

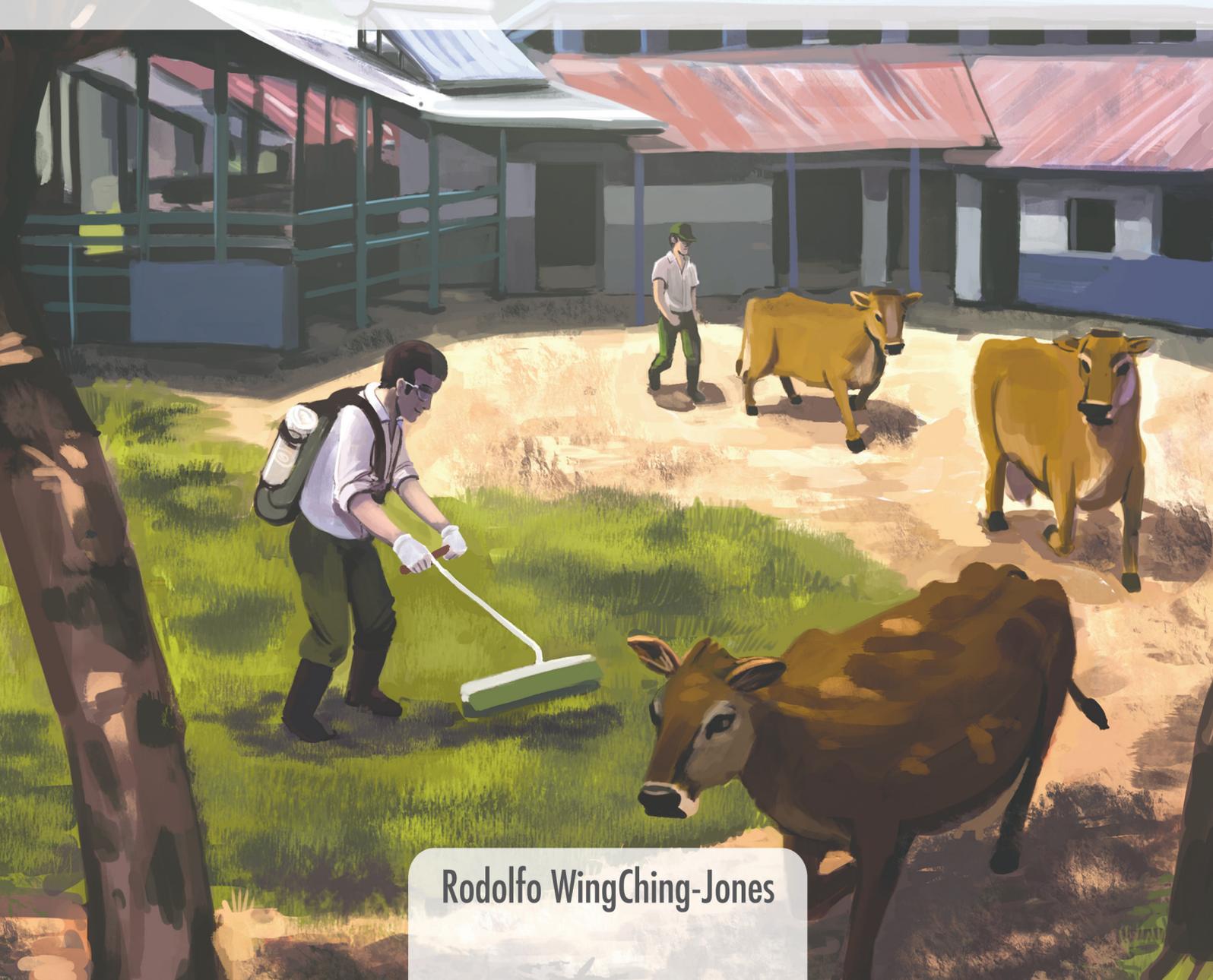


UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

EL MÓDULO LECHERO

REFERENTES ESTADÍSTICOS DE SU PRODUCCIÓN 2001-2014

SA Sede del
Atlántico



Rodolfo WingChing-Jones

EL MÓDULO LECHERO:

REFERENTES ESTADÍSTICOS DE SU PRODUCCIÓN 2001-2014



636.214.2

W769m WingChing-Jones, Rodolfo

El módulo lechero : referentes estadísticos de su producción 2001-2014 / Rodolfo WingChing-Jones.-- [Turrialba, C.R.] : Universidad de Costa Rica, Sede del Atlántico, 2016.
77 p. : il. (principalmente col.)

ISBN 978-9930-9534-6-4

1. GANADO LECHERO. 2. CRÍA DE GANADO LECHERO.
3. LECHE – PRODUCCIÓN – 2001-2014 – ESTADÍSTICAS.
4. LECHE – PRODUCCIÓN – ASPECTOS AMBIENTALES.
5. LECHE – CALIDAD – ESTADÍSTICAS. I. Título.

CIP/2976

CC/SIBDI, UCR

Edición aprobada por la Comisión Editorial de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica.

Primera edición: 2016

© Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica

© Rodolfo WingChing-Jones

Diagramación, artes finales y diseño de la portada:

Casa Garabato

Colaboración de Ruth Angulo, Raúl Angulo y Efrén Alpízar,

info@casagarabato.com / www.casagarabato.com

Prohibida la reproducción total o parcial. Todos los derechos reservados.

Hecho el depósito de ley.

Impreso en la Sección de Impresión del SIEDIN, en el mes de mayo de 2016.

Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

SA Sede del
Atlántico

EL MÓDULO LECHERO:

REFERENTES ESTADÍSTICOS DE SU PRODUCCIÓN 2001-2014

.....

Rodolfo WingChing-Jones

ÍNDICE

Contenido	Página
Índice de cuadros	7
Índice de figuras	8
Presentación	10
La actividad lechera	12
El Módulo Lechero. Empresa auxiliar 026	14
Características del informe	16
Resultados y conclusiones	18
1. Producción láctea	18
a. Curva de lactancia	20
b. Edad productiva donde se optimiza la producción	25
c. Número de lactancias necesarias para optimizar la producción	25
2. Características bromatológicas de la leche	26
a. Sólidos totales	28
b. Grasa en leche	29
c. Proteína en leche	29
d. Lactosa en leche	31

3.	Características de calidad de la leche	33
	a. Recuento bacterial	33
	b. Conteo de células somáticas	35
4.	Curva de crecimiento	36
5.	Índices reproductivos	39
	a. Intervalo entre partos (IEP)	39
	b. Periodo abierto (PA)	40
	c. Edad al primer parto (EPP)	41
6.	Impacto de las condiciones ambientales sobre la productividad del Módulo Lechero	43
	- Producción láctea	43
	a. Época del año	43
	b. Precipitación pluvial	45
	c. Humedad relativa	46
	- Producción de forraje	46
7.	Medidas de mitigación para la viabilidad ambiental del Módulo Lechero	47
	a. Cosecha de agua llovida para el lavado de las instalaciones	47
	b. Uso de calentadores solares para el lavado de equipo	48
	c. Utilización de las aguas de lavado como biofertilizante	49

d. Transformación de la boñiga en vermicompost	49
e. Uso de <i>Azospirillum sp.</i> como biofertilizante para la reducción de insumos sintéticos	50
f. Extracción manual de parásitos externos como medida de eliminación de residuos en leche y el suelo	51
g. Implementación en el uso de la ECOWEDER® para la aplicación de herbicidas	52
8. Aspectos económicos y de infraestructura del Módulo Lechero	53
a. Presupuesto del Módulo Lechero	53
b. Equipo y herramientas	54
c. Inventario de semovientes	55
d. Infraestructura	57
9. Vinculación con la comunidad y la Universidad	63
10. Proyectos de investigación	64
11. Publicaciones	66
12. Conclusiones	70
13. Bibliografía	72

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
.....	
1. Descripción por año y por mes de las entregas de leche que presentó el ML-SDA durante los años 2000 al 2014 a la Cooperativa de Productores de Leche R.L.	20
2. Descripción de los promedios de producción de leche por animal, en periodos de 10 días durante lactancias de 600 días en el ML-SDA, registradas desde agosto del año 2003 hasta diciembre del 2014	22
3. Efecto de la raza sobre la composición nutricional de la leche de bovinos	27
4. Comportamiento de la producción de leche diaria por animal y de las variables ambientales con respecto al año de evaluación	44
5. Comportamiento de la producción de leche diaria por animal y de las variables ambientales con respecto al mes de evaluación durante los años 2006-2010	45
6. Respuesta en producción de biomasa fresca y seca del pasto Estrella africana a la aplicación de tres cepas de <i>Azospirillum sp.</i> , abono orgánico y fertilizante sintético durante el año 2011	51
7. Descripción de la cantidad de semovientes presentes en el ML-SDA al 13 de noviembre de 2014	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
1. Descripción de la curva de lactancia de animales Jersey en el ML-SDA	24
2. Relación del número de lactancias y la producción de leche en el ML-SDA	26
3. Fluctuación del porcentaje de sólidos totales en leche entre los años 2000 al 2014 en el ML-SDA	28
4. Fluctuación del porcentaje de grasa en leche entre los años 2000 al 2014 en el ML-SDA	30
5. Fluctuación del porcentaje de proteína en leche entre los años 2000 al 2014 en el ML-SDA	31
6. Fluctuación del porcentaje de lactosa y minerales en leche entre los años 2000 al 2014 en el ML-SDA	32
7. Fluctuación del conteo bacterial en leche entre los años 2000 al 2014 en el ML-SDA	34
8. Fluctuación de las células somáticas en leche entre los años 2000 al 2014 en el ML-SDA	36
9. Descripción de la curva de crecimiento de animales Jersey nacidos en el ML-SDA entre noviembre del 2006 a octubre del 2010	38
10. Descripción del comportamiento del intervalo entre partos (IEP) en el ML-SDA desde el año 1981-2014	40

11. Descripción del comportamiento del período abierto (PA) en el ML-SDA desde el año 1981-2014	41
12. Descripción del comportamiento de la edad a primer parto (EPP) en el ML-SDA desde el año 1987-2014	42
13. Descripción de los tanques de captación de agua llovida en el ML-SDA y su aplicación en labores de limpieza	48
14. Descripción del tanque de calentamiento de agua por medio de la energía solar en el ML-SDA	48
15. Descripción del tanque de captación de las aguas de lavado y la aplicación de estas en los potreros por medio de la tanqueta boñiguera en el ML-SDA	49
16. Transformación de la boñiga de vacuno a vermicompost por medio de la lombriz californiana	50
17. Descripción del proceso de extracción de las garrapatas y tórsalos en el ML-SDA y la cuantificación de la ovoposición de garrapatas adultas	52
18. Descripción de la ECOWEDER® y su aplicación en el ML-SDA	53
19. Descripción porcentual del presupuesto del ML-SDA para el año 2014	54

PRESENTACIÓN

Desde su comienzo hace treinta años, el Módulo Lechero como proyecto de investigación recopila información relacionada a la actividad productiva y reproductiva de los animales Jersey que componen el grupo de semovientes que se desarrolla en cinco hectáreas en la Sede del Atlántico. Estos datos registrados de forma individual por animal según el evento productivo, reproductivo y sanitario, permiten el desarrollo de indicadores, como herramienta de selección que permite la búsqueda de animales productivos que se adaptan a las condiciones climáticas de Turrialba. Por tal motivo, después de 30 años de establecido este proyecto, se desarrolla un documento que agrupa el aporte académico en el campo de la producción de animales Jersey bajo condiciones tropicales.

En los tres primeros apartados de este texto, se ofrece al lector una idea de la actividad lechera nacional, como también una caracterización del Módulo Lechero. En el tercer apartado se describe las características de este documento y las actividades relacionadas para la obtención de cada indicador.

En el apartado de resultados y conclusión, se describen los valores obtenidos para las variables de producción láctea, caracterización bromatológica y de calidad de la leche, crecimiento de los semovientes e indicadores reproductivos. Además de valorar el comportamiento productivo de los animales según las condiciones ambientales registradas.

El Módulo Lechero, al ser un sistema de producción que investiga y cuantifica su impacto al ambiente, desarrolla estrategias de mitigación para la implementación de una producción integral, por lo cual describe los resultados y experiencias de siete estrategias empleadas y valoradas en este sistema, para disminuir su impacto al ambiente.

Por último, describe los rubros que hacen uso del presupuesto de este sistema; además, recopila la información generada en sus 30 años de ejecución, en trabajos finales de graduación, publicaciones y proyectos de investigación.

Este documento se genera gracias al aporte de los señores Roberto Ugalde y Oscar Garita, los cuales realizan de forma diaria las actividades de cuidado y manejo de los semovientes que conforman el Módulo Lechero, y cuenta con el apoyo brindado por la Coordinación de Investigación, la Coordinación de Administración y a la Dirección de la Sede del Atlántico.

LA ACTIVIDAD LECHERA

Según información generada por la Corporación de Fomento Ganadero (CORFOGA) en el censo ganadero realizado en el año 2000, en el país existe una población bovina de 1.358.209 cabezas y se emplean 1.349.628 hectáreas para actividades de pastoreo. Del total de la población bovina nacional, el 17% equivale a animales en sistemas de producción lechera y el 8,17% es área utilizada por fincas lecheras. Dentro de las conclusiones del informe, se ratifica que de los tres sistemas de producción ganadera (carne, leche y doble propósito), la lechería especializada es la actividad más intensiva.

Además de ser una actividad intensiva en el uso tanto del suelo como de insumos externos (alimento balanceado, medicamentos, infraestructura y fertilizantes) para mantener niveles de producción láctea óptimos y recurso humano, es una actividad cíclica. Es cíclica debido a que la unidad productora (la vaca) presenta dos etapas productivas, en producción o en recuperación para la próxima lactancia. En un sistema ideal, ambas etapas se deben de completar en un año, con una proporción de 305 días de producción y 60 días de recuperación. Esta recuperación es importante debido a que la ubre viene de un proceso de extracción de la leche diaria, en dos periodos por día, lo cual provoca un desgaste interno de esta, por tal motivo la renovación del tejido epitelial es importante para que en la siguiente lactancia los niveles productivos sean óptimos.

El comportamiento de la producción láctea del animal presenta una curva cuadrática, la cual en los primeros 100 días tiene su mayor incremento (pico de lactancia) y, a partir de este momento, la producción empieza a reducirse de forma gradual (persistencia) hasta el momento en que se seca (no está en producción). Ambas respuestas en magnitud en la producción de leche (incrementos o

reducciones), varían según la genética del animal, la edad, el sistema de alimentación, sanidad del animal y las condiciones ambientales.

