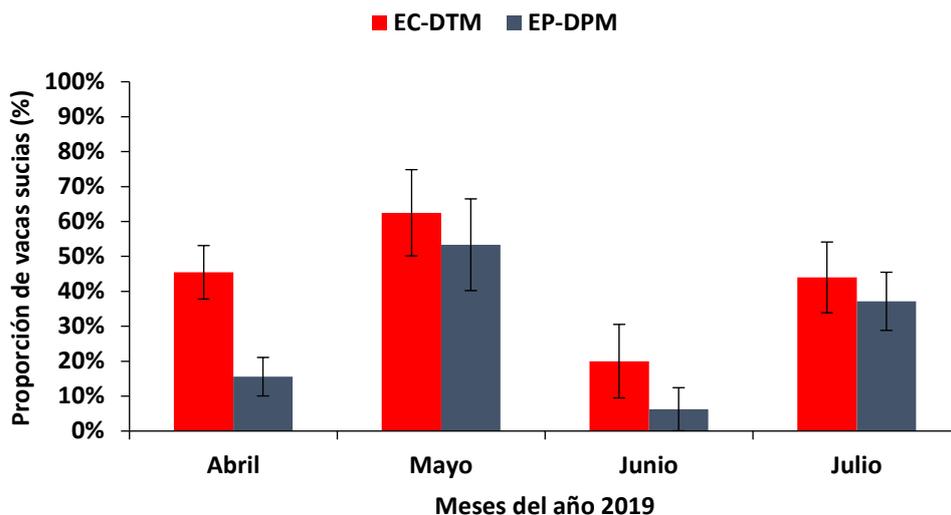


Figura 11. Proporción de vacas sucias (score 3 y 4 del SSU) por mes. Tratamiento EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua – dieta total mezclada y EP-DPM: estabulación parcial – dieta parcial mezclada.

Del análisis de correlación entre SSU y RCS, independientemente del tratamiento, se logró determinar que hay tendencia de asociación lineal entre estas variables, positiva pero baja, $p=0,08$ a un IC del 95%, $r=0,13$.

13.7. Parámetros de la cama del *compost barn*: temperatura y humedad

Hubo efecto significativo de tratamiento sobre la temperatura de la cama, en que EP-DPM tuvo mayor temperatura que la cama del tratamiento EC-DTM ($40,7\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ vs $36,4\pm 0,6^{\circ}\text{C}$; con diferencias significativas $p<0,001$), así como también hubo efecto del mes ($p=0,0009$) y de interacción tratamiento por mes ($p=0,0003$).

La temperatura de la cama del tratamiento EP-DPM no tuvo variaciones durante los meses, pero en cambio, en el tratamiento EC-DTM si las hubo (Figura 12). Junio fue el mes con mayor temperatura en la cama del tratamiento EC-DTM en relación con abril, mayo y julio.

De comparar entre tratamientos mensualmente, se encontró que solamente en junio hubo diferencias entre los tratamientos, en tanto que en abril, mayo y julio EP-DPM superó significativamente en los valores alcanzados de temperatura de cama al tratamiento EC-DTM ($p<0,0003$).

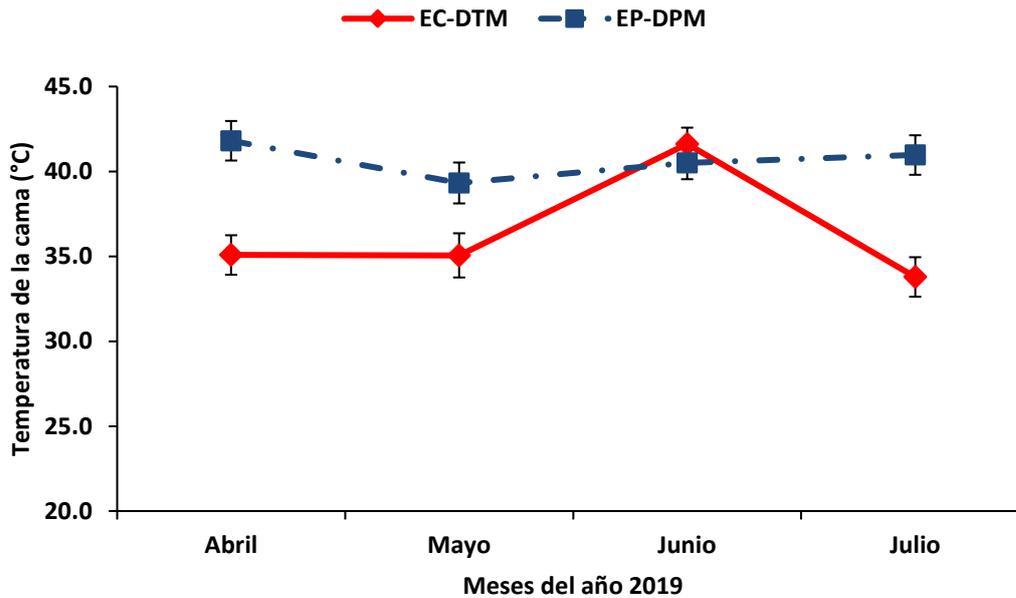


Figura 12. Temperatura promedio mensual del *compost* para los tratamientos EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continúa – dieta total mezclada y EP-DPM: estabulación parcial – dieta parcial mezclada.

Con respecto a la humedad en la cama, estuvo afectada por el tratamiento, siendo que la humedad promedio registrada en EP-DPM fue inferior que la del tratamiento EC-DTM. La humedad promedio fue $60,4 \pm 0,6\%$ y $63,1 \pm 0,5\%$ para EP-DPM y EC-DTM, respectivamente ($p= 0,0007$). Además, hubo efecto del mes ($p < 0,0001$) y de la interacción tratamiento por mes ($p < 0,0001$).

Respecto a la interacción de tratamiento por mes, la humedad en ambos tratamientos fue aumentando con el correr de los meses. En el tratamiento EP-DPM los meses de junio y julio fueron los que presentaron mayor porcentaje de humedad con relación a abril y mayo (Figura 13). Similar comportamiento hubo en el tratamiento EC-DTM donde en julio y junio, si bien no tuvieron diferencias significativas entre ellos, éstos se diferenciaron de mayo y abril, que además difieren significativamente entre ellos ($p < 0,05$).

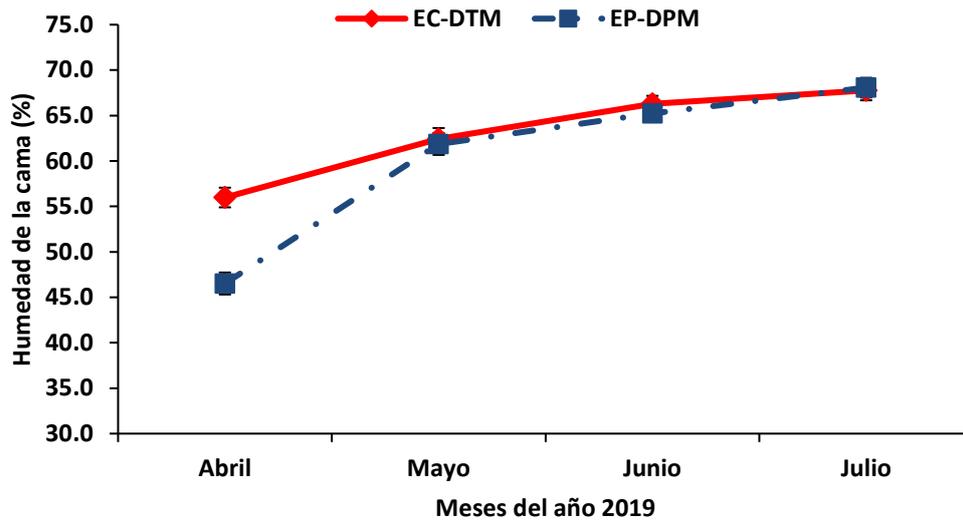


Figura 13. Contenido de humedad promedio mensual del *compost* para los tratamientos EC-DTM y EP-DPM. EC-DTM: estabulación continua – dieta total mezclada y EP-DPM: estabulación parcial – dieta parcial mezclada.

