



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y BIOLÓGICAS  
CARRERA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y  
ZOOTECNIA

“ESTANDARIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE MEDIANTE  
MÉTODOS ALTERNATIVOS AL REGISTRO ESTÁNDAR EN  
VACUNOS LECHEROS”

Trabajo de Investigación para optar el grado académico de:  
Bachiller en Medicina Veterinaria y Zootecnia

Presentado por:

Frank Hildemaro Veramendi Nina (0000-0001-5674-1498)

Asesor:

Mg. Jorge Luis Vilela Velarde (0000-0003-0015-6323)

Lima - Perú

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE BACHILLER**

Lima, 27 de enero del 2021.

Los integrantes del Jurado del Trabajo de Investigación:

Presidente: <b>Dr. MANUEL EFRAIN ROSEMBERG BARRÓN</b>
Miembro: <b>Mg. SARA MILAGROS DEL PILAR CORNEJO MONZON</b>
Miembro: <b>M.V. MILENA PAOLA MONTENEGRO VEGA</b>

Se reúnen para evaluar el trabajo de investigación titulado:

**“ESTANDARIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE MEDIANTE MÉTODOS ALTERNATIVOS AL REGISTRO ESTÁNDAR EN VACUNOS LECHEROS”**

Presentada por:

**FRANK HILDEMARO VERAMENDI NINA**

Para optar el Grado Académico de Bachiller en **Medicina Veterinaria y Zootecnia**

Asesorada por: **Mg. JORGE LUIS VILELA VELARDE**

Luego de haber evaluado el informe final del trabajo de investigación y evaluado el desempeño de la egresada de la carrera de **Medicina Veterinaria y Zootecnia** en la sustentación, concluyen de manera unánime (--) por mayoría simple (X) calificar a:

Egresado: <b>FRANK HILDEMARO VERAMENDI NINA</b>	Nota (en letras): <b>Diecisiete</b>
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena ( x )
Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



**Dr. MANUEL EFRAIN ROSEMBERG BARRÓN**  
Presidente



**Mg. JORGE LUIS VILELA VELARDE**  
Asesor



**Mg. SARA MILAGROS DEL PILAR CORNEJO  
MONZON**  
Miembro 1



**M.V. MILENA PAOLA MONTENEGRO VEGA**  
Miembro 2

## AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a Dios por brindarme salud, sabiduría y fortaleza a lo largo de los años, y poder culminar con éxito una etapa más de mi vida.

Segundo, agradecer a mis padres y hermanos por sus apoyo y consejos para seguir adelante y poder cumplir mis metas trazadas. Sin ustedes no lo hubiese podido lograr.

Tercero, agradecer a mi asesor Jorge por su apoyo, paciencia y consejos brindados para la culminación de esta monografía.

Finalmente, agradecer Magaly Flores por su cariño y apoyo incondicional en los momentos más difíciles de la elaboración de este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN.	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	6
2.1. Producción de leche mundial y nacional.	6
2.2. Registro de producción de leche.	12
2.3. Métodos de registro lechero.	18
2.3.1. Método de registro estándar o mensual o A4.	21
2.3.2. Métodos de registro alternativos.	23
2.3.2.1. Método de registro semanal o A1.	23
2.3.2.2. Método de registro de 2 semanas o A2.	23
2.3.2.3. Método de registro de 8 semanas o A8.	23
2.3.2.4. Método de registro de 9 semanas o A9.	24
2.3.2.5. Método de registro parcial AM o PM.	27
2.4. Eficiencia de estandarización de producción de leche mediante diferentes métodos de registro.	29
3. CONCLUSIONES.	34
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	35

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N.º 1. Producción de leche a nivel mundial por continentes.	7
Tabla N.º 2. Promedio vacas en ordeño y diario general de control lechero en Lima por año.	9
Tabla N.º 3. Producción de leche según cuenca lechera por año.	10
Tabla N.º 4. Producción de leche mensual, anual y 305 días de Servicio Oficial de Productividad Lechera por año.	14
Tabla N.º 5. Ranking de los mejores establos de la Cuenca lechera de Lima inscritos en el Servicio Oficial de Productividad Lechera, 2018.	16
Tabla N.º 6. Ranking de producción de leche de la raza Holstein del Control Lechero Uruguayo, 2018.	17
Tabla N.º 7. Entidad de registro y control lechero por país e intervalo entre registros.	18
Tabla N.º 8. Responsable del registro de producción, frecuencia de registro, frecuencia de muestreo de leche y número de ordeños.	20
Tabla N.º 9. Factores de corrección a edad adulta para lactaciones de 305 días.	22
Tabla N.º 10. Métodos e intervalos de registros o muestras de producción de leche.	24
Tabla N.º 11. Resumen de precisión y correlación por método de registro.	33