También dentro del aspecto reproductivo, se considera intensivo, ya que se desea que la unidad productora genera una cría cada año. Si es una hembra en dos años debe ingresar dentro del grupo de los animales en producción y si es un macho, este es retirado de la finca ya que no es funcional, debido a que son sustituidos por la inseminación artificial; además, su estructura ósea y muscular no es óptima para la producción de carne.

EL MÓDULO LECHERO

EMPRESA AUXILIAR 026

El Módulo Lechero nace en la Sede del Atlántico en el año 1984 con un hato conformado por 15 animales provenientes de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM). De estos animales, catorce eran novillas y uno, un toro reproductor (Salazar 1998). Entre los objetivos que presentó este proyecto al nacer, estaba el de ser un modelo de producción para los productores de leche en su área de influencia y de apoyar la carrera de zootecnia que se impartía en ese momento en la Sede, en aquellos años Centro Universitario Regional de Turrialba (Salazar 1998).

Desde sus primeros años y con gran visión de los responsables en aquel momento, el Módulo Lechero (ML-SDA) es integrado a la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. el ocho de abril del año 1984, por tal razón se convierte en la segunda entrega que presenta la Universidad de Costa Rica y se le asigna el código 2066. Por razones que se desconocen tanto en la Universidad como en la Cooperativa, el ML-SDA suspende las entregas de leche durante un tiempo no determinado, pero el 18 de julio de 1997 reinicia con el mismo código las entregas de leche hasta el día de hoy.

El ML-SDA como proyecto de vinculación remunerada externa (Proyecto de investigación N° 510-A7-805) apoya a la Sede en la contratación de personal y compra de instrumentos, en la capacitación de profesionales en el campo de la producción lechera a nivel de grado y de educación media, durante sus 30 años de funcionamiento. Además, permite el desarrollo de prácticas de trabajo con los estudiantes que cursan los cursos del área de suelo y de producción animal impartidos en la Sede para estudiantes del área de Agronomía y Economía Agrícola.

En la actualidad, el ML-SDA está integrado por dos trabajadores agropecuarios y un encargado técnico. Es una unidad adscrita a la coordinación de investigación de la Sede del Atlántico, la cual se ubica en la parte de atrás de las instalaciones del recinto. Limita al norte con el río Turrialba, al Sur con la pista de atletismo y la cancha de fútbol, al este con el Centro de Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y al oeste con el taller de mantenimiento y el taller del Programa de Gestión Ambiental de la Sede.

El ML-SDA desde su inicio y como producto de sus actividades diarias, genera información que permite el desarrollo de indicadores productivos, reproductivos, ambientales y económicos, de un hato de animales Jersey bajo condiciones tropicales. Ello le permite ser una unidad de referencia en el desarrollo de sistemas de producción láctea en condiciones de alta humedad y precipitación.

CARACTERÍSTICAS DEL INFORME

1. El objetivo de este trabajo es desarrollar índices y parámetros de evaluación a nivel productivo y reproductivo del ML-SDA, para generar criterios de evaluación y comparación de un sistema de producción de leche de ganado Jersey puro, bajo un sistema en pastoreo y en condiciones ambientales de alta temperatura y humedad relativa como las que predominan en el cantón de Turrialba.
2. Recopila la información analizada sobre las características productivas presentes en el ML-SDA desde enero del año 2000 hasta diciembre del 2014. La información de calida de la leche se recopiló desde noviembre del año 2000 y la información utilizada para generar la curva de producción se obtiene desde agosto del 2004 hasta diciembre del año 2014. En cambio, las características reproductivas evaluadas se analizaron con datos obtenidos desde el año 1981 para intervalo entre parto y periodo abierto, mientras que para la edad a primer parto se resume la información recopilada desde 1987.
3. La información de características de la leche fue obtenida gracias a la información recopilada en la base de datos de la Cooperativa de Productores de Leche R.L., debido a que este tipo de información no era relevante o no se generó un adecuado mecanismo de recolección de la información en años pasados, pero a partir del año 2005 se generan bases de datos en el ML-SDA para un adecuado análisis de la información. Caso contrario sucedió con la información reproductiva, ya que el Módulo presenta un historial reproductivo de cada animal por separado, el único inconveniente es que no se utilizó como herramienta de evaluación en años anteriores.
4. La información para realizar la curva de crecimiento de los animales corresponde a un proceso de pesaje de los animales de reemplazo, actividad realizada cada 30 días a partir del 23 de enero del año 2007.
5. La información meteorológica fue facilitada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y de Enseñanza (CATIE). Los datos de las condiciones ambientales se tabuló para cada animal,

en relación al número de identificación de la vaca, el día de pesada de la leche, el mes, el año, la producción de leche diaria, el día de lactancia respectivo, el número de parto y la edad del animal. Como variables independientes se consideraron el mes, el año, el número de parto de la vaca, la edad del animal, los días de lactancia, la precipitación diaria, el valor de humedad relativa media y la radiación solar. El análisis planteado se hizo por medio del comando "reg" del programa STATAtm 8.0 (STATA 2003). En cambio, la comparación entre medias de los efectos principales se realizó por medio de la prueba de Waller Duncan (SAS 2003).

6. La información analizada se presenta en un formato de figuras y cuadros que comparan la fluctuación de cada parámetro a través del tiempo, lo que permite visualizar una tendencia.
7. Los parámetros que se evaluaron en este informe son los siguientes: entrega de leche, características bromatológicas de la leche (sólidos totales, grasa, proteína y lactosa), características de calidad de la leche (recuento bacterial y conteo de células somáticas), caracterización de la curva de producción de leche, caracterización de la curva de crecimiento e índices reproductivos (intervalo entre partos (IEP), período abierto (PA) y edad al primer parto (EPP).
8. En el apartado de publicaciones se hace mención a todos los trabajos de investigación que se realizaron en el área del ML-SDA y que culminaron con una publicación en revistas científicas o en una presentación expuesta en congresos o simposios. Dentro de este apartado, se hace mención a los trabajos finales de graduación realizados en el Módulo Aviar por estar dentro del área asignada al ML-SDA, pero con el objetivo de rescatar el impacto de los módulos productivos en la docencia e investigación dentro de la Sede del Atlántico.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

1. PRODUCCIÓN LÁCTEA

La Universidad de Costa Rica al ser parte de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. por medio de sus unidades, Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM), entrega 1201, y el Módulo Lechero (ML-SDA), entrega 2066, tiene la posibilidad de entregar cada semana 9.310 litros de leche en total. Cuando esta cuota es excedida, la cooperativa categoriza la leche dentro de la cuota (≤ 9.310 litros) como leche suscrita (LS) y la que se encuentra por arriba de la cuota como leche no suscrita (LNS) (> 9.310 litros), al ser la EEAVM la primer Finca Lechera de la UCR, la producción de leche del ML-SDA es considerada como adicional a la producción láctea de la EEAVM. Esta situación, que provocaba la entrega de leche LNS por parte del ML, debido a la ciclicidad de la producción, ya que cuando la EEAVM incrementa el volumen de leche producido (mayor número de vacas en ordeño), la leche que se entrega en el ML-SDA, total o parcial, es categorizada como LNS. El inconveniente radica en que la leche entregada como LNS presenta un valor menor del 20% en promedio con respecto a la leche dentro de la cuota como LS. A finales del año 2007 y bajo una gestión en conjunto entre la EEAVM y el ML-SDA, se logró la compra de 400 certificados de aportación de leche por semana, lo que le permite al ML-SDA no entregar LNS y a la vez, crecer a nivel de volumen de leche producido por día.

La totalidad de la producción en el ML-SDA, como se citó, es comercializada por medio de la cooperativa. Cada dos días el sistema de recolección de leche visita la finca, la leche entregada ese día es el total de la producción obtenida en cuatro ordeños.

Antes de que la leche del ML-SDA sea transportada al camión recolector, se agita en promedio ocho minutos para homogenizar los componentes presentes en ella, ya que esta tiende a acumular la grasa en la parte superior. Después de esta operación, el encargado de la recolección toma dos muestras de leche de forma cuidadosa. Estas muestras son utilizadas para la determinación de la calidad e inocuidad de la leche entregada, parámetros importantes para el pago posterior por parte de la cooperativa. Por último, se hace la lectura del volumen de leche que se entrega por medio de una regla y tabla calibrada.

En el Cuadro 1, se describen los volúmenes de leche entregados por mes y por año a partir del año 2000. Con base a los resultados, el año 2002 fue el de mayor producción y a partir de este año se produjo una disminución anual de 12.574, 12.811, 25.769, 23.831, 15.195, 25.678, 27.680 y 16.678 litros de leche en comparación a los años 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010 respectivamente. A partir del año 2011, el ML-SDA tiende a estabilizar la producción de leche por encima de los 80.000 litros al año, con una menor cantidad de animales, pero un mejor manejo de los semovientes. Estas reducciones se deben a un débil plan de inversión de los ingresos generados, reducción del área de pastoreo por el proyecto hidroeléctrico Angostura y a la reducción del hato, decisiones que en su momento se consideraron apropiadas para los intereses del ML-SDA y la institución. Por último, es importante citar los problemas reproductivos debidos a una disminución de los aportes nutricionales, la cual se traduce en una menor cantidad de animales en ordeño y a la reducción de la vida útil de los mismos y a las condiciones ambientales imperantes en el cantón de Turrialba, como alta humedad relativa y temperatura. En los últimos tres años, se nota un incremento en la producción de leche anual, a causa de un programa de inversiones que se generó en esta unidad, lo que permite mejorar el manejo sanitario y nutricional de los animales.

Como se citó, es importante indicar que la producción de leche es cíclica. Por ejemplo, se nota en el Cuadro 1 la fluctuación que se presenta en los litros de leche entregados por año y por mes, lo cual se explica en una mayor cantidad de animales en producción o en una mayor proporción de animales a inicios o a finales de la lactancia, lo que se traduce en mayor o menor cantidad de leche producida, respectivamente.

Cuadro 1. Descripción por año y por mes de las entregas de leche que presentó el ML-SDA durante los años 2000 al 2014 años a la Cooperativa de Productores de leche R.L..

Producción total (kg leche.mes Año-1)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
2000	6812	5984	6588	6358	7158	7406	7930	8624	9063	7724	7955	6855	88458
2001	7285	6406	6928	6133	6682	6352	8153	8140	7943	6895	6247	6475	83640
2002	5891	6790	7836	6865	7511	8667	8863	9199	7576	7624	8848	8593	94264
2003	7741	6787	8400	7704	6506	5586	6033	6112	6600	7999	6052	6169	81690
2004	7686	7068	8311	7876	8323	7430	6548	5622	5916	6176	5320	5179	81453
2005	6274	5289	6007	6357	6370	5183	5219	5405	6146	5549	5473	5221	68494
2006	6286	6924	7237	6878	6685	7112	6479	5537	4584	4723	3951	4039	70432
2007	6171	5328	9741	6045	7587	7465	7576	7471	5804	5116	4982	5784	79069
2008	5368	5031	5134	5476	6688	6399	5340	5370	5085	5929	6441	6325	68585
2009	6176	5396	6019	5046	5013	5529	5989	5176	5520	5853	5255	5613	66584
2010	5712	5567	6917	7356	7296	6892	6866	6645	5826	5992	5551	6966	77585
2011	7047	6258	8295	7789	7913	7788	7611	7913	7185	6949	7040	7099	88887
2012	7806	6730	9242	9459	7990	6673	7490	6916	6318	6113	5397	4679	84811
2013	7093	6665	7998	7166	7808	7088	6090	7454	6737	7087	6491	7517	85193
2014	6880	6743	8408	7469	7172	6479	6085	6223	7002	7036	5855	6681	82031

Fuente: Elaboración propia

A. CURVA DE LACTANCIA

Esta forma de describir la producción láctea es el reflejo de la producción de leche durante los días productivos de cada animal, la cual está compuesta por una etapa de crecimiento durante los primeros 100 días hasta llegar a un punto máximo, el cual es considerado el pico de lactancia¹,

1. Se describe como la producción máxima de leche de un animal durante su lactancia

seguido después por una etapa de descenso paulatino conocido como persistencia² hasta el momento del secado (Figura 1). En el Cuadro 2, se agrupa por rangos de día la producción de leche promedio (kg/animal) recolectada en el ML-SDA a partir del 28 de agosto del año 2003 (Observaciones evaluadas: 15.662).

En promedio, durante todo el ciclo de producción, cada animal produce al día $15,25 \pm 3,09$ kg de leche, donde el pico de producción se alcanza entre los días 31 y 40, con un promedio de $19,79 \pm 4,33$ kg de leche/animal/día, después de este periodo la producción láctea por animal presentan una persistencia del $95,69 \pm 3,27\%$. Durante este segmento de la curva el animal requiere satisfacer sus necesidades energéticas y proteicas, para así alcanzar su potencial genético y reducir las pérdidas en condición corporal.

Otra forma de analizar la curva de lactancia es por medio de las fases de producción, denominadas 0 a 100 días, de 101 a 200 días, de 201 a 300, de 301 a 400 días, de 401 a 500 y de 501 a 600 días, la producción alcanzada en estos periodos es de $18,59 \pm 4,33$, $16,39 \pm 3,17$, $13,81 \pm 2,69$, $12,41 \pm 2,59$, $11,37 \pm 2,61$ y $10,01 \pm 2,27$ kg de leche/animal/día, respectivamente. En las condiciones del ML-SDA, una duración de la lactancia de 300 días provoca la implementación de la práctica de secado de los animales con un promedio diario de $12,85 \pm 2,53$ kg de leche. Por tal motivo, se presentan ciclos de lactancia mayores para aprovechar ese nivel de producción. Además, esta merma en producción de leche permite que el animal recupere condición corporal y se prepare mejor para la próxima lactancia.

La curva de producción de leche por animal puede ser afectada por condiciones ambientales (alta temperatura o precipitación), lo cual afectaría el consumo de materia seca, o la presencia de renqueas (limita desplazamiento de los animales). Ambos aspectos limitan el aporte de nutrimentos al sistema ya que reducen el consumo de materia seca. Otro aspecto por considerar es la salud de la ubre, ya que se reduce el potencial productivo en presencia de una infección.