De evaluar entre tratamientos, la interacción tratamiento por mes, se pudo apreciar que solamente en abril difirieron significativamente entre tratamientos ($p < 0,05$), donde el *compost* de EC-DTM presentó mayor humedad que EP-DPM.

14. DISCUSIÓN

En este trabajo se confirmó la hipótesis planteada encontrando que el sistema en estabulación de ocupación continua con cama de compost generó condiciones desfavorables para la salud de la glándula mamaria. En lo que respecta a los parámetros, el tratamiento EC-DTM tuvo peores resultados para SCS, IIM, SSU e incidencia acumulada y mensual de mastitis clínica a predominio de patógenos ambientales, si bien ambos tratamientos se vieron muy comprometidos. Washburn et al. (2002) determinaron más mastitis clínica en vacas en confinamiento permanente, en comparación a aquellas que están en pastoreo, siendo en este caso en estudio pastoreo parcial. Las condiciones de estabulación traen aparejado mayor riesgo de contraer mastitis por patógenos medioambientales (Charlton y Rutter, 2017), siendo característico su mayor prevalencia en la lechería moderna dados los desafíos epidemiológicos (Ruegg, 2012; Klaas y Zadoks, 2017). Particularmente en este sistema de cama de compost es esperable una gran carga de microorganismos en la cama, la mayoría de ellos pertenecientes a la microbiota fecal normal (Ruegg, 2011; Ruegg, 2011; Black et al., 2014; Klaas y Zadoks, 2017). Debido a que hay una alta concentración de bacterias, los investigadores recomiendan la adopción de procedimientos de higiene pre ordeño y el mantenimiento de la cama seca para que no se adhiera a las vacas, ya que consideran la humedad de la cama como el principal predictor de incidencia de mastitis clínica ambiental (Barberg, Endres y Janni et al., 2007 ; Black et al., 2014; Fávero et al., 2015) encontrando que la condición de la cama y el nivel de higiene de las vacas son los que más inciden en el riesgo de contraer mastitis (Fávero et al., 2015). También Ward et al. (2002) encontraron asociación entre el grado de suciedad y mayor incidencia de mastitis (escala Schreiner y Ruegg, 2003). Se desprende de ello la importancia que tiene la preparación de la ubre (Barberg, Endres, Salter et al., 2007), la limpieza de los pezones en la rutina de ordeño, lo cual se realiza, ya que los mismos como la ubre son fuente de microorganismos ambientales (Schreiner y Ruegg., 2003), correlacionándose la carga bacteriana en los pezones con la incidencia de mastitis (Black et al., 2014). Además, cuando se dan algunas condiciones como la compactación de la cama, facilitan el acceso de éstos microorganismos a la piel de la ubre y pezones a través de la adherencia de la cama que afectan negativamente el SSU (Fávero et al., 2015). Entre los patógenos mayormente asociados a estos sistemas se describe a *Klebsiella* en material de la

cama, *Pasteurella* en toallitas para los pezones y brotes por *Serratia* por manejo poco higiénico de los pezones en la rutina de limpieza (Klaas y Zadoks., 2017). El SSU tiene una correlación positiva con RCS altos (Reneau et al., 2003; Reneau et al., 2005), así como también con incidencia de IIM (Schreiner y Ruegg, 2003; Ruegg, 2006), en éste trabajo se halló tendencia de leve correlación positiva entre las variables ($p=0,08$; $r=0,13$). Por todo lo anterior, es fundamental la adopción del plan de control de mastitis de 10 puntos que pretende reducir la exposición de los pezones a los patógenos ambientales (Ruegg y col., 2011), contando ya desde hace mucho tiempo, con el programa de control de 5 puntos para mastitis contagiosa que hizo posible un mejor control sobre la misma (Ruegg, 2012). En este trabajo, a pesar de realizar una rutina de ordeño completa, el ambiente donde se encontraban los animales, con un alto grado de humedad de la cama, pudo haber propiciado un aumento de microorganismos oportunistas principalmente en el tratamiento EC-DTM; contrario a las recomendaciones de Ruegg. (2012) de mantenerlo limpio, seco y confortable y así controlar la población de microorganismos.

En estos sistemas es crucial mantener una cama en buenas condiciones con adecuada aireación, agregado de sustrato, carga animal y ventilación porque afectan la performance del compost (Black et al., 2013). Si bien la estabulación a galpón confiere protección ante las inclemencias climáticas (Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Charlton y Rutter, 2017) y al sistema de cama de compost se le atribuye mayor confort por mejores condiciones de suelo como motivo en la mejora productiva (Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Fregonesi y Leaver, 2001). Sin embargo, es claro que es fundamental mantener los parámetros de la cama entre los recomendados porque en caso contrario se compromete el bienestar de los animales. El tratamiento EC-DTM presentó peores parámetros del monitoreo de la cama y esto se vio reflejado en la salud mamaria. Este problema en la cama se puede atribuir a la mayor carga animal (ocupación continua). La carga animal se obtiene de dividir el área de descanso disponible, sobre el número de vacas (Eckelkamp et al., 2016) y en este experimento EC-DTM contó con $13,5 \text{ m}^2 / \text{vaca}$ 100% del tiempo en confinamiento, mientras que EP-DPM físicamente tuvo misma área pero sólo 50% del tiempo en confinamiento, por lo cual de la ecuación de Blanck et al., (2013) podría decirse que tuvo $27 \text{ m}^2 / \text{vaca}$, el doble de la superficie disponible en comparación con EC-DTM. Esta mayor

intensificación productiva observada en el tratamiento EC-DTM es a la que se le atribuye mayor riesgo de contraer mastitis (Hogan y Smith, 2012; Peña, 2019; Ruegg, 2006; Schukken et al., 1990). Washburn et al. (2002) sostienen que reducir el espacio disponible en estabulación puede conducir a mayor incidencia de mastitis, por las características de la cama, siendo el espacio de cama por animal (densidad animal), uno de los factores más importantes en el diseño del *compost barn*. De muchos estudios han surgido distintas referencias, donde, menos de 9,3 m²/vaca fue comprobado que empeora la compactación y provoca humedad excesiva. El área de cama para vacas lecheras de alta producción y consumo de alimento ronda entre 12 y 15 m²/vaca para mantener la cama suficientemente seca y demandar menor cantidad de sustrato. Sin embargo, estas recomendaciones son variables de acuerdo con la localización geográfica en que se enfocó el autor para su estudio, respondiendo a la condición climática. Lo que está establecido es que, a mayor área / animal mejora la tasa de secado ya que la evaporación ocurre en la superficie y así se reduce la cantidad de sustrato necesario (Leso et al., 2020).

A su vez, Barberg, Endres, Salter et al. (2007) reportan de la dificultad para mantener el ambiente limpio y seco dentro del galpón durante la estación de invierno, ya que el contenido de humedad de la cama es mayor y con ella el SSU. Estos hallazgos se fundamentan en los de Black et al. (2013), Eckelkamp et al. (2016) y Leso et al. (2020) que afirman que la temperatura ambiente, humedad y precipitaciones afectan la humedad y temperatura interna de la cama a 20 cm de profundidad y la temperatura en su superficie. Podría decirse entonces que hay una estrecha relación entre las condiciones del ambiente con los parámetros de temperatura y humedad del compost y la salud de la glándula mamaria, siendo que, a menor humedad de la cama, menor es el SSU y la disminución de humedad de la cama se ve favorecida cuando hay mayor temperatura en el galpón (Eckelkamp et al. 2016). Además, Reneau et al. (2005) sostienen que hay relación entre el aumento del RCS y mayor SSU y cómo éste depende de la humedad de la cama; especialmente en invierno (Fávero et al., 2015). En este sentido es válido traer a colación que las precipitaciones promedio acumuladas mensualmente, registradas durante el período experimental en la estación EEMAC, superaron el promedio nacional registrado desde 1961 a 1990, para los mismos meses, con valores promedio de 92, 77, 70 y 71 mm respectivamente de