## RESUMEN.

La producción de leche a nivel nacional y mundial ha presentado un incremento a lo largo de los años debido al mejoramiento genético, infraestructura, programas de alimentación y reproducción en sus animales. El registro de la producción es un elemento básico, fácil de usar y no invasivo que se ha aplicado en muchos establos lecheros a lo largo de los años. Es una herramienta importante para mejorar la eficiencia y la genética de los animales generando una mayor rentabilidad. El registro de leche estándar se ha utilizado con mayor frecuencia, debido a que presenta una alta precisión (91%) para estandarizar la campaña de lactación. Sin embargo, puede ser un método muy costoso para algunos productores además de generar retrasos e interrupciones al momento del ordeño. Por otro lado, los métodos de registros alternativos al registro estándar pueden estimar la producción de leche a los 305 con suficiente precisión, además, presentan un menor costo y son una opción importante donde el control de producción de leche no se realiza con regularidad. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión bibliográfica es dar a conocer el método de registro lechero adecuado y preciso para estandarizar la producción de leche en comparación con el método de registro estándar de 4 semanas.

**Palabras clave:** Producción de leche, registros de producción, estandarización, vacas lecheras.

**ABSTRACT.**

Milk production at the national and global level has increased over the years due to genetic improvement, infrastructure, feeding and reproduction programs in their animals. Production records is easy-to-use, non-invasive staple that has been applied in many dairy farms over the years. It is an important tool to improve the efficiency and genetics of the animals, generating greater profitability. The standard milk record has been used more frequently, due to its high precision (91%) to standardize the lactation. However, it can be a very expensive method for some producers in addition to creating delays and interruptions at the time of milking. On the other hand, alternative recording methods to the standard recording can estimate milk production at 305 with sufficient precision, in addition, they present a lower cost and are an important option where milk production control is not performed regularly. Therefore, the aim of this literature review is to present the appropriate and accurate dairy recording method to standardize milk production compared to the standard monthly recording method.

**Keywords:** Milk production, production records, standardization, dairy cows.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La producción de leche a nivel nacional en la última década se ha duplicado presentando un crecimiento promedio anual superior al 5 % (Pallete *et al.*, 2018). Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MINAGRI), señala que la producción de leche fresca en el año 2018 alcanzó 2´066 364 toneladas con un crecimiento anual del 2.6 % con respecto al año 2017. (MINAGRI, 2019c), generando mayores ingresos económicos y oportunidades de empleo a los productores y mejorando los estándares nutricionales de las personas (Quddus, 2012).

La representación gráfica de la producción de leche en el tiempo se conoce como curva de lactación (Ural y Koskan, 2014), la cual contribuye a comprender los sistemas de producción y el pronóstico de la producción lechera (Espasandin *et al.*, 2016; Apaza *et al.*, 2016). La producción de leche puede predecirse a través de numerosas funciones matemáticas con diferentes grados de ajuste (Cañas *et al.*, 2011), y se utilizan para evaluar las características de la curva, el rendimiento temprano y máximo de leche, la persistencia y el rendimiento de lactancia total. (Ribeiro da Gloria *et al.*, 2012).

La persistencia es considerada una característica muy importante en la curva de lactación y de alto interés en la ganadería lechera (Torshizi *et al.*, 2018), la cual se define como la capacidad de mantener la producción de leche después del rendimiento máximo (Cobuci *et al.*, 2007). Bouallegue y M'Hamdi (2019), señalaron que las vacas con menor persistencia son poco deseables y se detectarán fácilmente con la curva de lactancia. Los productores realizan la selección de animales con picos menos pronunciados y una mayor persistencia (Torshizi *et al.*, 2018). Las vacas más persistentes contribuyen a un



mayor retorno económico, una reducción en el costo de la alimentación (Dekkers *et al.*, 1998) y reducción del costo de la salud debido a un menor desbalance energético provocado por una menor demanda de nutrientes para la producción de leche (Harder *et al.*, 2006). La producción de leche predicha y los planes de manejo dependen de la eficiencia del método de registro y precisión del cálculo del rendimiento (Cankaya *et al.*, 2011).