2. Se define como el grado en el cual la producciones se mantienen día a día en cualquier etapa de la lactación

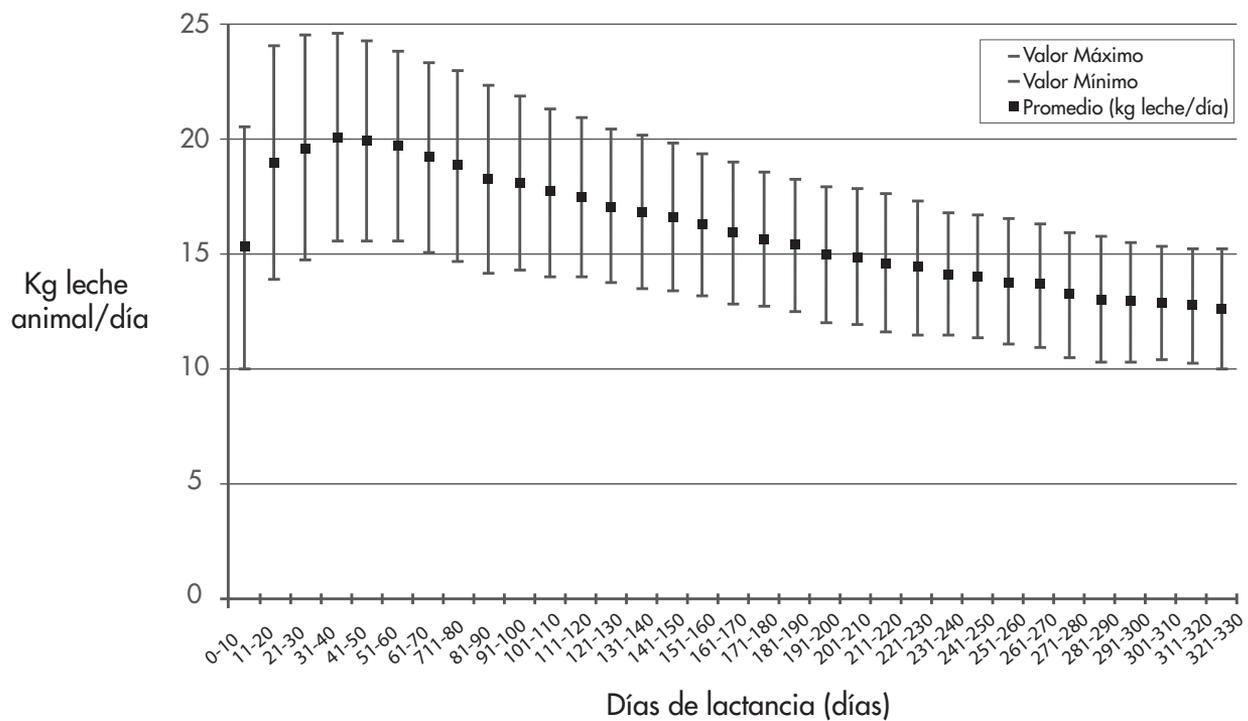
En la actualidad, las lactancias en el ML-SDA, no superan los 300 días por animal. Esto permite obtener mayor cantidad de leche por animal durante su vida productiva en el sistema.

Cuadro 2. Descripción de los promedios de producción de leche por animal, en períodos de 10 días durante lactancias de 600 días en el ML-SDA, registradas desde agosto del año 2003 hasta diciembre del 2014.

Rango (Días)	Nº Observaciones	Promedio (kg leche /día)	S
0-10	460	15,29	5,26
11-20	490	18,98	5,09
21-30	500	19,62	4,86
31-40	509	20,08	4,51
41-50	516	19,90	4,32
51-60	509	19,70	4,14
61-70	512	19,21	4,14
71-80	494	18,83	4,15
81-90	489	18,24	4,07
91-100	485	18,10	3,82
101-110	490	17,67	3,64
111-120	497	17,44	3,40
121-130	491	17,07	3,35
131-140	492	16,82	3,34
141-150	486	16,61	3,20
151-160	479	16,29	3,09
161-170	474	15,92	3,04
171-180	480	15,66	2,93
181-190	472	15,37	2,85
191-200	465	14,98	2,94
201-210	460	14,87	2,99
211-220	458	14,59	3,01
221-230	451	14,41	2,90
231-240	445	14,10	2,67

241-250	437	14,01	2,67
251-260	432	13,80	2,72
261-270	417	13,63	2,67
271-280	402	13,23	2,72
281-290	379	13,04	2,74
291-300	337	12,90	2,58
301-310	313	12,87	2,46
311-320	282	12,76	2,48
321-330	254	12,63	2,60
331-340	227	12,69	2,61
341-350	215	12,62	2,47
351-360	189	12,44	2,37
361-370	182	12,47	2,65
371-380	175	12,14	2,80
381-390	155	12,19	2,46
391-400	148	11,86	2,77
401-410	136	11,84	3,01
411-420	118	11,95	2,88
421-430	93	11,33	2,59
431-440	86	11,50	2,64
441-450	78	11,14	2,72
451-460	73	11,15	2,24
461-470	66	11,14	2,36
471-480	62	11,21	2,30
481-490	58	11,12	2,51
491-500	48	11,23	2,45
501-510	49	10,78	2,07
511-520	41	10,75	1,99
521-530	41	10,26	1,98
531-540	36	10,47	2,10
541-550	41	9,97	2,40
551-560	35	10,57	2,01
561-570	29	9,52	2,68
571-580	28	9,59	2,94
581-590	21	9,30	2,24
591-600	22	8,88	2,32

Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Descripción de la curva de lactancia de animales Jersey en el ML-SDA.**Fuente:** Elaboración propia

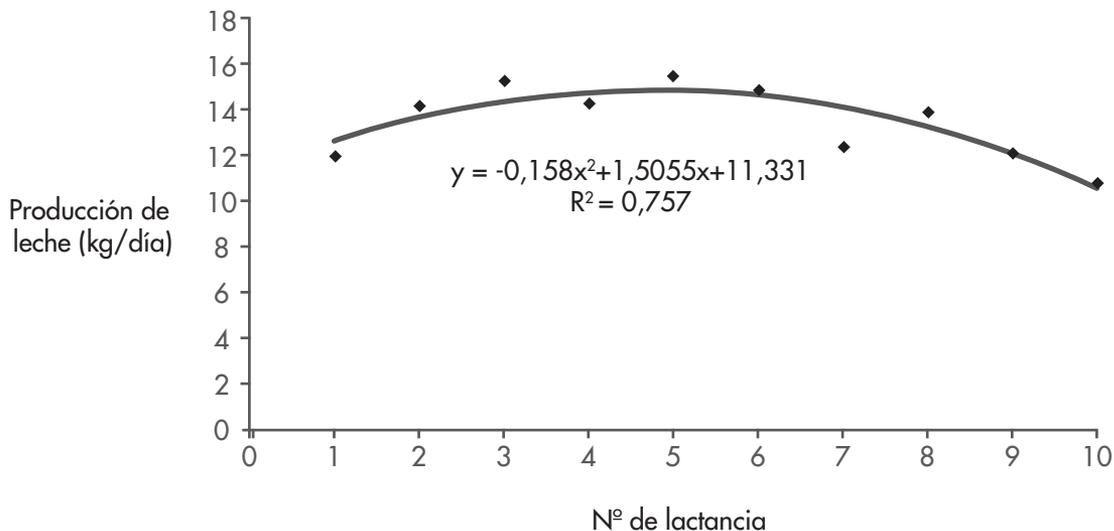
B. EDAD PRODUCTIVA DONDE SE OPTIMIZA LA PRODUCCIÓN

La edad del animal es un factor que determina la producción de leche (González 1995), debido a la relación con su crecimiento físico (musculatura) y fisiológico (St-Pierre et al. 2003). La edad de los animales en la que se obtiene la mayor producción láctea en el ML-SDA es entre 7,5 a 10 años, valor mayor al encontrado para condiciones tropicales (de 5 a 7 años) por Freitas et al. (1991). Al comparar este rango etario, se obtienen 6,17 litros de leche diarios de más que los animales menores a 2,5 años y 1,1 litros más que los animales con edades entre 2,5 a 5 años. Además, los animales en el rango óptimo superan en 0,59 litros de leche diaria a los animales con edades de 5 a 7,5 años y en 0,94 litros de leche diarios a los animales mayores a 10 años. Este rango de edad, donde se optimiza producción el animal, se podría relacionar al sistema de crianza, el cual se basa en el consumo de forraje y el uso de alimentos balanceados en pequeñas cantidades.

C. NÚMERO DE LACTANCIAS NECESARIAS PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN

En la Figura 2, se describe la producción de leche promedio en relación a la cantidad de lactancias evaluadas notándose un efecto cuadrático al analizar 4130 registros, comprendidos entre agosto del 2003 a diciembre del 2006. La mejor producción se alcanza entre la 3ra y 5ta lactancia, con un rango de producción entre 15,1 y 15,3 kg/animal/día. En condiciones ambientales similares, Valerín (1997) estimó que la productividad de animales Jersey se optimiza a la sexta lactancia, con una producción promedio de 15,47 kg/animal/día.

Figura 2. Relación del número de lactancia y la producción de leche en el ML-SDA.



Fuente: Elaboración propia.

2. CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DE LA LECHE

La leche está compuesta por agua, proteína, grasa, lactosa, vitaminas y minerales. Estos componentes van a variar según la raza y el tipo de alimentación que se le ofrezca al animal. La proporción de agua ronda entre el 85 y 90% de la leche, en cambio, la proteína equivale al 3 o 4 por ciento. Existe una correlación directa entre el nivel de proteína y el nivel de grasa, donde la leche con mucha grasa también presenta alta proteína y viceversa. La grasa promedia entre 3,5 a

5,25%. También es el principal componente para la industrialización de la leche. Es por eso que un porcentaje alto de grasa es considerado leche de alta calidad y para las condiciones del ML-SDA con respecto al pago de la leche, es una variable que mejora los ingresos.

En el Cuadro 3, se describen los valores promedio en relación a la composición de la leche, la cual, según la raza del animal, presenta diferencias entre sus componentes. Es importante denotar que los animales Jersey son los animales de menor tamaño y menor producción de leche, pero presenta tenores de concentración mayores que las demás razas.

Cuadro 3. Efecto de la raza sobre la composición nutricional de la leche de bovinos

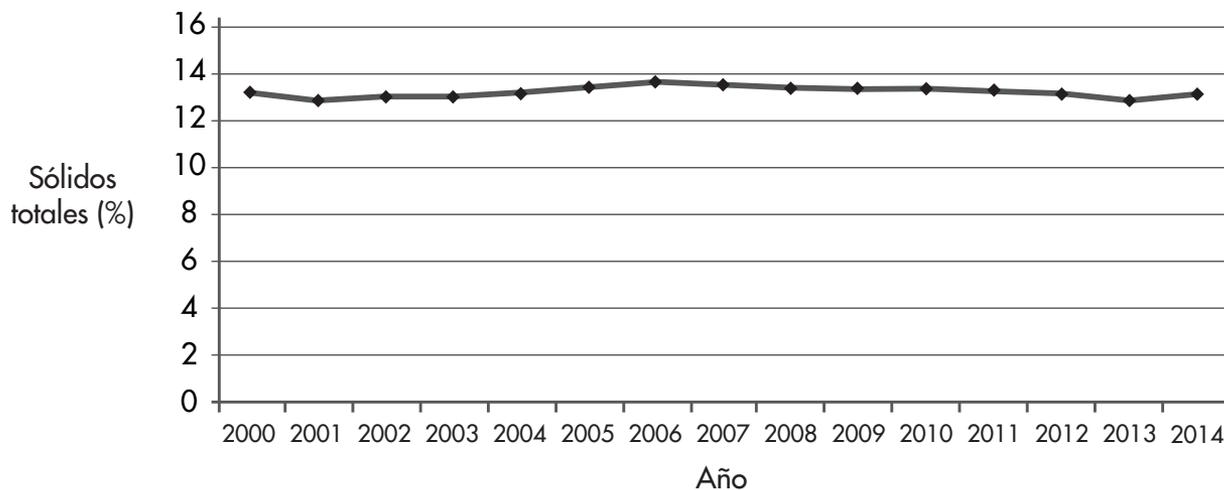
Raza	Grasa	Proteína	Lactosa	Sólidos no grasos (SNG)	Sólidos totales (ST)
	(Valores porcentuales)				
Jersey	4,80	3,80	4,80	9,40	14,20
Guernsey	4,60	3,60	4,80	9,20	13,80
Pardo Suizo	4,00	3,50	4,80	9,00	13,00
Holstein	3,60	3,15	4,60	8,50	12,00

Fuente: Elaboración propia, con información del curso AZ-4201 Ganado de Leche. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica.

A. SÓLIDOS TOTALES EN LECHE

Los sólidos totales es la sumatoria de los componentes de la leche, como la grasa, proteína, lactosa y los minerales (Walstra et al. 2006). En la Figura 3, los valores se mantienen estables, estos fluctúan entre 12,80 y 13,65%. Para la raza Jersey, el valor encontrado se encuentra por debajo del ideal de la raza (Cuadro 3). Dentro de los factores que reducen el contenido de sólidos totales en la leche se pueden citar: raza de la vaca, edad, condiciones ambiental, el estado fisiológico, manejo del ordeño, salud del animal y alimentación.

Figura 3. Fluctuación del porcentaje de sólidos totales en leche entre los años 2000 y 2014 en el ML-SDA.



Fuente: Elaboración propia.

B. GRASA EN LECHE

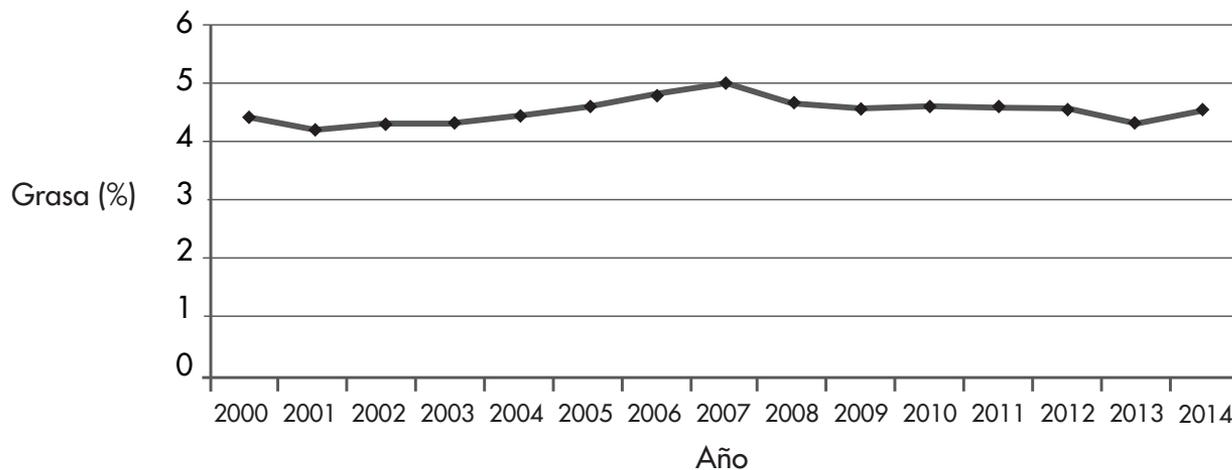
La grasa láctea está compuesta de una mezcla de triglicéridos que contienen más de diez ácidos grasos y sustancias asociadas tales como las vitaminas A, D, E y K y los fosfolípidos como la cefalina y lecitina (Walstra et al. 2006). El precursor de la grasa en leche es el ácido acético, este es producto de la fermentación a nivel ruminal de la celulosa contenida en la fibra de los pastos consumidos. Los principales factores que afectan el contenido de grasa en leche son la relación forraje: alimento balanceado (a menor cantidad de alimento balanceado mayor concentración de grasa en leche), la composición del material fibroso, el tamaño de partícula y las estrategias de alimentación. En la Figura 4, se describen los porcentajes de grasa en leche presentes en la leche entregada por el ML-SDA, marcando leves incrementos promedios en su porcentaje a partir del año 2002 hasta la fecha.