abril a julio (Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET) 2021), corroborando que fue un año atípico en que las lluvias influyeron dificultando el logro de las características deseadas de la cama. La revisión de Leso et al., (2020) destaca la importancia que tiene el clima como factor en el que confluyen las diferencias en los distintos sistemas de *compost barn* mundialmente, lo que afecta el logro de bienestar y performance animal. Los valores obtenidos en el presente estudio de los parámetros temperatura y humedad de la cama del sistema *compost barn*, medidos a 20- 25 cm de profundidad, permiten inferir que no se logró estabilizar la misma, circunstancia en que muy probablemente haya un sobre crecimiento bacteriano en el compost y encima de 10^6 ufc/g, aumenta el riesgo de IIM (Black et al., 2014). Estos parámetros fueron aún peores para EC-DTM, lo cual se refleja en los altos valores de incidencia de primer caso de mastitis clínica mensual y acumulada, de SCS mensualmente, probabilidad de IIM y SSU que en todos los casos superaron a EP-DPM. Fue posible corroborar que solamente EP-DPM logró aproximarse a la temperatura ideal del rango establecido como tal por Eckelkamp et al. (2016) y Bewley et al. (2017) de 43,3 °C a 65 °C medida entre 15 y 31 cm de profundidad y la misma se mantuvo constante a lo largo del período en estudio, no logrando la temperatura deseada para generar la destrucción de patógenos de 55 a 60°C, aún menos sostenerla entre 54 y 65°C para potenciar dicho beneficio (Black et al., 2013). Las temperaturas de la cama de EC-DTM fueron características de un compostaje ineficiente (no hay destrucción bacteriana ni degradación de sustrato entre 35 y 40°C, Barberg, Endres, Janni et al., 2007; Black et al 2013) lo cual requirió de prácticas de manejo específicas para revertir tal situación como fue el manejo diferencial de mayor frecuencia de agregado de sustrato y de recambio de material excesivamente húmedo por seco.

El sustrato utilizado en este ensayo pudo haber agravado los parámetros obtenidos ya que se usó aserrín en mayor proporción, lo que determina partículas pequeñas que pueden favorecer la compactación. La viruta de madera sería más adecuada (Leso et al., 2020) porque mejora la estructura por el largo de la partícula, beneficiando la capacidad de mezclado y aireación, mejorando la capacidad fermentativa de las bacterias en las partículas de materia orgánica (Black y et al., 2013). De Barberg, Endres, Janni et al. (2007) se obtuvo que en compost que se utilizó virutas, por su mayor largo de partícula, presentó mayor temperatura en la superficie

de la cama en comparación al aserrín. El agregado de sustrato depende de la estación, condiciones climáticas y carga animal (Barberg, Endres, Janni et al., 2007; Black et al., 2013); en cuanto a la carga animal, se debe a que ella repercute en la cantidad de materia fecal y orina generados y que, para absorberlo, se le da más espacio por vaca o más sustrato seco a la cama, para así lograr un compost activo (Black et al., 2013). La reposición de material que se realizó en mayo en EC-DTM luego de extraer 20 cm de cama tuvo un resultado favorable que explicaría por qué solamente en junio EC-DTM alcanzó valores de temperatura aceptables (aún siendo el mes con mayor precipitación acumulada), a pesar de que en julio la temperatura decayó nuevamente. Este descenso de temperatura en julio se podría asumir que también fue influenciado por un descenso en la temperatura ambiente (Eckelkamp et al., 2016; Leso et al., 2020), mes más frío con 11° C. La evaporación y ventilación en el ambiente, enfrían la capa superior de la cama determinando que en estaciones más frías hay más pérdida del calor y puede afectar la pérdida de humedad (Black et al., 2013). En junio fue el mes en estudio que hubo mayor precipitación acumulada (202,8 mm), que también justifica el agregado de sustrato en EC-DTM porque no solo el frío sino también la humedad ambiente, demandan mayor cantidad de sustrato para conseguir mantener la cama seca y suficientemente confortable para los animales (Leso et al., 2020). Además, se puede sumar la posibilidad de ingreso de agua de lluvia en la cama ya que el galpón usado no contaba con aleros. Se recomienda que el galpón cuente con aleros de por lo menos 1 m y como regla general, preferiblemente medir 1/3 de la altura del frente de ingreso al galpón (Bewley et al., 2017). También la concentración de humedad fue más favorable en EP-DPM, que tuvo menos retención en la cama, también asociado al menor tiempo de permanencia de los animales en el galpón cuando se les permite pastorear, que incide en menos carga animal sobre el *compost*, tal como describen Black et al. (2013), Leso et al. (2020). Los valores recomendados de humedad para el óptimo funcionamiento del compost rondan entre el 40% al 60% (Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Black et al., 2013) y este experimento se consiguió 60,4 % ± 0,6% EP-DPM y 63,1 % ± 0,5% EC-DTM). Claramente, a medida que los animales utilizaron el lecho, la humedad en ambos casos fue en aumento, por ello en junio y julio tuvieron mayor retención en EP-DPM con respecto a abril y mayo y se agregó más cascara de arroz como sustrato para ayudar a controlar la humedad en junio y julio. Además, es pertinente destacar que a inicios del experimento en el mes de abril hubo diferencias significativas en la

retención de humedad con mayor porcentaje en EC-DTM que EP-DPM, en tanto en los demás meses se mantuvo similar. Por lo que incorporar chips de madera fue beneficioso al integrarlo como sustrato, generando un mix de material orgánico, ya que el chip de madera por su relativo mayor tamaño de partícula (más larga) previene la compactación excesiva porque permite un mejor pasaje de aire en la cama, atributo propio del tamaño de partícula, así como la característica de soltura que comparte con las virutas por su estructura. Cuando se utiliza material tan fino como la cascara de arroz es preferible mezclarlo con aserrín u otros derivados de la madera (Leso et al., 2020), siendo la disponibilidad de sustratos una de las mayores limitantes para cualquier productor, que interfieren activamente en la planificación del sistema (Barberg, Endres, Salter et al., 2007; Leso et al., 2020). Muchas variantes de material utilizadas en el ensayo fueron halladas aptas por autores como Leso et al. (2020), tales como: aserrín de pino, chip de madera de pino, remarcando que debe estar seco, de hasta 2,5 cm de largo y ofrecer integridad en su estructura con buena capacidad de absorción y retención de agua. En invierno, en sistemas de compost barn de Holanda que cuentan con sistema de ventilación, se agrega chip de madera mensualmente (Leso et al., 2020), mientras que Leso et al. (2013) reporta una frecuencia de 16 días.

Un factor que también podría estar influyendo desfavorablemente en el proceso de compostaje, es la ventilación mecánica artificial que se le proporcionó al galpón, el cual fue programado para que constantemente se enciendan los ventiladores sin distinguir entre diferencias de temperatura ambiente, en una cama que además por los parámetros obtenidos, no estaba generando calor suficiente y por ende tampoco un buen proceso de fermentación aeróbica, y la ventilación pudo haber repercutido en una superficie de cama más fría, lo cual es perjudicial. Por el contrario, cuando la cama funciona correctamente produciendo calor producto de la actividad bacteriana, que es responsable del secado de la misma al facilitar la evaporación, el calor debe ser eliminado (Leso et al., 2020). Black et al. (2013) recomienda un mínimo flujo de aire de $0,024 m^3 /s$ en invierno y $0,236m^3 /s$ en verano, dependiendo el número y ubicación de los ventiladores, de la carga animal, condición del ambiente y del galpón.

Otro aspecto que puede afectar los parámetros de la cama es la frecuencia de laboreo. Existen estudios controversiales al respecto, si dos o tres veces al día son más beneficiosas, lo cual queda a definir, pero fue demostrado por Black et al. (2013) que a 20,3 cm de profundidad, la temperatura paso de una media de $30,0 \pm 2,7^{\circ}\text{C}$ con un laboreo, a $40,0 \pm 1,9^{\circ}\text{C}$ con dos, con resultados diferenciales según la profundidad que se realice el laboreo, a 15-20 cm, 25-35 cm y entre 35-40 cm incidiría en ese aporte de oxígeno, cuanto más profunda fuere, al alcanzar áreas más compactadas. Black et al. (2013) y Leso et al. (2020) fundamentan que, con la práctica de laboreo se contribuye en restaurar la porosidad y en el ingreso de oxígeno (aireación) por el efecto mecánico de mezclado en zonas compactadas, crucial para la fermentación y así que los microorganismos aerobios pueden ser más eficientes en el proceso de fermentación, además de exponer material a la superficie para su secado. Del experimento fue posible visibilizar la importancia de establecer un protocolo a seguir en la práctica de laboreo, siendo necesario realizarlo de forma homogénea en ambos sentidos de dirección de la cama diariamente 2 veces al día con un espacio de tiempo entre laboreo que sea equidistante para que los procesos biológicos tengan lugar equitativamente. Siendo válido destacar que es fundamental para el sistema de compost, el monitoreo periódico y constante evaluación para la toma de decisiones en tiempo, porque de ello depende el buen funcionamiento del mismo y así el estado de salud de las vacas y su compromiso futuro. Para Leso et al. (2020), la aireación frecuente es esencial para la cama ya que ésta se compacta con facilidad.