Los establos lecheros están implementando cada vez más el registro de producción de leche (Grzesiak *et al.*, 2006). Estos son útiles para evaluar la alimentación, mejora genética, actividad reproductiva y la productividad (Silva, 2017). El Comité Internacional para el Registro de Animales o International Committee for Animal Recording (ICAR) por sus siglas en inglés establece los métodos de registro de producción de leche, donde el método de referencia de 4 semanas o estándar es útil para estimar la campaña lactación (ICAR, 2021c). Cankaya *et al.* (2011), determinaron que el método de registro estándar predijo la producción de leche a los 305 días con una precisión ( $r^2$ ) del 91%, siendo útil para la toma de decisiones de manejo y mejoramiento genético en el establo lechero.

Muchos investigadores actualmente buscan nuevas alternativas al registro estándar por considerarse muy costoso y por generar una interrupción en la rutina de ordeño (Gantner *et al.*, 2009). Un menor número de registros en la etapa de lactación puede predecir la producción de leche a los 305 días con suficiente precisión (Naranchuluum *et al.*, 2011). Sin embargo, antes de utilizar cualquier método de registro alternativo, es primordial evaluar primero el impacto de la precisión para estimar la producción de leche en el tiempo (Berry *et al.*, 2005).

Para establecer una industria lechera sostenible, es necesario desarrollar y adaptar un método de registro de leche adecuado para que los productores tomen decisiones de los programas de nutrición, manejo y mejora genética (Ghosh y Khan, 2014). Por lo tanto, el objetivo de esta revisión bibliográfica es dar a conocer el método de registro lechero adecuado y preciso para estandarizar la producción de leche en comparación con el método de registro estándar de 4 semanas. Además, los métodos de registro con mayor precisión pueden ser una herramienta valiosa para poder aplicarlo en el Perú.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

### 2.1. Producción de leche mundial y nacional.

#### *Producción de leche a nivel mundial.*

Según Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), señala que la producción de leche a nivel mundial para el año 2015 alcanzó 805 millones de toneladas, siendo el continente de Asia el principal productor (FAO, 2015a). De igual manera, en un informe de la Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO), informaron que la producción de leche entera cruda en el año 2019 alcanzó los 852 millones de toneladas, con un incremento del 1.4% con respecto al año 2018, a consecuencia del incremento en la producción de leche en países como India, Pakistán, Brasil, Unión Europea y Rusia (FAO, 2020b).

En el Tabla N.º 1 se observa la producción de leche a nivel mundial por continentes, donde Asia fue el primer productor con 346.9 millones de toneladas, seguida de Europa y América del Norte con una producción de 226.4 y 108.6 millones de toneladas respectivamente. La producción de leche en América del Sur alcanzó 64.4 millones de toneladas con un incremento de producción en los países de Argentina, Brasil y Chile. Además, los continentes de África, Oceanía, Centroamérica presentaron una menor producción de leche a nivel mundial.

Tabla N.º 1. Producción de leche a nivel mundial por continentes.

<b>Producción de leche</b>	
Continentes	(Millones de toneladas)
Asia	346.9
Europa	226.4
América del Norte	108.6
América del Sur	64.4
África	45.3
Oceanía	38.3
América Central y el Caribe	15.6

FAO, 2019; FAO, 2020

La Unión Europea, India, Estados Unidos, China y Pakistán son los mayores productores de leche a nivel mundial (OCDE/FAO, 2018). La Unión Europea para el año 2018 alcanzó una producción de 172,2 millones de toneladas presentando un aumento anual de 1,6 millones de toneladas con respecto al año 2017 (Eurostat, 2018), donde los países de Alemania, Francia, Reino Unido, Países Bajos, Polonia e Italia son los mayores productores de leche (Bórawski et al., 2020). De igual manera, el Departamento de Ganadería y Lechería (DADF) (Department of Animal Husbandry and Dairying por sus siglas en inglés) en su informe indicó que, India presentó una producción de leche de 187.7 millones de toneladas con un incremento del 6.5 % con respecto al año 2017 (DADF, 2019), el incremento de la producción de leche se debió a la demanda interna de productos lácteos y el uso de métodos de reproducción animal (FAOb, 2020). Asimismo, la producción de leche en Pakistán alcanzó un crecimiento del 3 % en los últimos años (FAO, 2019a). India y Pakistán, y Europa occidental representaron el 47% de la producción de leche a nivel mundial en año 2018 (Hemme, 2019).