C. PROTEÍNA EN LECHE

Las proteínas de la leche están conformadas por tres grupos: la caseína en 3%, la lactoalbúmina en 0,5% y la lactoglobulina en 0,05% (Walstra et al. 2006). En ellas se encuentran presentes más de veinte aminoácidos dentro de los cuales están todos los aminoácidos esenciales. Los aminoácidos de la sangre son los principales precursores de la proteína de la leche aunque pequeños péptidos pueden también hacer una contribución, produciéndose la síntesis láctea en las células alveolares de la glándula mamaria. La caseína, a su vez, está compuesta por tres tipos de caseína, la k-caseína, la b-caseína y la α-caseína. La concentración de proteína en la leche es de gran importancia en la industria láctea. Esta tiene importantes efectos en la calidad de la coagulación para la fabricación de queso y yogurt, siendo mejor con una mayor concentración de caseína. Además, está su efecto en rendimiento de la leche en queso, obteniéndose más queso por litro de leche a medida que aumenta la concentración de proteína.

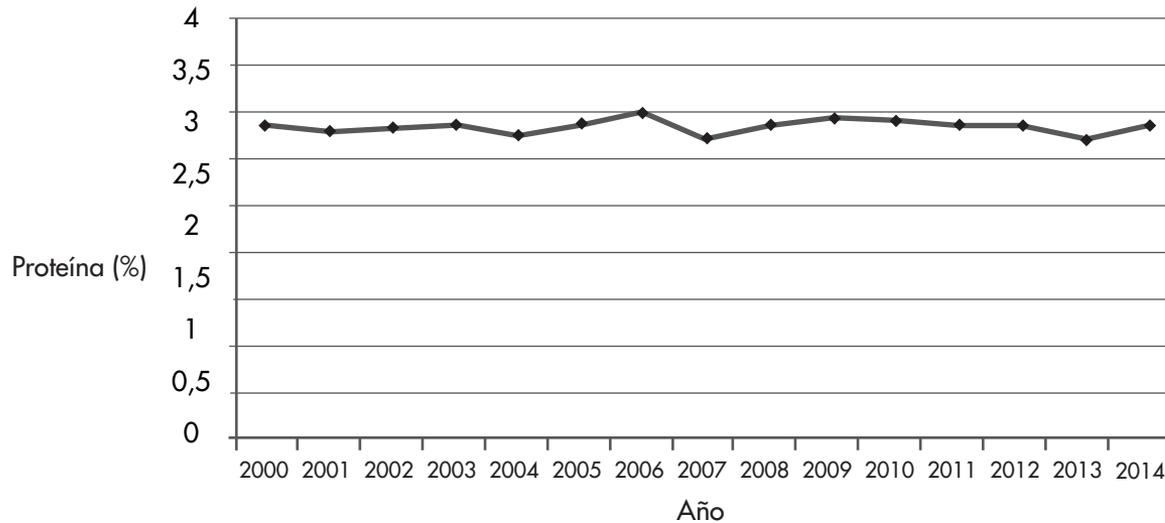
Los factores que influyen en la concentración de proteína en la leche son la genética y la alimentación, siendo el más importante el primero de ellos, existiendo además otras fuentes de variación como son la edad, sanidad de la ubre y la etapa de lactación (Figura 5). Pero como se nota en la figura, esta variable fluctúa poco.

Figura 4. Fluctuación del porcentaje de grasa en leche entre los años 2000 y 2014 en el ML-SDA.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Fluctuación del porcentaje de proteína en leche entre los años 2000 y 2014 en el ML-SDA.



Fuente: Elaboración propia.

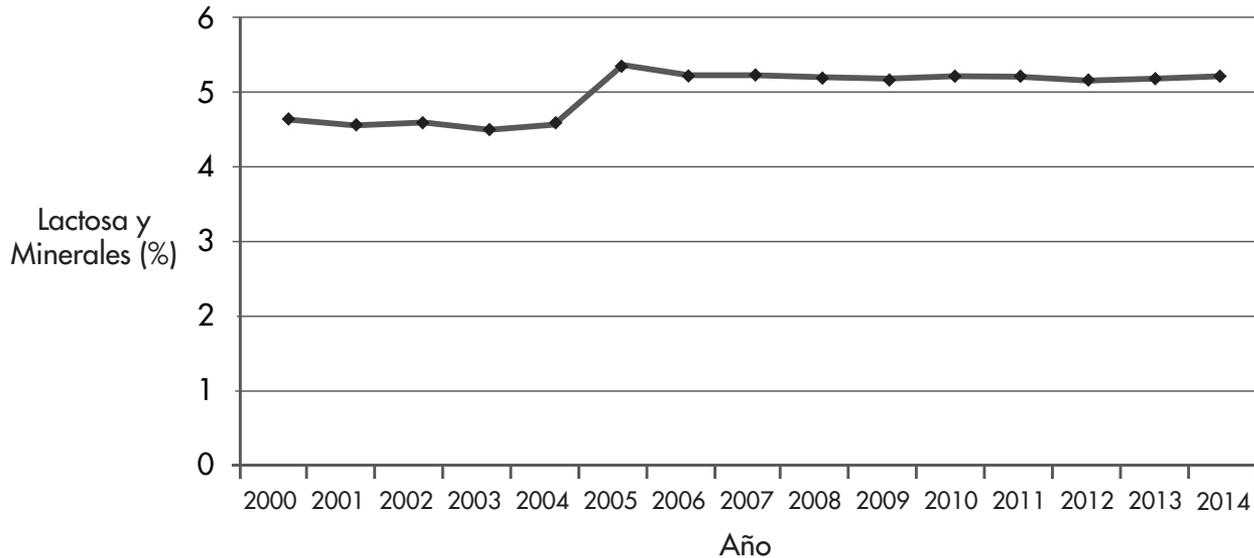
D. LACTOSA EN LECHE

La lactosa es el “azúcar” de la leche y es la fuente de energía para la cría, la cual puede fluctuar entre 4,5 a 5% (Walstra et al. 2006). Es el componente más abundante entre los sólidos de la leche. Es un disacárido compuesto por glucosa y galactosa y uno de los componentes de la leche que, junto a los minerales, no varía mucho.

En la Figura 6, se describe el comportamiento que presenta la concentración de lactosa en la leche desde el año 2000. Se nota poca variabilidad en su concentración entre años. Es importante informar

que a partir del año 2005, el porcentaje de lactosa sufre un aumento, el cual se debe a que la información que se utilizó para tabular y describir la fluctuación a través de los años agrupa tanto el valor de lactosa con el de los minerales.

Figura 6. Fluctuación del porcentaje de lactosa y minerales en leche entre los años 2000 y 2014 en el ML-SDA.



Fuente: Elaboración propia.

3. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LA LECHE

El concepto de higiene de la leche tiene dos enfoques principales: el primero de ellos se refiere a la contaminación de la leche por bacterias, fenómeno en el que se reconocen fases bien determinadas. En concreto, es fundamental la concentración inicial en la secreción láctea a partir de la flora propia de la ubre. Esta flora detiene su crecimiento a los 7º C, por lo tanto, no presenta importancia dada la refrigeración del producto a 4º C.

El segundo criterio de higiene de la leche está referido a la concentración de células somáticas, aspecto que día a día adquiere mayor relevancia al comprobarse su estrecha relación con la capacidad productiva de los animales. Las células somáticas son una respuesta del grado de inflamación que presenta la glándula mamaria como consecuencia de la presencia de patógenos u otros factores que generen un trauma, derivado de un defectuoso manejo del ordeño, inadecuadas instalaciones y manejos generales.

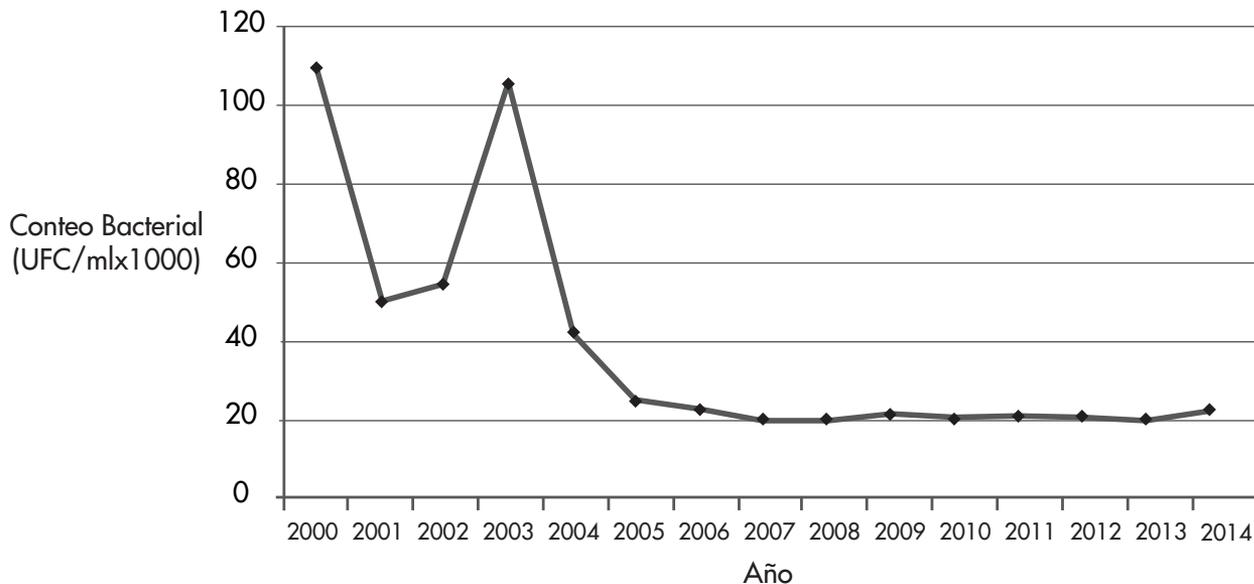
A. RECUENTO BACTERIAL

El recuento bacterial, en general, en el ML-SDA, no es mayor a 22.000 UFC/ml de leche en los años evaluados. En la Figura 7 se describe este comportamiento en el conteo bacterial. Existen eventos donde estos valores se incrementan hasta sobrepasar las 100.000 UFC/ml, cuando esto sucede se debe a un mal manejo higiénico de los equipos de ordeño, problemas con la unidad de refrigeración, que no mantiene la temperatura a 4 °C y, en menores ocasiones, a un problema con el ordeño de los animales que provoca un brote de mastitis.

Es importante resaltar que desde el año 2007 se mantiene un valor menor a 22.000 bacterias (UFC) por mililitro de leche constante, producto a un adecuado manejo del ordeño y limpieza del equipo por parte de los funcionarios asignados a esta unidad.

Según criterios de la Cooperativa de Productores de Leche para el contenido de bacterias en la leche, la cual describe conteos entre 0 a 100.000 UFC/ml se consideran premium, de 101.000 a 200.000 UFC/ml como excelentes; de 201.000 a 500.000 se categorizan como grado A; de 501.000 a 700.000 se denomina grado B y conteos mayores a 701.000 se categorizan grado C.

Figura 7. Fluctuación del conteo bacterial en leche entre los años 2000 al 2014 en el ML-SDA



Fuente: Elaboración propia.

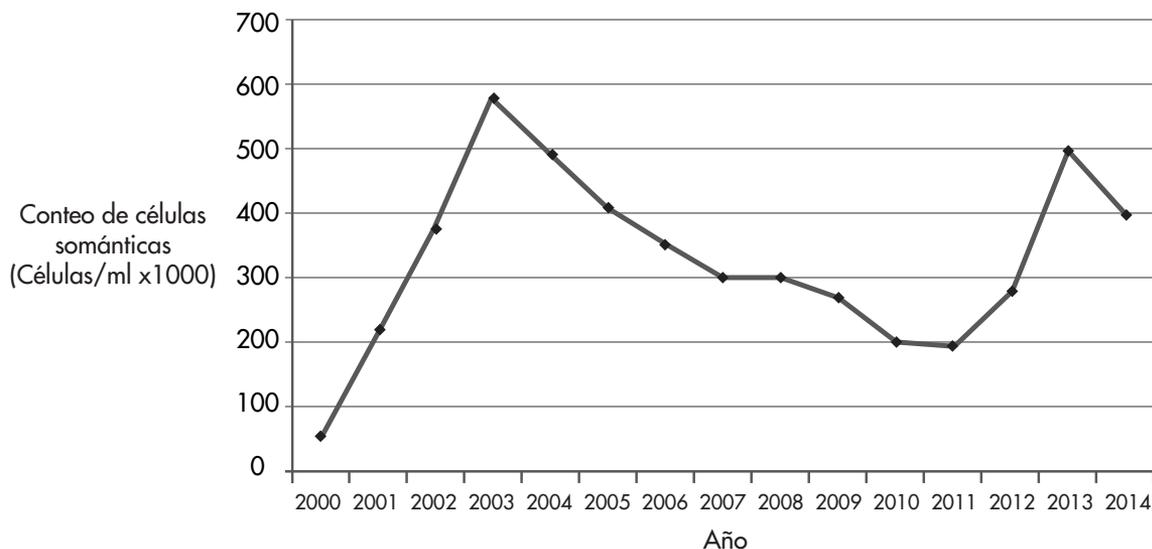
B. CONTEO DE CÉLULAS SOMÁTICAS EN LECHE

El término “somático” significa relativo al cuerpo, es decir, las células somáticas son células del cuerpo (glóbulos blancos y epitelio de la ubre). Es un parámetro para evaluar el estado de inflamación de la ubre. Dentro de las funciones de estas, están combatir los microorganismos infecciosos (mastitis) e intervenir en la reparación del tejido secretor dañado por infección o lesión.