Como se pudo apreciar en resultados, EC-DTM tuvo mayor SCS que EP-DPM durante todo el período analizado, con diferencias más importantes de abril a julio. El tratamiento EP-DPM en abril y mayo tuvo valores inferiores a marzo, para luego aumentar en junio y julio, sin superarlo. Mientras que EC-DTM en mayo y junio tuvo valores muy superiores con respecto a marzo abril y julio. En cuanto al estudio de probabilidad de IIM, EC-DTM presentó el doble de vacas con RCS >200.000 cél/mL que EP-DPM. Estos resultados se justifican por la no obtención de un compostaje eficiente dadas las características de la cama, con parámetros que lo respaldan, no alcanzó los valores de referencia de entre 55 a 65°C para control de patógenos (Black et al., 2013). Igualmente, ninguno de los tratamientos logró el parámetro objetivo que acepta menos del 15 % de prevalencia de vacas con RCS por encima de 200.000

cél/mL en el rodeo (equivalente a 4 del SCS) (Ruegg, 2011; Schukken et al., 2003). En mayo junio y julio EC-DTM superó a EP-DPM. Como ya se ha mencionado, la diferencia de carga entre tratamientos conlleva importantes diferencias físico-químicas que son cruciales para el proceso de compostaje. En marzo no tuvieron diferencias debido probablemente a que partían de camas con menor carga bacteriana, por el contrario, las diferencias se presentaron entre abril y julio producto del efecto tratamiento.

Del SSU de la escala de clasificación de Schreiner y Ruegg.(2003) el tratamiento EC-DTM tuvo más vacas sucias que EP-DPM todos los meses, siendo que el parámetro objetivo es tener menos del 15% de vacas con score entre 3 y 4 (Ruegg, 2006), lejos de alcanzarlo, de la evaluación mensual se obtuvo que solo en junio para EP-DPM fue posible mantenerse por debajo (6%), aquí influyó el manejo que se hizo de agregado de material seco, que colaboró en camas más secas ya que las precipitaciones y humedad registradas estarían influyendo en ambos tratamientos porque afectan directamente la humedad del galpón y así en la cama; también habría de suponer que afectaría más negativamente a EP-DPM porque afronta las repercusiones en el ambiente de las inclemencias climáticas y por el contrario el mes que presento más vacas con ubres sucias fue en mayo (53%), seguido de julio (37%) y abril (16%). Por otro lado, del análisis entre las variables SSU y RCS se halló una tendencia de correlación entre ellas pero baja ya que el r 0,13 es de baja magnitud; este resultado se puede atribuir a la rutina de ordeño completa en la que se desinfectan los pezones individualmente (pre-dipping con secado individual de pezones con toallas de papel descartables y post dipping) y también a la rutina de alimentación post ordeño (en el corredor de alimentación) que permite tener las vacas más tiempo de pie, dando tiempo al cierre del pezón, a pesar de los hallazgos de de Vries, Dufour, y Scholl. (2010), que afirma que mantener las vacas de pie luego de ser ordeñadas no reduce la probabilidad de contraer IIM.

El tratamiento EC-DTM tuvo mayor porcentaje de primer caso de mastitis clínica acumulada que EP-DPM, superándolo 2 veces en cantidad. Cuando se analiza mensualmente la incidencia de primer caso de mastitis clínica, de acuerdo con las recomendaciones de Ruegg. (2011), el objetivo debe estar entorno al 3%. Del análisis

realizado se desprende que EP-DPM logró alcanzarlo en marzo y julio, mientras que EC-DTM lo logró en junio y julio, solamente en abril, EC-DTM superó a EP-DPM en 4 veces la cantidad de casos y casi el doble en mayo mientras que EP-DPM se mantuvo constante los 3 meses consecutivos de abril a junio con incidencia mensual de primer caso de mastitis clínica de 12,5%. Entonces, pese a la exposición a las inclemencias climáticas que enfrentó EP-DPM como situaciones de barro y humedad, el exceso de humedad de la cama en EC-DTM proporcionó peores condiciones de contaminación y así mayor exposición de los pezones a los patógenos ambientales, siendo válido rescatar que la humedad ambiente y las abundantes precipitaciones afectan la cama de ambos tratamientos por igual.

De los cultivos bacterianos realizados en muestras de leche ante casos de mastitis clínica y subclínica en ambos tratamientos, se encontró que, en EC-DTM la bacteria más aislada de las 22 muestras que presentaron desarrollo, con predominio de presentación de mastitis clínica fue *Serratia marcescens*; bacteria gram negativa de la familia *Enterobacteriaceae*, no coliforme (Klaas y Zadoks, 2017; Schukken et al., 2011) que desarrolló en un 41%, exclusivamente en éste tratamiento. Fue el hallazgo más novedoso y a destacar, ya que se trata de un microorganismo no habitual en los sistemas lecheros del país, cuyo desarrollo no es característico bajo las condiciones de producción a cielo abierto; pero además los aislamientos de la misma en casos de mastitis son atípicos entre las gram negativas incluso en sistemas estabulados (Schukken et al., 2011). Es la especie más común de *Serratia*, se encuentra en el ambiente de la vaca, aislada en la cama, materia fecal y sala de ordeño. Causal de infecciones clínicas con síntomas leves o subclínicas, pudiendo incluso alternar entre episodios clínicos y subclínicos. La presentación clínica suele ser recurrente mientras que cuando es subclínica, el principal indicador es el aumento de RCS en tanque. La presentación subclínica es más común que por otros agentes gramnegativos ya que es menos patógena, si bien la presentación clínica tiende a ser menos severa que por *E.coli* o *Klebsiella*, la IIM es más crónica y resulta en descarte temprano de las productoras por mastitis clínica recurrente. La duración promedio de la IIM varía de 55 días a 4 meses mientras que algunos casos individuales varían de 10 meses a 3 años, sugestivo de las complicaciones que implica a futuro los hallazgos de ésta bacteria en el rodeo. Además, presenta pobre respuesta al tratamiento con antibióticos y logra

crecer en desinfectantes como la chlorhexidina (Schukken et al., 2012). La mastitis por esta bacteria es una extraña ocurrencia en establecimientos lecheros (Fávero et al., 2015). Se observa en casos individuales o poblacionales de un mismo rodeo. Las muestras de leche individuales muestran un aumento importante del RCS, sin embargo, no desciende la producción de leche como ocurre en casos de mastitis clínicas por coliformes como *Escherichia coli* o *Klebsiella* spp. (Schukken et al., 2012). En EC-DTM le siguió SCN en frecuencia de aparición en 8%, distribuidos entre mastitis clínicas y subclínica en 9 y 18% respectivamente. En tanto que fue el microorganismo predominante de los aislamientos que desarrollaron en EP-DPM (n=10), principalmente como causal de mastitis subclínicas en 60% de un total de 70% de los aislamientos. En menor proporción, también se obtuvo aislamientos de *Trueperella pyogenes* en 9% de casos clínicos en EC-DTM, lo cual era de esperar que aparecerían y es normal en poca cantidad por el aserrín y chips de madera húmedos, siendo extraño la ausencia de *Klebsiella pneumoniae* ante estas características epidemiológicas (Leso et al., 2020) y principalmente coliformes como *Escherichia coli* por la materia fecal en la cama, que se presentó exclusivamente en EP-DPM en 10% en una muestra de mastitis clínica. *Streptococcus uberis* en 9% en EC-DTM en mastitis subclínica, mientras en EP-DPM fue en 10% y clínica. Tanto *Streptococcus dysgalactiae* como *Staphylococcus hyicus* representan el 5% de los aislamientos cada uno, por un caso de mastitis subclínica en EC-DTM. La mayoría de los aislamientos corresponden con microorganismos ambientales en tanto que *Staphylococcus aureus* fue aislado también de un caso de mastitis subclínica en EC-DTM y en un caso de mastitis clínica en EP-DPM, representando un 5% y 10% respectivamente. Por otra parte, no hubo ningún aislamiento de *Streptococcus agalactiae*. Estos resultados son congruentes con datos obtenidos de bibliografía internacional que aseveran del descenso en la prevalencia de infecciones por microorganismos contagiosos de la mano con un aumento en la incidencia de infección por gram negativos, tras el conocimiento de los principales factores de riesgo (Schukken et al., 2012). Las muestras que no presentaron crecimiento de microorganismos representan el 44% del total de aislamientos del tratamiento EC-DTM y 50% en EP-DPM. El 7% de las muestras remitidas de EC-DTM estaban contaminadas y 17% en el caso de EP-DPM.