Por otro lado, la producción de leche en Estados Unidos para el año 2019 fue de 94.3 millones de toneladas presentando un incremento del 0.6 % con respecto al año 2018 (United States Department of Agriculture, 2020). Asimismo, China en el año 2019 tuvo un incremento en la producción de leche de 0.9 %, como resultado de mejoras en la alimentación y del incremento en la eficiencia de los establos (FAO, 2020b). La producción de leche de los países desarrollados y en desarrollo presentarán un incremento de 10% y 34 % respectivamente para el año 2026 según predicción de FAO (2017b).

*Producción de leche a nivel nacional.*

La leche representa uno de los productos más importantes del mercado agrario (Simo *et al.*, 2016). Es un alimento irremplazable (Brousett *et al.*, 2015) que contiene 3.1 g de proteínas, 3.5 g de grasas, 4.9 g de carbohidratos, vitaminas (28 ug de Vitamina A, 0,20 mg de Riboflavina y 0,05 mg de Tiamina) y minerales (106 mg de Calcio y 96 mg de Fósforo) (Ministerio de Salud, 2017), por cada 100 g, los cuales son útiles para el crecimiento y desarrollo de las personas (Rozenberg *et al.*, 2016). El consumo per cápita de leche en el Perú fue de 87 kg/persona/año, mostrando un incremento anual de 2.8% desde los años 2007-2016 (MINAGRI, 2017b). Sin embargo, el consumo de leche en el Perú esta aun por debajo a lo recomendado por la FAO (120 kg/persona/año) (FAO, 2017c).

La producción de leche entera cruda en el Perú creció constantemente desde el periodo 2005 al 2015 con un aumento de producción de 1.24 millones

a 1.90 millones de toneladas al año, de igual manera, la producción promedio de leche en ordeño tuvo un crecimiento pasando de 4.79 a 5.85 kg/vaca/día (MINAGRI, 2017a). El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), señala que la producción de leche el año 2016 alcanzó 156 mil toneladas presentando un incremento del 2.9 %, a consecuencia de un mayor número de cabezas de ganado y mayor rendimiento en ordeño (INEI, 2016). Según MINAGRI (2020d), informaron que la producción de leche en el año 2019 presentó un crecimiento del 3% con respecto al año 2018 alcanzado 2' 129 366 toneladas.

En la Tabla N.º 2. Se detalla el crecimiento de la producción de leche de vacas en control lechero en Lima. El promedio de vacas en ordeño presentó una tendencia creciente pasando de 25.7 a 30.4 kg de leche, de igual manera, la producción promedio diario general presentó un incremento de 22.1 en el año 2009 a 27.3 kg en el año 2018.

Tabla N.º 2. Promedio vacas en ordeño y diario general de control lechero en Lima por año.

<b>Año</b>	<b>Nº de establos</b>	<b>Nº de vacas</b>	<b>Promedio vacas en ordeño (Leche kg)</b>	<b>Promedio diario general (Leche kg)</b>
2009	24	8175	25.7	22.1
2010	23	7579	26.5	22.9
2011	21	7121	27.9	24.6
2012	19	7292	27.2	24.6
2013	20	6846	27.6	24.8
2014	19	6769	28.6	25.7
2015	21	7150	28.6	25.7
2016	20	7270	28.4	24.5
2017	18	7167	28.7	25.2
2018	20	6709	30.4	27.3

Servicio Oficial de Productividad Lechera, 2020

La producción de leche en las principales cuencas de Cajamarca, Lima y Arequipa presentaron un incremento constante en la última década (Tabla N.º 3). Las cuencas lecheras producen el 60% de leche a nivel nacional (Pallette *et al.*, 2018), seguida de las regiones La Libertad, Cusco y Puno que presentaron una menor producción de leche. Las tres principales cuencas en el año 2015 alcanzaron una producción de 345.0, 342.8 y 335.5 miles toneladas de leche respectivamente, además, el rendimiento de leche en ordeño alcanzó un incremento del 1.5% pasando de 4.7 Kg a 5.8 kg.

Tabla N.º 3. Producción de leche según cuenca lechera por año.

<b>Cuencas</b>	<b>Producción de leche</b> (miles de toneladas)		
	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>
Cajamarca	246.5	303.4	345.0
Lima	249.9	306.9	342.8
Arequipa	333.4	355.0	335.5
<b>Total</b>	<b>829.8</b>	<b>9653</b>	<b>1023.3</b>

MINAGRI, 2017

La leche producida a nivel nacional es destinada principalmente a dos mercados diferenciados para su transformación y posterior distribución. La leche es vendida principalmente a grandes y pequeñas agroindustrias lácteas y queserías artesanales (Brouset *et al.*, 2015). Las plantas procesadoras de productos lácteos como queso, mantequilla y yogurt, varían en tamaño y tecnología, existiendo en su mayoría plantas informales (Gamboa y Mercado, 2015; Hernández *et al.*, 2019).