Entre los factores que afectan el recuento de células somáticas, se encuentran el estado de infección del hato (mastitis), el periodo en que se encuentra en la lactancia (es alto al inicio y al final de la lactancia), la edad del animal (animales viejos con mayor conteo), la época del año, el ambiente, el nivel de producción de leche y la presencia de otras enfermedades.

La Cooperativa de Productores de Leche R.L. presenta una tabla de calificación de la leche según la concentración de células somáticas presente en la leche que se entrega, la cual es utilizada para bonificar o reducir el pago semanal. Las categorías que reciben bonificación son entre 0 a 250.000 CS/ml y de 250.001 a 500.000 CS/ml. En cambio, las categorías que reciben un castigo por conteos altos son de 750.001 CS/ml a 1.000.000 CS/ml y conteos mayores a 1.000.000 CS/ml. En general los conteos de células somáticas son menores a 500.000 CS/ml a partir del año 2003 (Figura 8), existen picos de conteos altos, lo que se podría explicar a mal manejo del ordeño del hato, periodos extensos de producción y a la presencia de una mastitis subclínica en el hato.

Figura 8. Fluctuación del conteo de células somáticas entre los años 2000 al 2014 en el ML-SDA.



Fuente: Elaboración propia.

4. CURVA DE CRECIMIENTO

La tasa de crecimiento de los animales y la edad son variables importantes en la productividad del hato, ya que influyen en la edad de la pubertad y en la edad del primer parto. Una adecuada tasa de crecimiento permite que el animal llegue con un peso al primer parto que le permita mantener su metabolismo, mantener una producción láctea adecuada y terminar de crecer. En cambio, problemas en el desarrollo de las terneras (tasa de crecimientos menores a 400 g/día), se traducen en retraso en la actividad sexual, menor vida productiva y mayor costo para iniciar el periodo productivo. Por otro lado,

una tasa de crecimiento rápida ($> 1,1$ kg/día), se incurren en mayores necesidades de forraje y alimentos balanceados de buena calidad, mayores habilidades de manejo, mayor riesgo a presentar dificultades al parto y un mayor riesgo de alimentar a los animales con una dieta que puede afectar el rendimiento en la lactancia.

La tasa de crecimiento es un indicador del nivel de manejo. Dentro del manejo es importante la alimentación e instalaciones, así como otras necesidades entre el nacimiento y el primer parto de las novillas. El crecimiento de las terneras debe de ser monitoreado por múltiples razones, de las cuales se citan:

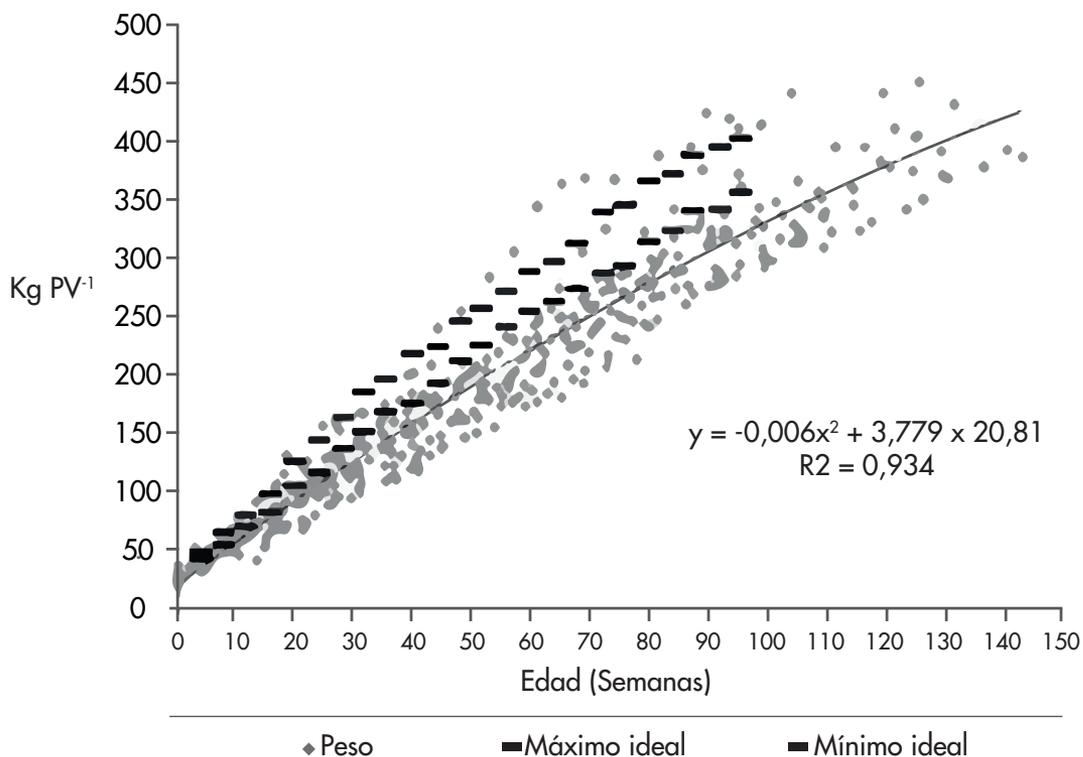
- a.** Para evitar un retraso en la madurez sexual y el primer parto debido a un lento crecimiento
- b.** Para alcanzar un peso corporal ideal al primer parto, lo que minimiza los problemas al parto y maximiza la producción de la primera lactancia
- c.** Retorno más rápido del capital invertido
- d.** Reducción en costos variables
- e.** Reducción en el número de novillas requeridas para mantener el tamaño del hato
- f.** Incrementar la vida productiva
- g.** Ganancia genética más rápida en el hato
- h.** Reducción en la cantidad total de alimento requerido

En el país se realizaron trabajos sobre la importancia de una adecuada tasa de crecimiento de las novillas Jersey y Holstein en sistemas de producción animal. Los resultados obtenidos por Rivera (2000) y Aguilar (2001) demuestran que un adecuado manejo de los animales a nivel de nutrición, aspectos sanitarios y de instalaciones, permiten alcanzar un retorno del capital invertido más rápido.

En la Figura 9 se describe la tasa de crecimiento obtenida por los animales Jersey nacidos en el ML. Al compararla con curvas promedio de crecimiento desarrolladas en Estados Unidos, donde los

animales mantienen ganancias entre 900 a 1100 g. por día, se nota en el comportamiento de los animales, una reducción en la tasa de crecimiento ideal después de los tres meses, momento en el cual los animales son destetados y agrupado con los animales en pastoreo, lo cual, por el aporte de nutrimentos que ofrece el pasto, se obtienen ganancias de 400 a 500 g/día, tasa de crecimiento que no permite edades al primer parto iguales o menores a los 24 meses.

Figura 9. Descripción de la curva de crecimiento de animales Jersey nacidos en el ML-SDA entre noviembre del 2006 a octubre del 2010.



Fuente: Elaboración propia.

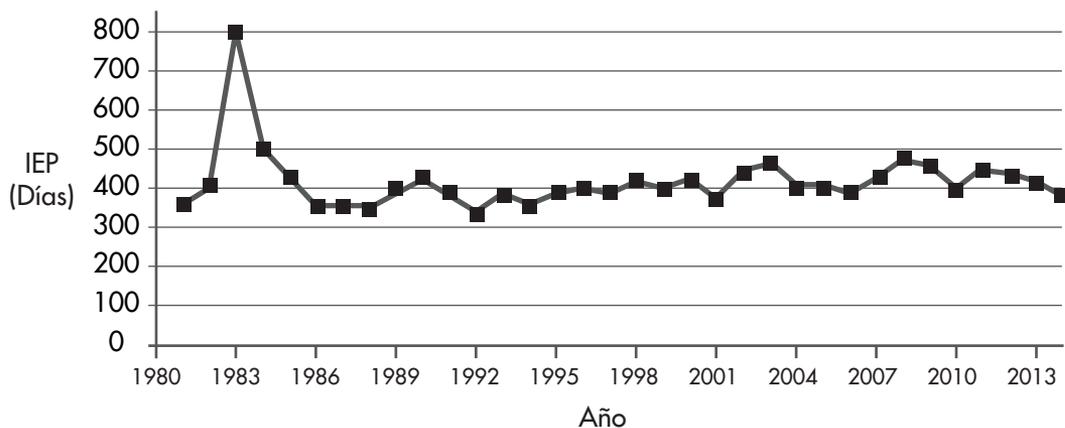
5. ÍNDICES REPRODUCTIVOS

A. INTERVALO ENTRE PARTOS (IEP)

El IEP describe el tiempo transcurrido entre dos partos. Está integrado por el periodo abierto y la gestación. En términos generales un IEP óptimo, productivo y rentable es entre 12 y 14 meses, relacionado a una buena eficiencia reproductiva y a un manejo alimenticio y sanitario apropiado. En una revisión realizada por Valerín (1997) para hatos Jersey, se informa de una IEP promedio de 422,1 días lo que es equivalente a 13,84 meses.

En el ML-SDA después de analizar 439 registros (Figura 10), presenta un IEP promedio de 416 ± 68 días, lo que se traduce en una eficiencia reproductiva promedio del 89%. Dentro del rango de información analizada se obtiene un máximo de 806 días (28,78 meses) y un mínimo de 133 días (4,75 meses). Dentro de los eventos que se presentan en el sistema y pueden explicar este comportamiento, están la presencia de abortos, producto a golpes entre los mismos animales o objetos dentro el potrero, la alimentación que se ofrece en los primeros días de la lactancia, debido a que los requerimientos energéticos y proteicos se incrementan por la lactancia y la reducción del apetito de los animales, lo cual disminuye el aporte de nutrimentos al sistema ruminal y genera una pérdida en la condición corporal de los animales que incrementa el periodo abierto y reduce la vida productiva de los animales.

Figura 10. Descripción del comportamiento del Intervalo entre partos (IEP) en el ML-SDA durante los años 1981-2014.



Fuente: Elaboración propia.

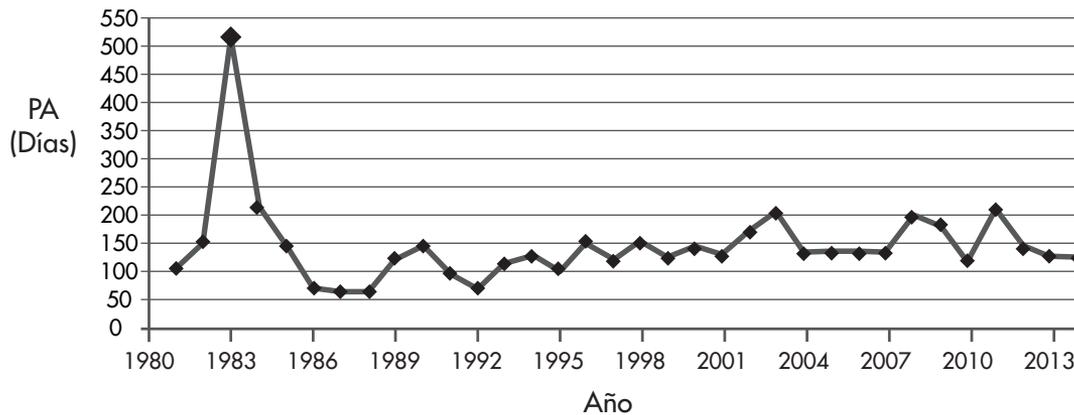
B. PERIODO ABIERTO (PA)

El PA es el tiempo que permanece la hembra vacía desde el parto hasta la próxima concepción. Es uno de los parámetros reproductivos importantes, debido a que, según la magnitud de este, la vida productiva de la vaca se reduce, lo cual se traduce en menos litros de leche.

El ML-SDA presenta un periodo abierto de 145 ± 69 días (Figura 11), el óptimo a considerar en un sistema es de 60 días, periodos tan largos provocan que el ciclo productivo sobrepase los 365 días, lo que reduce la producción de leche durante la vida productiva. También otro de los problemas que incrementa este parámetro es la repetibilidad de las hembras posinseminación, ya que en el mayor de los casos, los animales en producción presentan el celo posparto entre los 50 y 90 días, pero no quedan preñadas después de la inseminación, lo cual incrementa el periodo abierto en 21 días cada vez que el proceso de inseminación falla.

Dentro de las posibles causas que afectan el PA se citan las vacas con baja condición corporal al momento del parto, ya que antes de presentar el celo, las vacas mejoran su condición corporal (ganan peso), suplementación mineral deficiente durante la lactancia anterior, problemas de infecciones uterinas posparto, lo que provoca un retraso en la aparición del celo.

Figura 11. Descripción del comportamiento del periodo abierto (PA) en el ML-SDA durante los años 1981-2014.



Fuente: Elaboración propia.

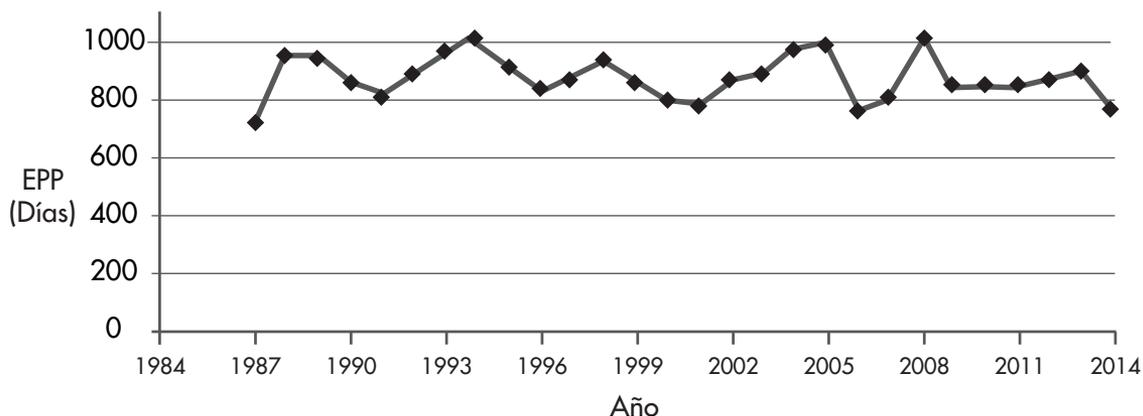
C. EDAD AL PRIMER PARTO (EPP)

La EPP es un índice reproductivo que se refiere a la edad de la vaca que pare por primera vez. Este puede ser afectado por la raza, la edad al primer celo, el número de servicios por concepción y el tipo de manejo alimenticio y sanitario que se les aplique a los animales durante el periodo de crecimiento. Según Valerín (1997) la edad al primer parto promedio para hatos Jersey en condiciones tropicales es de 29,5 meses.