Como era de esperar, el tratamiento EC-DTM tuvo una producción de leche diaria superior a EP-DPM en todo el período experimental, en el orden de 8 L/vaca/día que representa un 19,7%. Este hallazgo coincide con los de Bargo et al. (2002) y Bargo et al. (2003) que sostienen que las vacas alimentadas con DTM *ad libitum* producen 19% más que con DPM a razón de 70% DTM y 30% pastura. En el presente ensayo la oferta alimenticia de DTM para EC-DTM fue *ad libitum*, con un consumo promedio de 25,1 kg MS/vaca/día en comparación al consumo estimado de 15,2 kg MS/vaca/día en EP-DPM, el cual además tiene una dieta pastoril del orden de 7,1 kg MS/vaca/día (comunicación personal, M.N. Méndez); de un consumo diario aproximado de MS total de 22,3kg/vaca/día el 32% lo constituyó la pastura. Y como se pudo apreciar, las vacas de EP-DPM lograron producir en promedio 1,47 L de leche por cada Kg MS total consumido y las de EC-DTM 1,62 L por cada Kg MS. Cabe destacar la buena performance productiva ante el uso de DPM, a pesar de estar 2,3 L/vaca/día por debajo del objetivo productivo ($32,7 \pm 0,2$ ante 35 L), y con ello recordar las afirmaciones de Vibart et al. (2008) en que asevera que la eficiencia alimentaria en DPM es superior que 100% DTM, o a Morales-Almaraz et al. (2010) que no hallaron diferencias en la producción de leche con dietas 79:21 o 63:37. Mientras tanto el tratamiento EC-DTM no logro alcanzar la producción objetivo de 45 L/vaca/día según la dieta formulada para el mismo, sino que fue inferior en el orden de 4,3 L/vaca. La mayor producción de leche se justifica también por la mayor cantidad de almidón disponible en su dieta DTM *ad libitum* que permite mayor producción de propionato (glucogénico) y éste de lactosa, la cual tiene efecto osmótico (Adrien, 2006), a medida que aumenta el consumo de DTM, también lo hace la producción de leche y contenido de lactosa en la misma (de Vries y Veerkamp, 2000; Salado et al., 2018), con excepción de la grasa y proteína que no son afectadas. La menor producción de leche de EP-DPM respecto a EC-DTM se justifica por menor ingreso energético en comparación a las estabuladas, mayor gasto energético por la caminata que implica la actividad de pastoreo y su cosecha (Bargo et al., 2002). Salado et al. 2018 encontró superioridad de volumen de producción por la alimentación 100% DTM respecto a dietas DPM en el orden de: 6,5%, 20,4%, 27,6% y 19% cuando la relación DTM: pastura de: 75:25, 50:50, 25:75 y 70:30 respectivamente, lo que no concuerda con las afirmaciones de Morales-Almaraz et al. (2010); en este último trabajo los resultados no mostraron diferencias productivas entre vacas alimentadas 100% DTM y con DPM a razón de 79:21 o 63:37 de DTM: pastura, dado un correcto consumo de energía

acorde el nivel productivo de cada tratamiento. Por otro lado, las curvas de producción de leche comparten igual comportamiento en ambos tratamientos, acorde la evolución de las SPP, tal como se describe la curva estándar de producción de leche (Silvestre et al., 2008) manifestándose el pico de producción entre la cuarta y octava SPP (Gross, van Dorland, Bruckmaier, y Schwarz, 2011; Ledinek et al., 2019; Silvestre et al., 2008) y puntualmente en éstos tratamientos fue concluyente que el pico de producción ocurrió a la sexta SPP, coincidente con el experimento de Gross et al. (2011). Por las limitantes nutricionales del sistema pastoril, vale incluir DTM para poderlas superar (Charlton y Rutter., 2017; Kolver y Müller., 1998) y muchos autores respaldan el mayor volumen de producción de leche que se obtiene por sistemas de alimentación en estabulación y DTM respecto a DPM (Meikle, Adrien et al., 2013; Soriano et al., 2001; Vibart et al., 2008).

De la composición de leche, lo que respecta al contenido de grasa, no mostró diferencias entre tratamiento. Contrario a lo que habría de esperarse (Cajarville et al., 2012), no hubo un aumento significativo en EP-DPM por el aporte de la pastura. Un 30% de inclusión de pastura no incide significativamente aumentando el contenido de grasa de la leche (Mendoza, Cajarville, de la Quintana et al. 2012). En ambos tratamientos se observa que el pico de contenido de los sólidos grasa y proteína (%) ocurrió en la primer SPP igual que describe Gross et al. 2011, antes que se de el pico de producción de leche, para luego descender el contenido porcentual de sólidos ya que es inversamente proporcional al volumen de producción (Silvestre et al., 2008). El menor consumo alimenticio durante las primeras semanas de lactancia en que aumenta la demanda energética explica la movilización de grasa corporal en que las vacas producen leche de sus reservas corporales (Gross et al., 2011; Ledinek et al., 2019) coincide con el mayor contenido de grasa y proteína al inicio de lactancia, previo al descenso abrupto de grasa en la leche que llego a 2%; éste comportamiento puede atribuirse a carencia de FDN (fibra detergente neutra) en la dieta (precursor lipogénico) en que preomina mayor contenido de almidón (Adrien, 2006). Puntualmente es éste experimento, datos no presentados evidencian que se trató de un exceso de ácidos grasos insaturados de cadena larga en el suplemento. Para el contenido de proteína en leche, las curvas mostraron igual comportamiento entre tratamientos a medida evolucionaba la lactancia, en que desciende el contenido

porcentual de sólidos de forma inversamente proporcional al volumen de producción de leche (Gross et al., 2011).

15. CONCLUSIONES

La salud de ubre se vio más comprometida en el tratamiento EC-DTM en comparación a EP-DPM, superando en el SSU, con mayor SCS individual, hallando tendencia de correlación positiva baja entre SSU y RCS. El tratamiento EC-DTM presentó el doble de incidencia acumulada de primer caso de mastitis clínica así como de probabilidad de infección intramamaria respecto a EP-DPM, siendo éste último una buena alternativa para la implementación del compost barn. Por otro lado, en EC-DTM se alcanzó mayor producción de leche acompañado por mayor contenido de lactosa, sin diferencias con EP-DPM en cuanto a composición por contenido de grasa y proteína. El uso de nuevos sistemas de alojamiento implica nuevos desafíos sanitarios como la emergencia de nuevos agentes en la casuística de mastitis con respecto a los hallazgos a nivel nacional por tratarse de un nuevo nicho epidemiológico; lograr estabilizar el funcionamiento de la cama de compost significó un desafío que dejó en consecuencia el aislamiento de microorganismos como *Serratia marcescens* y marcado predominio de casuística de mastitis ambiental, dejando en claro la importancia del monitoreo periódico de temperatura y humedad de la cama para tomar medidas de manejo para su buen funcionamiento, principalmente en los meses de otoño-invierno que es un período crítico.

16. IMPLICANCIAS

En este trabajo la diferencia de carga entre los tratamientos atribuida a las diferencias en tiempo de ocupación, más el clima y las reposiciones insuficientes, fueron claves en los resultados obtenidos. Es fundamental el conocimiento integral del sistema para poder anteponerse a la toma de decisiones, que se logra partiendo de objetivos claros para establecer medidas de control, siendo imprescindible la planificación del diseño del galpón y la densidad animal en el encierro así como la disponibilidad de sustrato en cantidad suficiente y de buena estructura para hacer las reposiciones a tiempo y así mantener la cama activa, también contar con buenos registros generales y seguir un plan de acción. En el sistema de *compost barn*, las medidas preventivas basadas en la higiene ambiental y a nivel de las vacas son cruciales y éstas dependen de las condiciones de temperatura y humedad de la cama.