Por otro lado, la producción de leche representa un factor importante en la eficiencia económica. (Novakovic *et al.*, 2014). El crecimiento económico en el Perú ha generado un ambiente favorable para la producción y comercialización de leche hacia el mercado interno y externo (Bueno, 2017). Zapata, (2017), señala que el Perú exporta principalmente leche evaporada a países en desarrollo como Haití y República dominicana debido a que carecen de cadena de frío, y la exportación anual de leche evaporada en el 2017 se incrementó un 4.7 % con respecto a los años anteriores (MINAGRI, 2017a). De igual manera, la importación de leche en polvo presentó un crecimiento promedio de 5,8% por año durante el periodo 2002 al 2015 (Rospigliosi & Suárez, 2018). La importación de leche en polvo en el año 2015 provino de 14 países, donde Nueva Zelanda y Estados Unidos presentaron el mayor porcentaje de importación con el 54.7 % y 28. % respectivamente, seguido de Francia y Argentina. (MINAGRI, 2017a). La venta de leche representa un ingreso económico importante al productor el cual es útil para la compra de alimentos, y este ingreso depende del precio de venta (Claire & Hubert, 2009) y el costo de producción de la leche (0.867 soles/Kg) (Alvarado, 2015).

La producción de leche a nivel mundial presenta una tendencia creciente debido a mejoras en la alimentación, instalaciones, métodos de producción y reproducción (FAO, 2020b). Por otro lado, la producción de leche en el Perú ha mostrado tendencias favorables debido al crecimiento económico y el intercambio vertical con otros países, además, del incremento en la productividad por vaca, la ampliación de rutas de acopio y la importación de vacas lecheras. (Espinoza, 2012).



## 2.2. Registro de producción de leche.

La primera información histórica sobre el registro de leche se remonta a Francia, donde se llevaron a cabo los primeros ensayos a gran escala entre 1900 y 1910 (ICAR, 2021b). El método de registros a nivel mundial no se encontraba bien reglamentada, especialmente en lo referente a los intervalos entre controles, y con el paso de los años se establecieron asociaciones internacionales con la misión de establecer las metodologías de los controles, sus cálculos y entrega de resultados (Silva, 2017).

El registro de la producción de leche es un elemento básico para el manejo y mejoramiento de los animales en el establo. La organización del ICAR, desde 1984, tiene como objetivo evaluar a los animales estableciendo pautas específicas para su identificación, registro de parentesco y desempeño para luego publicar sus hallazgos (ICAR, 2021c), además, promueve la estandarización del registro de animales y la evaluación de la producción de leche (Besbes, 2016). El ICAR en los últimos 15 años ha mejorado en la cantidad y calidad de sus servicios, convirtiéndose en una organización internacional conformada por 87 organizaciones procedentes de 51 países (ICAR, 2014a).

El registro de producción de leche brinda al productor la posibilidad de conocer la cantidad estimada de producción de leche de cada uno de sus animales (Zuluaga, 2019). El registro lechero es un método no invasivo, fácil de hacer, accesible para los productores y asesores de la industria lechera (Cook y Green, 2016). El pesaje de leche y el manejo de registros puede convertirse en una

herramienta valiosa en la toma de decisiones y manejo del establo (Quijano, 2013), estableciendo líneas de mejoramiento genético en los animales y ayudando a identificar las fortalezas y debilidades del establo para optimizar la producción de leche del rebaño (Silva, 2017).

Los establos presentan diferentes esquemas de ordeño y métodos de registro de leche, obteniendo un gran número de registros por día (Klopčič *et al.*, 2003). El registro de leche en vacas se realiza varias veces durante la etapa de lactancia, registrando los pesos en la mañana y la tarde para así obtener una muestra representativa del ordeño (McParland *et al.*, 2019). La producción de leche registrada en un periodo de 24 horas se le conoce como día de prueba (Schaeffer y Jamrozik, 1996; Tonhati *et al.*, 2008). Los registros realizados en 24 horas son muy útiles para predecir la producción de leche en ganado vacuno (ICAR, 2021c). Sin embargo, registrar la producción de leche de cada animal durante el periodo de lactancia puede ser difícil, incluso, si los productores realizan el registro, generalmente está incompleto (Naranchuluum *et al.*, 2011; Gupta *et al.*, 2016). Los registros incompletos dificultan predecir la producción de leche durante un período de lactancia (Indrijani *et al.*, 2019).