La EPP es el inicio del ciclo productivo del animal en la finca, entre más pronto se presente se esperaría una mayor vida productiva dentro de la finca. El óptimo de la EPP es de 24 meses, debido a que el animal pare con una edad fisiológica que le permite soportar el estrés de la lactancia, aunque presenten el 60 % de su peso corporal, es decir, no ha terminado de crecer, mientras que al segundo parto le falta por crecer 10% de su peso adulto. Por tal motivo, la alimentación de las vacas de primer y segundo parto es importante, debido a que el animal debe de mantenerse, producir leche y terminar de crecer, para así lograr obtener un IEP óptimo.

El ML-SDA presenta una EPP promedio de 886 ± 117 días, es decir 29,5 meses (Figura 12). Estos valores se justifican debido a que en condiciones tropicales, el componente alimenticio está basado en el componente forrajero, el cual presenta digestibilidades menores al 65 % de la materia seca y valores de fibra detergente neutro (FDN) mayores a 60%, lo que reduce su aprovechamiento, lo cual implica un menor aporte de nutrimentos al sistema digestivo que se está desarrollando, limitando así la tasa de crecimiento.

Figura 12. Descripción del comportamiento de la edad a primer parto (EPP) en el ML-SDA durante los años 1987-2014.



Fuente: Elaboración propia.

6. IMPACTO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL ML-SDA

Producción láctea. Los ambientes tropicales ofrecen ventajas y desventajas para la producción animal. Dentro de los aspectos positivos se mencionan que la precipitación alta y la duración solar diaria casi constante, favorecen la producción de forraje durante gran parte del año. En cambio, la proliferación de parásitos internos y externos (Jiménez et al. 2007), las enfermedades, los altos contenidos de pared celular en los forrajes (Sánchez et al. 2000) que favorecen la producción de calor interno (Arieli et al. 2004), y los valores de temperatura y humedad relativa altos, son condiciones que afectan la expresión del potencial genético de los animales (Kadzere et al. 2002), comprometen su bienestar (Tapki y Ahin 2006) y conducen a una situación de estrés calórico.

El estrés calórico en los animales, cuantificado como el impacto en la producción de leche (Bohmanova et al. 2007) y en la reproducción (García-Ispierto et al. 2007), afecta los mecanismos de termorregulación animal: la evaporación, la conducción, la convección y la radiación (Collier et al. 2006), afectando la zona de confort o termoneutralidad de 5° a 25°C, lo que a su vez altera el consumo de alimento (West 2003), las concentraciones hormonales (Jordan 2003) y el metabolismo basal (Kadzere et al. 2002). Entre las condiciones ambientales que se relacionan con un efecto directo o indirecto sobre la productividad láctea, se citan la temperatura ambiental (Settivari et al. 2007), la humedad relativa (Bohmanova et al. 2007), la radiación solar (Tucker et al. 2007), la velocidad del viento (Nassuna-Musoke et al. 2007), el efecto de la duración del día sobre la condición ambiental (Barash et al. 2001) y la precipitación diaria (García-Ispierto et al. 2007).

A. ÉPOCA DEL AÑO

En el análisis de la información, se determinó que el mes y el año afectan las condiciones ambientales y la productividad promedio de los animales expresada en kilogramos leche día⁻¹ animal⁻¹ (Cuadro 4).

En relación a la producción láctea promedio anual por animal, esta fluctúa entre 12,7 y 16,5, y presenta una tendencia a ir incrementando año tras año. La evaluación mensual (Cuadro 5), reflejó dos periodos de producción láctea, el de mayor producción entre enero y agosto y el segundo con una producción menor de setiembre a diciembre. Este comportamiento podría relacionarse a una mejor distribución de las lluvias y una mayor radiación, variables que favorecen la producción de forraje. Rangos similares de producción informan Pezo et al. (1999) al analizar la información de 13 años de un sistema de producción láctea de un hato del cruce criollo con Jersey bajo condiciones ambientales similares.

Cuadro 4. Comportamiento de la producción de leche diaria por animal y de las variables ambientales con respecto al año de evaluación

Año	N° Obs.	Producción de leche (kg/día)	Temperatura (° C/día)			Precipitación (mm/día)	Radiación (MJ/m ² /día)	Humedad Relativa (%/día)	
			Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima
2003	93	15,1	28,5	18,6	22,1	7,3	14,3	90,9	67,6
2004	821	14,3	28,5	18,2	22,0	8,0	15,3	89,5	65,1
2005	1559	14,1	28,6	18,5	22,2	7,9	14,7	89,3	64,7
2006	1657	13,6	27,2	18,6	22,1	8,1	16,6	87,1	67,1
2007	1560	14,6	28,1	18,3	22,2	8,1	16,2	89,1	65,8
2008	1560	12,7	27,9	17,9	22,0	8,2	15,3	90,3	65,9
2009	1560	12,3	27,3	18,4	21,9	7,9	16,2	92,0	67,4
2010	1560	14,4	28,1	18,3	22,2	9,0	15,4	93,1	68,5
2011	1560	16,5	28,4	18,9	22,0	7,5	16,9	93,0	69,7
2012	1560	15,7	27,8	18,0	21,9	7,2	16,6	93,7	69,3
2013	1560	15,8	27,9	18,4	22,3	5,3	17,0	93,7	69,1
2014	1560	14,5	28,5	17,9	22,6	5,8	16,8	87,3	65,6

Fuente: Elaboración propia.

B. PRECIPITACIÓN PLUVIAL

Al aumentar la precipitación, se da un aumento de la producción de leche en el ML-SDA. La producción láctea se incrementa en $0,98 \text{ kg día}^{-1} \text{ animal}^{-1}$ cuando la precipitación es mayor a 40 mm día^{-1} (3.928 observaciones evaluadas), lo que se traduce en más de 196 litros de leche por lactancia cuando la duración de la misma es superior o igual a los doscientos días. Este comportamiento podría relacionarse al índice de temperatura y humedad (ITH), ya que al aumentar la precipitación la temperatura baja y la humedad relativa aumenta, dando una relación menor a 72 en el ITH, valor que no condiciona al animal a situaciones de estrés (Kadzere et al. 2002). Es importante aclarar que el rango de precipitación analizado en el ML-SDA se encuentra entre 0 a 166 mm/día . Precipitaciones más altas y/o constantes pueden generar respuestas diferentes sobre la producción láctea por efectos directos sobre el animal o la disponibilidad de forraje.

Cuadro 5. Comportamiento de la producción de leche diaria por animal y de las variables ambientales con respecto al mes de evaluación durante los años 2006-2010.

Variable	Mes												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Producción (kg/día)	Promedio	14,4	14,7	14,7	14,2	14,7	14,6	14,4	13,9	13,2	13,2	13,1	12,8
Temperatura (°C/día)	Máxima	25,5	25,7	28,1	28,2	28,9	29,1	28,4	28,9	29,2	29,2	26,9	27,4
	Mínima	17,4	17,2	18,1	18,6	19,1	19,5	19,0	19,2	18,8	18,9	18,5	17,7
	Media	20,5	20,5	22,1	22,5	22,8	23,1	22,5	22,9	22,6	22,8	21,6	21,5
Precipitación (mm/día)	Promedio	13,0	10,5	4,5	5,4	9,3	8,8	6,6	5,6	10,4	7,5	11,2	3,9
Radiación (MJ/m ² /día)	Promedio	11,8	13,9	17,3	16,2	16,1	16,4	15,2	17,1	17,3	16,8	13,1	15,2
Humedad relativa (%)	Máxima	91,3	89,1	86,9	87,2	88,7	88,8	89,0	87,9	88,2	87,2	90,2	88,1
	Mínima	74,2	69,2	63,3	64,1	65,8	64,8	64,8	63,7	62,8	63,3	70,1	65,1

Fuente: Elaboración propia.

C. HUMEDAD RELATIVA (HR)

Según la información analizada, cuando el valor de HR es inferior al 80%, la producción de leche en el ML-SDA por animal aumenta (promedio de producción de $15,34 \pm 3,29$ litros. día^{-1}) ($p < 0,0001$). Pero, la producción de leche se reduce en $1,08$ litros día^{-1} animal $^{-1}$ cuando la HR es mayor a 80% pero menor al 87% ($p < 0,009$) y en el rango $>$ de 87% a $<$ al 95% la pérdida en producción se contabilizó en $1,19$ litros ($p < 0,01$). Los animales dejan de producir $1,75$ litros en promedio cuando la HR diaria es superior al 95% ($p < 0,0001$). Estas disminuciones en ciclos productivos de 200 días de producción reducen la productividad del animal en un rango de 216 a 350 litros de leche animal $^{-1}$, cuando los valores de HR superan el 80%. Estas mermas en producción se relacionan con el estrés calórico que sufren los animales producto de la interacción entre los valores de HR y la temperatura, los cuales se promediaron durante la toma de información en el ML-SDA, ya que según el índice de humedad y temperatura (ITH), cuando se alcanzan valores superiores a 72 en el ITH, que se obtienen a temperaturas mayores o iguales a 22 °C y HR altas, el animal se encuentra en un estado de estrés calórico (Smith et al. 2006). Esta situación se debe a la reducción de la evaporación por la poca capacidad de intercambio de calor que se puede realizar con el ambiente y el animal, cuando la HR es alta (West 1994). Además de la merma en producción de leche, se consideran otros indicadores de estrés calórico como la disminución en el consumo de materia seca y la reducción en la fertilidad de los animales (St-Pierre et al. 2003), mientras que a nivel clínico se asocia con el aumento en la temperatura rectal, la tasa cardíaca y la tasa respiratoria (Settivari et al. 2007).

Producción de forraje. Se genera información que relaciona las variaciones en las condiciones climáticas y la producción de forraje del pasto Estrella Africana. Se determinan efectos significativos para las variables de precipitación y la radiación sobre la producción de forraje en base seca. Se determinó el impacto de las condiciones climáticas (precipitación, temperatura, humedad relativa y radiación), sobre la producción de biomasa fresca y seca del pasto Estrella Africana durante el año 2012, con ciclos de pastoreo de 26 días, en el ML-SDA. Para tal fin, se realizaron muestreos de

disponibilidad de forraje mediante una técnica visual, para determinar la producción de forraje en un marco de 0,25 m². En relación a las condiciones ambientales registradas durante este año de investigación se obtuvo una temperatura promedio de 22,3±0,7 °C (20,6 a 23,2 °C), una humedad relativa de 93,5±0,6% (92,7 a 94,5 %), una precipitación promedio de 169,3±95,2 mm (72,6 a 381,4mm) y una radiación solar de 468,3±52,9 MJ/m² (387,7 a 561,8 MJ/m²). Al analizar la producción de forraje según el aparcamiento muestreado, se determinó una producción de biomasa fresca promedio de 18±2,9 t/ha, producción que fluctuó entre 11,8 a 23,8 t/ha. Mientras, el rendimiento en biomasa seca fue de 3,5±0,6 t/ha, con valores máximos y mínimos de 4,8 t/ha y 2,2 t/ha respectivamente.

7. MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA FOMENTAR LA VIABILIDAD AMBIENTAL DEL MÓDULO LECHERO

-Cosecha de agua llovida para el lavado de las instalaciones. Como resultado del proyecto 739-B2-077 “El recurso hídrico en sistemas de producción animal en Costa Rica” desarrollado en conjunto con el Centro de Investigación en Nutrición Animal, se determinó que el gasto de agua, solo en labores de limpieza de las instalaciones, contabilizaba el uso de 1.000 litros de agua por día (1 m³) (Figura 13). Por tal razón, la instalación de dos tanques de captación de agua llovida de 20 m³ permite al ML-SDA reducir el consumo de agua en 40%. Es decir, si al año se utilizaban 365 m³, con la implementación de esta actividad, se reduce el consumo en 146 m³.



Figura 13. Descripción de los tanques de captación de agua llovida en el ML-SDA y su aplicación en labores de limpieza.

Fuente: Elaboración propia

-Uso de calentadores solares para el lavado de equipo. Por las características climáticas que imperan en Turrialba, la implementación de estos tanques, para generar agua caliente a bajo costo, permite reducir el consumo de electricidad, durante los meses de poca precipitación, en 25% (Figura 14).



Figura 14. Descripción del tanque de calentamiento de agua por medio de la energía solar en el ML-SDA.

Fuente: Elaboración propia.

-Utilización de las aguas de lavado como biofertilizante. Para mantener un ambiente higiénico en las instalaciones estas son lavadas dos veces al día. Como estrategia de mitigación, la boñiga es recogida en seco y procesada por medio de lombrices para la obtención de un vermicompost. Posterior a la recolección de la boñiga, se procede a lavar las instalaciones, el agua de lavado, que contiene boñiga y la micción de los animales, es recolectada en una fosa, la cual, con ayuda de una tanqueta boñiguera, se aplica en los potreros durante todo el año. Esto permite utilizar el agua de lavado, como medio de riego a los potreros y aplicación de nutrimentos contenidos en la boñiga y la orina de los animales (Figura 15).



Figura 15. Descripción del tanque de captación de las aguas de lavado y la aplicación de estas en los potreros por medio de la tanqueta boñiguera en el ML- SDA. **Fuente:** Elaboración propia

-Transformación de la boñiga en vermicompost. Como medida para reducir el uso del agua en las labores de limpieza de las instalaciones del ML-SDA posterior a la permanencia de los animales, la boñiga es recogida y procesada por medio de la lombriz roja californiana, para obtener, el vermicompost. Esta actividad se realiza desde el año 1999 por iniciativa del Dr. Carlos Henríquez y el proyecto de investigación VI-510-99-537 "Tratamiento de los desechos sólidos y efluentes de una

finca lechera para obtención de abono orgánico y su aprovechamiento” del cual se obtiene una marca registrada de abono denominada Agrilom®.



Figura 16. Transformación de la boñiga de vacuno a vermicompost por medio de la lombriz californiana. **Fuente:** Elaboración propia.

-Uso de *Azospirillum sp.* como biofertilizante para la reducción de insumos sintéticos. En conjunto con el Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) y el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) se ejecutó el proyecto 739-B1-019 “Efecto de la aplicación de *Azospirillum sp.* en la producción de materia seca del pasto *Cynodon nlemfuensis* en un sistema de producción de leche”. El *Azospirillum sp.*, es una bacteria que presenta la capacidad de fijar nitrógeno y, mediante la simbiosis con las raíces del forraje, permite que este último pueda hacer uso del nitrógeno fijado. Se evaluaron 5 cepas y la mezcla de ambas. Se obtuvo que esta bacteria puede mantener producciones de biomasa fresca similares a las obtenidas bajo un sistema de fertilización sintética (Cuadro 6).