17. BIBLIOGRAFÍA

- Adrien, ML. (2006). Efecto de las cantidades crecientes de forraje sobre la performance productiva y reproductiva en vacas lecheras en condiciones pastoriles (Tesis de grado). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- Acosta, Y. (2017). Alimentación y sólidos en leche. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Recuperado de <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/pol/2002/informe-1.pdf>.
- Aguerre, M., y Chilbroste, P. (2018). Análisis nutricional y manejo de la alimentación en predios lecheros: ¿Hay oportunidades de mejoras? En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *Jornadas Uruguayas Buiatrías* (Vol. XLVI, pp. 137–147). Paysandú: Centro Médico Veterinario de Paysandú.
- Aguerre, M., Cajarville, C., La Manna, A., Cavestany, D. Mendoza, A. Mattiauda, y D.A., Chilbroste, P. (2016). *Estrategias de alimentación de vacas lecheras en pastoreo: ¿Qué hemos aprendido de los sistemas comerciales y qué hemos generado desde la investigación en Uruguay?* Montevideo: ANII. Recuperado de <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/Revista-estrategias-de-alimentacion-Red-Tecnologica-Sectorial-2017.pdf>
- Barberg, A.E., Endres, M.I., y Janni, K.A. (2007). Compost Dairy Barns in Minnesota: a descriptive study. *Applied Engineering in Agriculture*, 23(2), 231-238.
- Barberg, A.E, Endres, M.I., Salter, J.A., y Reneau, J.K. (2007). Performance and Welfare of Dairy Cows in an Alternative Housing System in Minnesota. *Journal of Dairy Science*, 90, 1575-1583.
- Bargo, F., Muller, L.D., Delahoy, J.E., y Cassidy, T.W. (2002). Performance of High Producing Dairy Cows with Three Different Feeding Systems Combining Pasture and Total Mixed Rations. *Journal of Dairy Science*, 85, 2948-2963. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74381-6

- Bargo, F., Muller, L.D, Kolver, E.S., y Delahoy, J.E. (2003). Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*, 86, 1–42.
- Barkema, H., Schukken, Y., Lam, T., Beiboer, M., Benedictus, G., y Brand, A. (1999). Management Practices Associated with the Incidence Rate of Clinical Mastitis. *Journal of Dairy Science*, 82(8), 1643-1654. doi: 10.3168/jds.s0022-0302(99)75393-2.
- Barkema, H.W., von Keyserlingk, M.A., Kastelic, J.P., Lam, T.J., Luby, C., Roy, J.P., y Kelton, D.F. (2015). Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *Journal of Dairy Science*, 98(11), 7426–7445.
- Bewley, J.M., Robertson, L.M., y Eckelkamp, E.A. (2017). A 100-Year Review: Lactating dairy cattle housing management. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10418-10431.
- Black, R.A., Taraba, J.L., Day, G.B., Damasceno, F.A., y Bewley, J.M. (2013). Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. *Journal of Dairy Science*, 96, 8060–8074. doi:10.3168/jds.2013-6778.
- Black, R., Taraba, J., Day, G., Damasceno, F., Newman, M., Akers, K., Wood, C., Mc Querry, K, ...Bewley, J. (2014). The relationship between compost bedded pack performance, management, and bacterial counts. *Journal of Dairy Science*, 97, 2669-2679. doi:org/10.3168/jds.2013-6779
- Blowey, R., y Edmondson, P. (1995). *Control de la mastitis en granjas de vacuno de leche*. Zaragoza: Acribia.
- Bradley, A.J., y Green, M.J. (2000). A study of the incidence and significance of intramammary enterobacterial infections acquired during the dry period. *Journal of Dairy Science*, 83(9), 1957–1965.
- Bray, D., y Broadbush, B. (2006). How to Reduce Mastitis and Somatic Cell Counts in Your Dairy Herd. *Proceedings Florida & Georgia Dairy Road Show*, 3, 51-58.

- Cajarville, C., Mendoza, A., Santana, A., y Repetto, J.L. (2012). En tiempos de intensificación productiva. ¿Cuánto avanzamos en el conocimiento de los nuevos sistemas de alimentación de la vaca lechera? *Veterinaria (Montevideo)*, 48, 35-39.
- Cardozo, L., Thaler Neto, A., Souza, G., Picinin, L., Felipus, N., Reche, N., ... Simon, E. (2015). Risk factors for the occurrence of new and chronic cases of subclinical mastitis in dairy herds in southern Brazil. *Journal of Dairy Science*, 98, 7675–7685. doi:org/10.3168/jds.2014-8913
- Chapinal, N., Goldhawk, C., de Passillé, A.M., vonKeyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., y Rushen, J. (2010). Overnight access to pasture does not reduce milk production or feed intake in dairy cattle. *Livestock Science*, 129,104-110. doi:10.1016/j.livsci.2010.01.011.
- Charlton, G.L., y Rutter, S.M. (2017). The behaviour of housed dairy cattle with and without pasture access: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, 192, 2–9.
- Charlton, G.L., Rutter, S.M., East, M., y Sinclair, L.A. (2011). Effects of providing total mixed rations indoors and on pasture on the behavior of lactating dairy cattle and their preference to be indoors or on pasture. *Journal of Dairy Science*, 94, 3875–3884. doi: 10.3168/jds.2011-4172
- Charlton, G.L., Rutter, S.M., East, M., y Sinclair, L.A. (2013). The motivation of dairy cows for Access to pasture. *Journal of Dairy Science*, 96, 4387-4396.
- Chilibroste, P. (2002). Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño-invernal. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XXV, pp. 90-96). Paysandú: Centro Médico Veterinario de Paysandú.
- Chilibroste, P. (2012). Estrategias de alimentación en sistemas de producción de leche de base pastoril. *Revista Cangüe (Paysandú)*, (32), 2-8.

- Chilibroste, P. (octubre, 2015). Los sistemas lecheros en escenarios de precios volátiles. En *2° Foro de Producción Lechera. Sistemas sostenibles en distintos escenarios*. Conaprole, San José. Recuperado de <http://www.eleche.com.uy/principal/materiales-tecnicos-foprole-2015?es>.
- Chilibroste, P., y Battezzato, G. (2014). *Proyecto Producción Competitiva*. Montevideo: Conaprole.
- Chilibroste, P., Soca, P., y Mattiauda, D. (2011). Balance entre oferta y demanda de nutrientes en sistemas pastoriles de producción de leche: potencial de intervención al inicio de la lactancia. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XXXIX, pp. 1-17). Paysandú: Centro Médico Veterinario de Paysandú.
- Costa, D.A., y Reinemann, D.J. (2004). El propósito de la rutina de ordeño. *Novedades Lácteas (Instituto Babcock)*, 407, 1-8.
- De Vries, M.J., Dufour, S., y Scholl, D.T. (2010). Relationship between feeding strategy, lying behavior patterns, and incidence of intramammary infection in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93, 1987–1997.
- De Vries, M.J., y Veerkamp, R.F. (2000). Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *Journal of Dairy Science*, 83, 1.
- Eckelkamp, E.A., Taraba, J.L., Akers, K.A., Harmon, R.J., y Bewley, J.M. (2016). Understanding compost bedded pack barns: Interactions among environmental factors, bedding characteristics, and udder health. *Livestock Science*, 190, 35–42. doi: 10.1016/j.livsci.2016.05.0
- Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T., y Webster, G. (1989). A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 72, 68-78.
- Elgersma, A., Tamminga, S., y Ellen, G. (2006). Review: Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 207–225.

- Endres, M.I., y Janni, K.A. (2018). *Compost Bedded Pack Barns for Dairy Cows. University of Minnesota Extension*. Recuperado de <https://extension.umn.edu/dairy-milking-cows/compost-bedded-pack-barns-dairy-cows>
- Fajardo, M., Mattiauda, D.A., Motta, G., Genro, T.C., Meikle, A., Carriquiry, M., y Chilbroste, P. (2015). Use the Mixed Rations with Different Access Time to Pastureland on Productive Responses of Early Lactation Holstein Cows. *Livestock Science*, 181, 51-57.
- Fariña, S.R., y Chilbroste, P. (2019). Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: The case of farm systems in Uruguay. *Agricultural Systems*, 176, 1-9. doi: 10.1016/j.agsy.2019.05.001
- Favero, S., Portilho, F.V.R., Oliveira, A.C.R., Langoni, H., y Pantoja, J.C.F. (2015). Factors associated with mastitis epidemiologic indexes, animal hygiene, and bulk milk bacterial concentrations in dairy herds housed on compost bedding. *Livestock Science*, 181, 220–230. doi.org/10.1016/j.livsci.2015.09.002
- Fregonesi, J.A., y Leaver, J.D. (2001). Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. *Livestock Production Science*, 68, 205-216.
- Giannechini, R., Concha, C., Rivero, R., Delucci, I., y Moreno López, J. (2002). Occurrence of clinical and subclinical mastitis in dairy herd in the west litoral region in Uruguay. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 43, 221-230.
- Giannechini, R., Parietti, I., y De María, P. (2002). Evaluación de pérdidas económicas relacionadas a mastitis para establecimientos lecheros en Uruguay. *INIA Serie Actividades de Difusión*, 287, 35-39.
- Giannecchini, E., Concha, C., Rivero, R., Delucci, I., Gil, J., Salvarrey, L., y Rivero, R. (2014). Mastitis bovina, reconocimiento de los patógenos y su resistencia antimicrobiana en la Cuenca Lechera del Sur de Uruguay. *Veterinaria*, 50(196), 4-32.

- Gross, G., van Dorland, H.A., Bruckmaier, R.M., y Schwarz, F.J. (2011). Performance and metabolic profile of dairy cows during a lactational and deliberately induced negative energy balance with subsequent realimentation. *Journal of Dairy Science*, 94, 1820-1830.
- Halasa, T., Huijps, K., Østeras, O., y Hogeveen, H. (2007). Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: A review. *Veterinary Quarterly*, 29(1), 18–31.
- Hamann, J. (1991). Milking hygiene, milking and mastitis. *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, 11, 260–264.
- Harmon, R. (1994) Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. *Journal of Dairy Science*, 77, 2103-2112.
- Hogan, J., y Smith, L.K. (2012). Managing Environmental Mastitis. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 28(2), 217-224. doi: 10.1016/j.cvfa.2012.03.009
- Hogeveen, H., Huijps, K., y Lam, T.J.G.M. (2011). Economic aspects of mastitis: new developments. *New Zealand Veterinary Journal*, 59(1), 16-23. doi: 10.1080/00480169.2011.547165.
- Hughes, J. (2001). A system for assessing cow cleanliness. *In Practice*, 23, 517-524. doi: 10.1136/inpract. 23.9.517
- Instituto Nacional de la Leche. (2014). *Encuesta Lechera INALE 2014*. Recuperado de <https://www.inale.org/historico/primeros-resultados-de-la-encuesta-lechera-inale-2014/>.
- Instituto Nacional de la Leche. (2019). *Uruguay lechero*. Recuperado de <https://www.inale.org/uruguay-lechero/>.
- Instituto Uruguayo de Meteorología. (2021). *Tablas estadísticas*. Recuperado de www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas.

- Katz, G., Merin, U., Bezman, D., Lavie, S., Lemberskiy-Kuzin, L., y Leitner, G. (2016). Real-time evaluation of individual cow milk for higher cheese-milk quality with increased cheese yield. *Journal of Dairy Science*, 99, 1-10.
- Kelton, D., y Goodkin, A. (2000). Mastitis culture programs for dairy herds. *National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings*, 39, 55-62. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.508.4873&rep=rep1&type=pdf>
- Klaas, I.C., y Zadoks, R.N. (2017). An update on environmental mastitis: Challenging perceptions. *Transboundary and Emerging Diseases*, 65, 166-185. doi: 10.1111/tbed.12704
- Koess, C., y Hamann, J. (2008). Detection of mastitis in the bovine mammary gland by flow cytometry at early stages. *Journal of Dairy Research*, 75, 225-232.
- Kolver, E. (2003). Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62, 291–300.
- Kolver, E.S., y Müller, L.D. (1998). Performance and nutrient intake of high producing holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, 81, 1403–1411.
- Ledinek, M., Gruber, L., Steininger, F., Fuerst-Waltl, B., Zottl, K., Royer, M., ... Egger-Danner, C. (2019). Analysis of lactating cows in commercial Austrian dairy farms: interrelationships between different efficiency and production traits, body condition score and energy balance. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 723-733.
- Leso, L., Uberti, M., Morshed, W., y Barbari, M. (2013). A survey of Italian compost dairy barns. *Journal of Agricultural Engineering*, 44(3), 120–124. doi .org/ 10 .4081/ jae .2013 .282
- Leso, L., Barbari, M., Lopes, M.A; Damasceno, F.A; Galama, P., Taraba, JL., y Kuipers, A. (2020). Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103, 1072–1099. doi: 10.3168/jds.2019-16864

- Lourenço, M., Van Ranst, G., Vlaeminck, B., De Smet, S., y Fievez, V. (2008). Influence of different dietary forages on the fattyacid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Animal Feed Science and Technology*, 145, 418-437.
- Lucy, M.C. (2001). Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End? *Journal of Dairy Science*, 84, 1277–1293.
- Meikle, A., Adrien, M.L., Mattiauda, D.A., y Chilbroste, P. (2013). Effect of sward condition on metabolic endocrinology during the early postpartum period in primiparous grazing dairy cows and its association with productive and reproductive performance. *Animal Feed Science Technology*, 186, 139-147.
- Meikle, A., Cavestany, D., Carriquiry, M., Adrien, M.L., Artegoitia, V., Pereira, I., ... Chilbroste, P. (2013). Avances en el conocimiento de la vaca lechera durante el período de transición en Uruguay: un enfoque multidisciplinario. *Agrociencia*, 17(1), 141-152.
- Mendoza, A., Cajarville, C., Colla, R., Gaudenti, G., Martín, ME., y Repetto, J.L. (2012). Dry matter intake and behavior patterns of dairy cows fed diets combining pasture and total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, 95(2), 716.
- Mendoza, A., Cajarville, C., de la Quintana, E., Garmendia, M.E., Mutuberría, E., De Torres, E., y Repetto, J. L. (2012). Milk yield and composition of dairy cows fed diets combining pasture and total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, 95(2), 249.
- Mendoza, A., Cajarville, C., y Repetto, J.L. (2016). Digestive response of dairy cows fed diets combining fresh forage with a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, 99, 8779–8789. doi:10.3168/jds.2016-11023.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2018). *Anuario estadístico agropecuario 2018*. Monevideo: DIEA. Recuperado de <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-estadistico-diea-2018>

- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2019). *Anuario estadístico agropecuario 2019*. Montevideo: DIEA. Recuperado de <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-estadistico-diea-2019>
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2020). *Anuario estadístico agropecuario 2020*. Montevideo: DIEA. Recuperado de <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-estadistico-diea-2020>
- Morales-Almaraz, E., Soldado, A., Gonzalez, A., Martinez-Fernandez, A., Dominguez-Vara, I., de la Roza-Delgado, B., y Vicente, F. (2010). Improving the Fatty Acid Profile of Dairy Cow Milk by Combining Grazing with Feeding of Total Mixed Ration. *Journal of Dairy Research*, 77, 225-230
- Motupalli, P.R., Sinclair, L.A., Charlton, G.L., Bleach, E.C., y Rutter, S.M. (2014). Preference and behavior of lactating dairy cows given free access to pasture at two herbage masses and two distances. *Journal of Animal Science*, 92 (11), 5175–5184. doi: 10.2527/jas.2014-8046
- Nickerson S.C., y Pankey, J.W. (1983). Cytologic observations of the bovine teat end. *American Journal of Veterinary Research*, 44,1433-1441.
- Oleggini, G. (2016). Prioridades estructurales vs necesidades coyunturales. En Jornadas INIA de Lechería. La Estanzuela, Colonia. Recuperado de <http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20La%20Estanzuela/Oleggini%20jornada%20lecher%C3%ADa%20agosto%202016.pdf>
- Oltenu, P.A., Bendixen, P.H., Vilson, B., y Ekesbo, I. (1990). Tramped teats – Clinical mastitis disease complex in tied cows. Environmental risk factors and interrelationships with other diseases. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 31(4), 471-478.
- Ortega, G., Nuñez, T., Custodio, D., Mello, R., López, Y., y Chilibroste, P. (2018). Effect of stocking rate on pasture production and utilisation on a grazing dairy system during winter and spring. *Journal of Dairy Science*, 101(Supl. 2), 257.