Cuadro 6. Respuesta en producción de biomasa fresca y seca del pasto Estrella Africana a la aplicación de tres cepas de *Azospirillum sp.*, abono orgánico y fertilizante sintético, durante el año 2011. **Fuente:** Elaboración propia

Tratamientos	Variables evaluadas					
	Producción de forraje (t. ha ⁻¹)				Porcentaje de materia seca (%)	
	Base fresca	p=	Base seca	p=		p=
Azospirillum sp. Cepa J1	20,30	0,0332	4,12	0,3268	20,73	0,0945
Azospirillum sp. Cepa J2	18,81		3,97		21,46	
Azospirillum sp. Cepa J3	16,94		3,71		22,72	
Azospirillum sp.						
Cepa 1/3(J1 J2 J3)	18,06		3,74		21,30	
Vermicompost	17,87		3,66		21,27	
Fertilizante sintético	20,87		4,16		20,54	

-Extracción manual de parásitos externos como medida de eliminación de residuos en leche y el suelo. Con el objetivo de evitar la presencia de sustancias residuales en la leche, como también, afectar poblaciones de insectos por aplicaciones de productos acaricidas, desde el año 2009 se implementó la extracción manual de garrapatas con un tamaño entre 5 y 10 mm del lado derecho del animal, debido a la comodidad que esta posición ofrece durante el ordeño de los animales. Como resultado de la implementación de esta actividad, se logró reducir el número de garrapatas repletas en los animales, al pasar de 5 garrapatas en promedio por animal a una. Además, permite reducir la ovoposición de las garrapatas en los potreros, y así, convivir con este parásito en el sistema (Figura 17). En relación al

control de los tórsalos, estos se extraen con la mano y luego de su retiro, se aplica violeta de genciana y extracto de pino, para favorecer la cicatrización y repeler a otros insectos que puedan generar infecciones (Figura 17).



Figura 17. Descripción del proceso de extracción de las garrapatas y tórsalos en el ML-SDA y cuantificación de la ovoposición de garrapatas adultas. **Fuente:** Elaboración propia.

-*Implementación del uso de la ECOWEDER® en la aplicación de herbicidas.* El objetivo de la implementación del uso de la ECOWEDER® procuró mejorar las condiciones del trabajador agrícola, al eliminar el peso de la bomba de espalda, al pasar de 20 kilos a 2 kilos (Figura 18). Este sistema consta de un tanque contenedor de productos de 2 litros de capacidad y una varilla que termina en una tela que se impregna de producto, la cual sirve para humedecer la arvense sin presentar deriva de producto (aplicación involuntaria a plantas aledañas). Entre las ventajas presentadas, se cita una relación horas/hectáreas aplicadas menor y dosificaciones altas a plantas específicas.



Figura 18. Descripción de la ECOWEDER® y su aplicación en el ML-SDA. **Fuente:** Elaboración propia.

8. ASPECTOS ECONÓMICOS Y DE INFRAESTRUCTURA DEL ML-SDA

a. Presupuesto del ML-SDA. Producto a la investigación y prácticas de manejo aplicadas en el Módulo, se obtiene un producto vendible, el cual se entrega en su totalidad a la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L.. Del producto de la vinculación remunerada externa (el presupuesto total de Módulo Lechero), sin contemplar el salario de los dos funcionarios asignados a esta unidad, se invierte el 79,18 % de los ingresos en labores propias del sistema (Figura 19). Es importante recordar, que el manejo de animales de interés zootécnico, como los semovientes para la producción de leche, es una actividad continua, ya que los animales de forma diaria requieren ser cuidados y la leche se produce de forma continua.

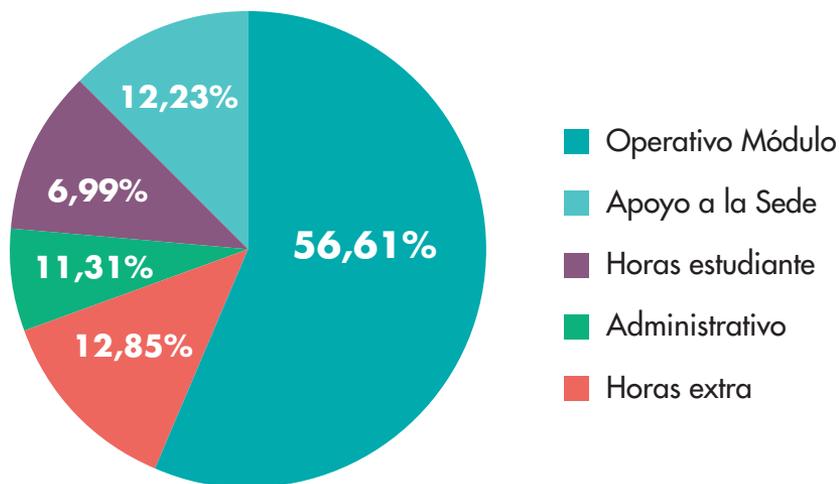


Figura 19. Descripción porcentual del presupuesto del ML-SDA para el año 2014. **Fuente:** Elaboración propia.

b. Equipo y herramientas. Se describe a continuación los equipos y herramientas que presenta el ML-SDA para un adecuado desarrollo de las actividades diarias en el manejo de los semovientes y el manejo del cultivo de forraje.

- | | | | |
|--|--------------|---|--|
| 1. Sierra de extensión | Placa 300153 | • | 14. Ecoweder® |
| 2. Motosierra | Placa 326937 | • | 15. Equipo de ordeño con dos estaciones, bomba de vacío y tanque de 1500 litros |
| 3. Motoguaraña | Placa 326938 | • | 16. Un tanque de agua calentado con energía solar con capacidad de 200 litros |
| 4. Dos Bombas de espalda | | • | 17. Un termo de semen |
| 5. Dos palines | | • | 18. Equipo para estabilizar animales para el recorte de garrapatas |
| 6. Dos Palas carrileras | | • | 19. Planta Eléctrica a base de diesel |
| 7. Dos pesadoras de leche marca Waikato | | • | 20. Un detector de celos |
| 8. Termo de agua caliente capacidad 50 litros | | • | 21. Una descornadora |
| 9. Cuatro cuchillos | | • | 22. Un foco Led |
| 10. Una Lima | | • | 23. Equipo de cerca eléctrica |
| 11. Una barra | | • | 24. Balanza con capacidad de 50 kg |
| 12. Una romana para pesar ganado | | • | 25. Una refrigeradora |
| 13. Un carretillo | | • | |

c. Inventario de Semovientes. El ML-SDA presenta un total de 42 semovientes al 13 de noviembre del 2014. De ellos, 16 animales están en ordeño, 5 animales están secos (no producen leche) y 21 animales están entre 2 y 26 meses de nacidos, los cuales en su momento se comporten como animales de reemplazo (Animal que se cría para sustituir a otro que se encuentra en producción). Este número de semovientes le permite al ML-SDA tener un capital de 5.700.000 colones netos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Descripción de la cantidad de semovientes presentes en el ML-SDA al 13 de noviembre del 2014. **Fuente:** Elaboración propia.

Animal	Sexo	Fecha de nacimiento	Precio	Observaciones
O401	Hembra	4/10/2001	¢100,000	Nacida en finca
O106	Hembra	1/3/2006	¢160,000	Nacida en finca
1307	Hembra	11/9/2007	¢170,000	Nacida en finca
O508	Hembra	4/12/2008	¢170,000	Nacida en finca
O908	Hembra	10/1/2008	¢170,000	Nacida en finca
1008	Hembra	10/14/2008	¢170,000	Nacida en finca
1208	Hembra	11/5/2008	¢170,000	Nacida en finca
O309	Hembra	5/23/2009	¢170,000	Nacida en finca
O409	Hembra	6/9/2009	¢170,000	Nacida en finca
O509	Macho	6/28/2009	¢100,000	Nacido en finca. Animal fistulado
O110	Hembra	1/22/2010	¢170,000	Nacida en finca
O510	Hembra	3/8/2010	¢170,000	Nacida en finca
O910	Hembra	7/8/2010	¢170,000	Nacida en finca
1010	Hembra	9/21/2010	¢170,000	Nacida en finca
1310	Hembra	11/18/2010	¢170,000	Nacida en finca
O211	Hembra	3/1/2011	¢170,000	Nacida en finca
O311	Macho	3/7/2011	¢100,000	Nacido en finca
O511	Hembra	4/18/2011	¢170,000	Nacida en finca
O611	Hembra	5/4/2011	¢170,000	Nacida en finca
O711	Hembra	5/19/2011	¢170,000	Nacida en finca
O911	Hembra	7/21/2011	¢170,000	Nacida en finca
1311	Hembra	11/2/2011	¢140,000	Nacida en finca
O412	Hembra	2/22/2012	¢150,000	Nacida en finca
O812	Hembra	4/9/2012	¢150,000	Nacida en finca
1012	Hembra	6/15/2012	¢150,000	Nacida en finca
1412	Hembra	8/2/2012	¢150,000	Nacida en finca

1612	Hembra	12/19/2012	¢150,000	Nacida en finca
1712	Hembra	12/22/2012	¢150,000	Nacida en finca
1812	Hembra	12/22/2012	¢150,000	Nacida en finca
O313	Hembra	3/5/2013	¢130,000	Nacida en finca
O713	Hembra	4/29/2013	¢130,000	Nacida en finca
O813	Hembra	5/7/2013	¢130,000	Nacida en finca
O913	Hembra	5/19/2013	¢130,000	Nacida en finca
1013	Hembra	7/21/2013	¢130,000	Nacida en finca
1113	Hembra	7/23/2013	¢130,000	Nacida en finca
1813	Hembra	12/1/2013	¢100,000	Nacida en finca
1913	Hembra	12/7/2013	¢100,000	Nacida en finca
2013	Hembra	12/11/2013	¢100,000	Nacida en finca
O214	Hembra	2/14/2014	¢50,000	Nacida en finca
O414	Hembra	2/20/2014	¢50,000	Nacida en finca
1014	Hembra	8/4/2014	¢25,000	Nacida en finca
1114	Hembra	8/16/2014	¢25,000	Nacida en finca

d. Infraestructura. Producto a la vinculación remunerada externa, la exoneración del 15% correspondiente al Fondo de desarrollo institucional de la Universidad de Costa Rica por la Vicerrectoría de Investigación, el apoyo de la administración de la Sede del Atlántico, las exdirectoras Dra. Margarita Bolaños y la Licda. Elizabeth Castillo, los exdirectores Ing. Carlos Calvo y Dr. Carlos Araya y el director Dr. Alex Murillo, se han logrado realizar las mejoras en las instalaciones durante estos 14 años. A continuación, se describen las mejoras en el recurso forrajero, la sala de ordeño, la sala de espera, la crianza de terneras y el área de parqueo.

-Mejora en el manejo del recurso forrajero. Se implemento el uso de cercas vivas con la intención de proporcionar sombra a los animales, propiciar el reciclaje de nutrientes, la fijación de carbono y la fijación de nitrógeno atmosférico. Además, se realizó la separación de los apartos en pastoreo de día y pastoreo de tarde-noche, con la intención de evitar el pisoteo de los animales y la pérdida de material aprovechable.

ANTES**DESPUÉS**

-Mejora en las condiciones para realizar el ordeño. Se mejoró la postura del ordeñador, lo cual permite que este preste atención a los detalles, que mejore la eficiencia durante la labor y mejore la productividad en el sistema. Ligado a esto, un mejor cuidado del ordeñador permite reducir los casos de sobreordeño, lo cual propicia la presencia de altos conteos de células somáticas que podría traducirse en una mastitis.

ANTES**DESPUÉS**

-Mejora en las instalaciones dedicadas a la crianza. Los reemplazos son el futuro del sistema de producción, por lo cual, toda mejora que permite mejorar el manejo nutricional, sanitario y el bienestar animal, se traduce en una mejor tasa de crecimiento y en un animal apto para la producción en un menor tiempo.

ANTES

DESPUÉS



-Mejora en las instalaciones. La sala de espera y producción de lombrices permite optimizar el manejo de los animales, la transformación de las excretas y la atención de visitantes.

ANTES



DESPUÉS



-Mejora del área de parqueo y recepción del camión recolector. Se genera área de recibimiento y atención de personas al Módulo Lechero.

ANTES**DESPUÉS**

9. VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD Y LA UNIVERSIDAD

Dentro de su vinculación con la comunidad, el Módulo Lechero participa en el desarrollo académico de estudiantes de los colegios técnicos agropecuarios de la zona, en la feria de San Buenaventura y en la atención de visitantes en sus instalaciones, donde se indica la forma de trabajar y la utilización de registros técnicos para la toma de decisiones. Para el desarrollo de esta actividad, se tiene caracterizado un recorrido titulado "Del forraje a la mesa", donde se indica todas las etapas desde que el animal consume el forraje y lo transforma en leche.

En el caso de la vinculación a lo interno de la universidad, el Módulo Lechero presenta una relación activa con la Facultad de Ciencias Agroalimentarias, por medio de sus escuelas de Zootecnia, Agronomía y Economía Agrícola, y con instancias de investigación como el Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA), el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) y la Unidad de Gestión Ambiental (UGA).

10. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Se recopila un total de 17 proyectos de investigación que se realizaron o están en ejecución en el espacio destinado al desarrollo de las actividades del ML-SDA, lo cual demuestra su participación como Unidad en la investigación aplicada que se desarrolla en la Sede del Atlántico.

-Proyecto VI-510-95-539. Efecto de la aplicación de compost sobre el crecimiento del cultivo del café en Juan Viñas

-Proyecto VI-510-99-537. Tratamiento de los desechos sólidos y efluentes de una finca lechera para obtención de abono orgánico y su aprovechamiento

-Proyecto VI-510-A4-109. El abono de lombriz como suplemento de nutrientes y mejorador de suelos para los cultivos.

-Proyecto VI-173-A5-008. Potencial de algunos abonos orgánicos para el combate de enfermedades en cultivos

-Proyecto VI-510-A5-103. Determinación de la composición nutricional y de extracción de nutrientes del pasto Camerún Rojo (*Pennisetum purpureum* var rojo) a tres edades de corte

-*Proyecto VI-510-A7-011*. Desarrollo de curvas de crecimiento en ganado Jersey en condiciones tropicales

-*Proyecto VI-510-A7-018*. Estudio preliminar de roedores pequeños en un sistema de producción lechero en Turrialba

-*Proyecto VI-739-A7-088*. Efecto de tres prácticas de manejo de los potreros sobre la composición nutricional del pasto y el contenido mineral del suelo

-*Proyecto VI-739-A9-035*. Utilización de medidores de clorofila para la estimación del contenido proteico de los pastos en campo

-*Proyecto ED-1762*. El Módulo Lechero, un lugar para aprender

-*Proyecto VI-510-A8-820*. Aprovechamiento de desechos. Empresa Auxiliar 027

-*Proyecto VI-739-B1-021*. Impacto de las condiciones ambientales sobre la composición de la leche de un hato Jersey en condiciones tropicales.

-*Proyecto VI-739-B1-019*. Efecto de la aplicación de *Azospirillum sp.* en la producción de materia seca del pasto *Cynodon nlemfuensis* en un sistema de producción de leche.

-*Proyecto VI-739-B2-082*. Condiciones ambientales y producción de forrajes del pasto Estrella Africana

-*Proyecto VI-739-B2-077*. El recurso hídrico en sistemas de producción animal en Costa Rica

-*Proyecto VI-739-B2-061*. El filtrado de la leche y su impacto en los contenidos de sólidos y el conteo de las células somáticas de la leche cruda.

-*Proyecto VI-739-B4-064*. Insumos utilizados en la producción de un litro de leche en ganado Jersey.

11. PUBLICACIONES

En este apartado se recopila 27 trabajos publicados o presentados que se realizaron en el ML-SDA o se desarrollaron con insumos provenientes de las labores propias del proyecto realizadas por el personal, asistentes o profesores en las áreas destinadas a instalaciones o de producción de forraje. Se recopilan 7 trabajos en la década de los ochentas, 2 en la de los noventa, del 2000 al 2010, se registran 14 trabajos y 4 del 2011 hasta la fecha.

1984-1989

ABARCA MONGE, S. 1985. Establecimiento de un sistema de manejo en la unidad de producción de leche en el Centro Universitario Regional del Atlántico. Práctica de Licenciatura Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 86 p.

ARCE ACHÍ, A. 1986. Evaluación técnica y económica de una parvada de ponedoras en Turrialba. Práctica de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 87 p.

HERNÁNDEZ ACOSTA, E. 1985. Evaluación económica en el periodo de inicio y desarrollo de pollas de remplazo para producción comercial de huevos. Práctica de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 56 p.

McLAREN WYNTH, E. 1987. Evaluación de la composición botánica y química de una pradera bajo el sistema de pastoreo rotacional. Práctica de Licenciatura. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. 62 p.

OBANDO FUENTES, X. 1988. Evaluación económica de una parvada de pollitas en inicio y desarrollo en nivel familiar. Práctica de Licenciatura. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. 55 p.

SOLANO RAMÍREZ, A. 1987. Evaluación económica y técnica de una parvada de aves en sus tres periodos en Turrialba. Práctica de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 85 p.

VILLEGAS RAMÍREZ, J. 1989 Evaluación técnica y económica de una parvada de 610 aves en las fases de inicio y desarrollo en Turrialba, Costa Rica. Práctica de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 95 p.

1990-1999

HENRÍQUEZ, C.; TAPIA, A.; UREÑA, V. 1997. Un modelo de manejo de residuos orgánicos urbanos y residuos agrícolas en el cantón de Turrialba, Costa Rica. En *Resúmenes del IV Congreso Interamericano sobre el Medio Ambiente*. Caracas. Venezuela, 8-11 de diciembre 1997.

ZÚÑIGA GÓMEZ, R. 1988. Características genéticas y reproductivas de un hato Jersey puro en la Zona Atlántica. Práctica de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 112 p.

2000-2009

CASTRO, A. 2005. Capacidad de algunos abonos y materiales orgánicos para suplir nitrógeno, fósforo y potasio. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 111 p

CASTRO, A.; HENRÍQUEZ, C. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. 33(1):31-43.

DURÁN UMAÑA, L. 2000. Calidad del vermicompost producido con *Eisenia foetida*, a partir de cinco sustratos orgánicos. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 76 p.

DURÁN, L.; HENRÍQUEZ, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1): 41-51.

DURÁN, L.; HENRÍQUEZ, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. En *V Congreso Nacional de Suelos*. San José, Costa Rica.

DURÁN, L.; HENRÍQUEZ, C. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33(2):275-281.

HENRÍQUEZ, C. 2007. El vermicompost y su efecto en las propiedades químicas del suelo. En *Memorias en disco compacto del V Congreso Nacional de Suelos "El suelo soporte de vida"*. Realizado el 29, 30 y 31 de Agosto del 2007. INBioparque, Santo Domingo, Heredia, Costa Rica.

HENRÍQUEZ, C. 2007. El vermicompost y su efecto en las propiedades químicas del suelo. En *V Congreso Nacional de Suelos*, San José, Costa Rica, y además en *XVII Congreso Latinoamericano*, León, México 2007.

HENRÍQUEZ, C. 2008. Planteamiento de una estrategia institucional para incorporar el componente ambiental en el quehacer académico de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica. En *I Congreso Ambiental*. San José Costa Rica. Febrero 2008.

HENRÍQUEZ, C.; MORA, L.; TAPIA, A. 2003. Tratamiento de los desechos sólidos y efluentes en una finca lechera. En *Memorias de las Jornadas Académicas*, Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. San Pedro, Costa Rica.

HIDALGO, M. 2009. Efecto del vermicompost sobre el cultivo del chile dulce (*Capsicum annum*) y su interacción con *Phytophthora capsici*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 122 p.

VILLATORO, M.; HENRÍQUEZ, C.; SANCHO, F. 2007. Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación de pH, Ca, CICE y P en el suelo. En *V Congreso Nacional de Suelos*. San José, Costa Rica.

WINGCHING-JONES, R.; MONGE-MEZA, J.; PÉREZ-SALAS, R. 2009. Roedores pequeños en un sistema de producción de ganado lechero. *Agronomía Mesoamericana* 20(2): 127-133.

WINGCHING-JONES, R.; PÉREZ, R.; SALAZAR, E. 2008. Condiciones ambientales y producción de leche de un hato de ganado Jersey en el trópico húmedo: el caso del Módulo Lechero-SDA/UCR. *Agronomía Costarricense* 32 (1): 87-94.

2010-2014

ARIAS-REVERON, J.; CALVO, C.; CHAVES, N.; GRANADOS, M. M.; ROJAS, J.; URIBE-LORÍO, L.; WINGCHING-JONES, R. 2012. Uso de indicadores para determinar la sustentabilidad de tres proyectos productivos de universidades en Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED* 4(2): 203-212.

CASTRO, L.; FLORES, L.; URIBE, L. 2011. Efecto del vermicompost y quitina sobre el control de *Meloidogyne incognita* en tomate a nivel de invernadero. *Agronomía Costarricense* 35(2): 21-32

DURÁN, L.; HENRÍQUEZ, C. 2010. El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agronomía Mesoamericana* 21(1): 85-91.

WINGCHING-JONES, R.; MORA-CHAVES, E. 2013. Composición de la leche de bovinos antes y después del filtrado. *Agronomía Mesoamericana* 24(1): 203-207.

12. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista económico, los sistemas de producción de leche se pueden categorizar de dos maneras: el primero de altos insumos para producir mayor cantidad de leche y diluir los costos y el segundo de bajos insumos y obtener una mayor ganancia por litro producido. El ML-SDA se encuentra en la segunda categoría, pues optimiza el uso del recurso forrajero como fuente de alimento más barata y el uso de alimentos balanceados como activador ruminal y estrategia de manejo a la hora del ordeño.

El ML-SDA es una unidad de producción compatible con la investigación, docencia y acción social. La recolección de información de forma semanal y su posterior evaluación generan indicadores productivos y reproductivos que sirven para analizar la situación actual del ML-SDA, ya que al ser una actividad cíclica y fluctuante entre año y año, solo se podrían comparar a nivel de índices totales y no por tendencias, ya que para ver un efecto de una práctica de manejo o alimenticia aplicada en producción o reproducción de los animales se debe de esperar como mínimo un año para cuantificar su efecto.

Las características bromatológicas son muy constantes, las cuales varían por efectos de nivel de producción, ya que al producir un menor volumen de leche se encuentra una mayor concentración del sustrato (grasa, sólidos totales, lactosa y proteína). Una de las técnicas para incrementar la cantidad de sólidos totales en la leche es la adición de alimento balanceado en mayor cantidad, el inconveniente es el alto costo que presentan este rubro en el presupuesto del módulo, aproximadamente el 50%.

La calidad de la leche producida en el ML-SDA presenta altos estándares de inocuidad definidos por la Cooperativa Productora de Leche Dos Pinos R.L.. En los casos que se presentaron picos en el conteo bacteriano se relacionan a causas fuera del control de los funcionarios del ML-SDA, más bien por falta de insumos para laborar, por atrasos en las compras de los productos, como también desperfectos

en los equipos presentes. En relación al conteo de células somáticas, es una variable de evaluación que es afectada por características propias de los animales como también ambientales (temperatura y humedad relativa). Dentro de los factores inherentes al animal, se incluyen la edad, estado fisiológico, nivel de producción, raza, entre otros.

El manejo reproductivo del ML-SDA presenta problemas en la edad a primer parto de los reemplazos y el periodo abierto, los cuales afectan de forma directa el rendimiento productivo de los animales. El principal vector que aumenta el periodo abierto es el número de inseminaciones por animal para alcanzar una preñez, mientras que la EPP es un problema de manejo de los animales, tanto sanitario como alimenticio.

13. BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, I. 2001. Costos de producción de novillas Holstein a primer parto en lecherías especializadas en la zona media de San Carlos y tiempo de retorno en la inversión. Tesis de licenciatura. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica.

ARIELI, A.; RUBINSTEIN, A.; MOALLEM, U.; AARÓN, Y.; HALACHMI, I. 2004. The effect of fiber characteristics on thermoregulatory responses and feeding behavior of heat stressed cows. *Journal of Thermal Biology* 29: 749–751.

BARASH, H.; SILANIKOVE, N.; SHAMAY, A.; EZRA, E. 2001. Interrelationships among ambient temperature, day length and milk yield in dairy cows under a Mediterranean climate. *J. Dairy Sci.* 84: 2314-2320.

BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLE, J. 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.* 90:1947–1956

COLLIER, R.; DAHL, G.; VAN BAALE, J. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:1244–1253

FREITAS, A.; MILAGRES, J.; TEIXEIRA, N.; CASTRO, A. 1991. Produção de leite em um rebanho leitero mestiço. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 20 (1): 80-89.

GARCIA-ISPIERTO, I.; LÓPEZ-GATIUS, F.; BECH-SABAT, G.; SANTOLARIA, P.; YANIZ, J.; NOGAREDA, C.; DE RENSIS, F.; LÓPEZ-BÉJAR, M. 2007. Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain. *Theriogenology* 67: 1379–1385.

GONZÁLEZ, N. 1995. Comportamiento de la producción de leche acumulada de vacas Holsteins y Jersey en hatos de la meseta central. Tesis de licenciatura. Universidad de Costa Rica. Costa Rica 47 pp.

- JIMÉNEZ, A.; MONTENEGRO, V.; HERNÁNDEZ, J.; DOLZ, G.; MARANDA, L.; GALINDO, J.; EPE, C.; SCHNIEDER, T. 2007 Dynamics of infections with gastrointestinal parasites and *Dictyocaulus viviparus* in dairy and beef cattle from Costa Rica. *Veterinary Parasitology* 148: 262–271
- JORDAN, E. 2003. Effects of heat stress on reproduction. *J. Dairy Sci.* 86:(E.Suppl.):E104–E114
- NASSUNA-MUSOKE, G.; KABASSA, J.; KING, M. 2007. Response of Friesian cows to microclimate on small farms in warm tropical climates. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 6 (7): 899-906.
- PEZO, D.; HOLMANN, F.; ARZE, J. 1999. Evaluación bioeconómica de un sistema de producción de leche basado en el uso intensivo de gramíneas fertilizadas, en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23(1):105-117
- RIVERA, A. 2000. Determinación del retorno de la inversión en la crianza de novillas Jersey a primer parto en la zona de altura de la meseta central de Costa Rica. Tesis de licenciatura Universidad de Costa Rica. 101 pp
- SALAZAR, O. 1998. *La Sede Regional del Atlántico. XXV Aniversario de su creación. 1971-1996.* Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- SÁNCHEZ, J.; VILLAREAL, M.; SOTO, H. 2000. Caracterización nutricional de los componentes forrajeros de cuatro asociaciones gramíneas/*Arachis pintoi*. *Nutrición Animal Tropical* 6 (1):1-22
- SAS 2003. SAS 9.1.3 for Windows. Service Pack 4. Win_Pro plataforma. Copyright (c) 2002-2003 by SAS Institute Inc. Cary NC.USA.
- SETTIVARI, R.; SPAIN, J.; ELLERSIECK, M.; BYATT, J.; COLLIER, R.; SPIERS, D. 2007. Relationship of thermal status to productivity in heat-stressed dairy cows given recombinant bovine somatotropin. *J. Dairy Sci.* 90:1265–1280.

SMITH, T.; CHAPA, A.; WILLARD, S.; HERNDON, C.; WILLIAMS, R.; CROUCH, J.; RILEY, T.; POGUE, D. 2006. Evaporative tunnel cooling of dairy cows in the southeast II: Impact on lactation performance. *J. Dairy Sci.* 89:3915–3923

STATA 2003. *Statatm 8.0. Statistics/Data analysis. Special edition.* Copyright 1984-2003. Stata Corporation .4905 Lakeway Drive College Station, Texas 77845, USA.

St-PIERRE, N.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. 2003. Economic losses from heatstress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.* 86:(E. Suppl.):E52–E77

TAPKI, I.; AHIN, A. 2006. Comparison of the thermoregulatory behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment. *Applied Animal Behaviour Science* 99: 1-11.

TUCKER, C.; ROGERS, A.; SCHUTZ, K. 2007. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in pasture-based system. *Applied Animal Behaviours Science.* Doi: 10.1016/j.applanim.2007.03.015.

VALERÍN, J. 1997. Caracterización fenotípica y evaluación genética de reproductores Jersey para producción láctea, días abiertos, intervalo entre partos y edad al primer parto. Tesis de licenciatura. Universidad de Costa Rica. 125 pp.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J.; GEURTS, T. 2006. *Dairy Science and Tecnology.* 2 ed. Taylor & Francis Group. LLC. USA, 78 p.

WEST, J. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86:2131–2144.

MÓDULO LECHERO
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN
SEDE DEL ATLÁNTICO
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



75
ANIVERSARIO
UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