- Peña, F. (2019). Efecto de la carga y manejo de la pastura sobre la salud de la ubre en vacas primíparas y múltiparas (Tesis de Maestría). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- Pereira, I., Cruz, I., Rupprechter, G., y Meikle, A. (2017). Salud y eficiencia reproductiva de vacas lecheras en sistemas de base pastoril de Florida: Resultados preliminares del monitoreo. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XLV, pp. 132-144). Paysandú: Centro Médico Veterinario de Paysandú.
- Philpot N., y Nickerson S. (2002). *Ganando la lucha contra la mastitis*. Naperville: Westfalia Surge.
- Philpot, N., y Nickerson, S. (2000). *Ganando la lucha contra las mastitis*. Naperville: Wesfalia Surge.
- Reneau, J. (1986). Effective use of Dairy Herd Improvement somatic cell counts in mastitis control. *Journal of Dairy Science*, 69, 1708.
- Reneau, J., Seykora, A., Heins, B., Bey, R., y Farnsworth, R. (2003). Relationship of cow hygiene scores and SCC. *National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings*, 42, 362-363.
- Reneau, J. K., Seykora, A. J., Heins, B.J., Endres, M.I., Farnsworth, R.J., y Bey, R.F. (2005). Association between hygiene scores and somatic cell scores in dairy cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 227(8), 1297-301.doi: 10.2460/javma.2005.227.1297.
- Reyher, K.K., Haine, D., Dohoo, I.R., y Revie, C.W. (2012). Examining the effect of intramammary infections with minor mastitis pathogens on the acquisition of new intramammary infections with major mastitis pathogens—a systematic review and metaanalysis. *Journal of Dairy Science*, 95(11), 6483–6502.
- Riollet, C., Rainard, P., y Poutrel, B. (2000). Differential induction of complement fragment C5a and inflammatory cytokines during intramammary infections with

- Escherichia coli and Staphylococcus aureus. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*, 7(2), 161-167.
- Ruegg, P. (2012) New perspectives in udder health management. *Veterinary Clinics of North America : Food Animal Practice*, 28,149-163.
- Ruegg, P. (2011). Managing mastitis and producing quality milk. *Dairy Production Medicine*, 207-2016.
- Ruegg, P. (2006). The role of hygiene on efficient milking. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 18, 285-293.
- Ruegg, L. (2003). Investigation of mastitis problems on farms. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 19, 47–73.
- Salado, E.E., Bretschneider, G., Cuatrin, A., Descalzo, A.M., y Gagliostro, GA. (2018). Productive Response of Dairy Cows Fed with Different Levels of Totally Mixed Ration and Pasture. *Agricultural Sciences*, 09(07), 824–851. doi: 10.4236/as.2018.97058
- Saran, A., y Chaffer, M. (2000). *Mastitis y calidad de leche*. Buenos Aires: Inter-Médica.
- Sargeant, J.M., Leslie, K.E., Shirley, J.E., Pulkrabek, B.J, y Lim, G.H. (2001). Sensitivity and specificity of somatic cell count and California Mastitis Test for identifying intramammary infection in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 84 (9), 2018–2024. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74645-0.
- Schreiner, D.A., y Ruegg, P.L. (2003). Relationship between udder and leg hygiene scores and subclinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 86, 3460-3465.
- Schukken, Y.H., Bennett, G. J., Zurakowski, M.J., Sharkey, H.L., Rauch, B.J., Thomas, M.J., y Zadoks, R.N. (2011). Randomized clinical trial to evaluate the efficacy of a 5-day ceftiofur hydrochloride intramammary treatment on non severe gram-negative clinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 94(12), 6203–6215.

- Schukken, Y., Grommers, F., Van De Geer, D., Erb, H., y Brand, A. (1990). Risk Factors for Clinical Mastitis in Herds with a Low Bulk Milk Somatic Cell Count. 1. Data and Risk Factors for All Cases. *Journal of Dairy Science*, 73(12), 3463-3471. doi: 10.3168/jds.s0022-0302(90)79045-5
- Schukken, Y., Moroni, P., Santisteban, C., y Zadoks, R. (2012). The “Other” Gram-Negative Bacteria in Mastitis Klebsiella, Serratia, and More. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, 28, 239-256.
- Schukken, Y.H., Wilson, D.J., Welcome, F., Garrison-Tikofsky, L., y Gonzalez, R.N. (2003). Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. *Veterinary Research*, 34, 579-596. doi: 10.1051/vetres: 2003028
- Seegers, H., Fourichon, C., y Beaudeau, F. (2003). Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary Research*, 34, 475- 491.
- Signorini, M., Sequeira, G., Bonazza, J., Dalla Santina, R., Otero, J., y Rosmini, M. (2003). Variación estacional en los principales indicadores de higiene de leche cruda de un tambo de la cuenca central. *Revista FAVE Ciencias Veterinarias*, 2, 97-110.
- Silvestre, A.M., Martins, A.M., Santos, V.A., Ginja, M.M., y Colaço, J.A. (2008). Lactation curves for milk, fat and protein in dairy cows. A full approach. *Livestock Science*, 122, 308-311.
- Smith, D., Smith, T., Rude, B., y Ward, S. (2013). Short communication: Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Science*, 96 (5), 3028-3033.
- Smith, K.L., y Hogan, J.S. (setiembre 2001). The world of mastitis. En *Proceedings of the 2nd international Symposium on Mastitis and Milk Quality National Mastitis Council*. Vancouver: NMC.
- Sordillo, L.M., Shafer-Weaver, K., y De Rosa, D. (1997). Immunobiology of the mammary gland. *Journal of Dairy Science*, 8, 1851-1865.

- Soriano, F.D., Polan, C.E., y Miller, C.N. (2001) Supplementing Pasture to Lactating Holsteins Fed a Total Mixed Ration Diet. *Journal of Dairy Science*, 84, 2460-2468. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)74696-6
- Statistical Analysis System. (2020). SAS 2020, versión 9.4 [programa computacional]
- Uruguay. (2013, noviembre 18). Decreto N° 359/013: Sistema Nacional de Calidad de la Leche a los efectos de su posterior procesamiento. Recuperado de <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/359-2013/1>
- Uruguay. (1995, marzo 15). Decreto N° 90/995: Aprobación del Sistema Nacional de Calidad de la Leche. Recuperado de <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/90-1995>
- Vibart, R.E., Fellner, V., Burns, J.C., Huntington, G.B., y Green, J.T. (2008). Performance of lactating dairy cows fed varying levels of total mixed ration and pasture. *Journal of Dairy Research*, 75, 471–480.
- Ward, W. R., Hughes, J. W., Faull, W. B., Cripps, P. J., Sutherland, J. P., y Sutherst, J.E. (2002). Observational study of temperature, moisture, pH and bacteria in straw bedding, and faecal consistency, cleanliness and mastitis in cows in four dairy herds. *Veterinary Research*, 151,199-206.
- Washburn, S.P., White, S.L., Green, J.T., y Benson, G.A. (2002). Reproduction, Mastitis, and Body Condition of Seasonally Calved Holstein and Jersey Cows in Confinement or Pasture Systems. *Journal of Dairy Science*, 85, 105-111.
- Wolter, W., Castañeda, V.H., Kloppert, B., y Zschoeck, M. (2002). *La mastitis bovina*. Zapopan: Universidad de Gualalajara, Instituto Estatal de Investigaciones de Hesse.
- Wolter, W., y Kloppert, B. (2004). *Interpretación de los resultados del conteo celular y de la aplicación de la terapia. Avances en el Diagnóstico y Control de la Mastitis Bovina*. Jalisco: Universidad de Guadalajara.
- Zadoks, R.N. (2015). Contagious and environmental mastitis -- do they still exist? *Veterinary Ireland Journal*, 5 (3), 120-125.