El registro lechero en el Perú tiene su inicio en el año en 1950 por la Universidad Nacional Agraria La Molina, el Ministerio de Agricultura y la Asociación de Ganaderos de la Cuenca de Lima, con la finalidad de evaluar la productividad de las vacas lecheras. Con el paso de los años, se hace necesario la creación de una entidad nacional de control, es así que, a partir de 1985, se crea el Servicio Oficial de Productividad Lechera (SOPL) bajo la Resolución

Ministerial N°094-80-PM-ONAJ (SOPL, 2016; Silva, 2017). El SOPL tiene como objetivo elevar la eficiencia de la producción lechera en el país mediante la colección, el análisis y el procesamiento de registros de la producción de leche, porcentaje de grasa, intervalo entre partos, entre otros. (SOPL, 2016).

La frecuencia de muestreo que es utilizada por el SOPL es acorde al reglamento del ICAR. (Silva, 2017), donde el trabajo de campo y laboratorio se realiza cada 30 días en promedio por un personal técnico del Ministerio de Agricultura (Pallette, 2005). Además, el controlador debe registrar la producción de leche en todos los ordeños durante 24 horas, posteriormente se solicitará información al productor sobre fecha de parto o aborto y fecha de secado (Silva, 2017). En la Tabla N.º 4 se detalla el control lechero por campaña y anual del SOPL en la cuenca de Lima desde el año 2006 al 2018. La producción leche por campaña y leche a los 305 días presentaron una tendencia de crecimiento a lo largo de los años pasando de 8213 kg en el 2006 a 9965 kg en el 2018, mientras que la leche a 305 días presentó un aumento de 7747 a 9272 kg de leche.

Tabla N.º 4. Producción de leche por campaña y 305 días del Servicio Oficial de Productividad Lechera por año.

<b>Año</b>	<b>Nº de establos</b>	<b>Nº de vacas</b>	<b>Promedio diario general (Leche kg)</b>	<b>Promedio vacas en ordeño (Leche kg)</b>	<b>Leche por campaña (kg)</b>	<b>Leche a 305 días (kg)</b>
2006	30	6614	22.5	25.4	8213	7747
2007	27	6971	22.0	25.3	8030	7717
2008	23	7554	22.2	26.1	8103	7961
2009	24	8175	22.1	25.7	8067	7839
2010	23	7579	22.9	26.5	8359	8083
2011	21	7121	24.6	27.9	9709	8510
2012	19	7292	24.6	27.2	8979	8296
2013	20	6846	24.8	27.6	9052	8418
2014	19	6769	25.7	28.6	9381	8723
2015	21	7150	25.7	28.6	8381	8723
2016	21	7270	24.5	28.4	9271	8262
2017	18	7167	25.2	28.7	9198	8754
2018	20	6709	27.3	30.4	9965	9272

Servicio Oficial de Productividad Lechera, 2020

El SOPL realiza la estandarización de producción de leche a los 305 días a edad adulta mediante tres pasos. El primer paso consiste en calcular la producción de leche por periodo y acumulada a partir de registros mensuales que se realizaron durante la campaña de lactación. Una vez al mes se pesa la producción de leche por vaca en el día y se multiplica por la cantidad de días del mes. La suma total proporcionará la producción neta en toda la lactación. El segundo paso consiste en calcular la producción de leche a 305 días, para lo cual se calcula la diferencia entre 305 días y la última fecha de registro en días de la producción de leche. El resultado obtenido es multiplicado por la cantidad de leche producida en la última fecha de registro previo a los 305 días. Finalmente, en el tercer paso se procede a llevar a edad adulta la producción de 305 días, para esto se multiplica el factor de corrección según la edad de la vaca (Tabla N.º 9) por la producción de leche a 305 días calculada en el paso dos. (SOPL, 2016).

Por otro lado, en la Tabla N.º 5 se observa el ranking de los 10 mejores establos lecheros de la cuenca de Lima inscritos en el SOPL correspondiente al año 2018. En la categoría más de 229 vacas, el establo Don Mathias alcanzó el primer lugar con un mayor promedio diario general y promedio vacas en ordeño 38.1 y 32.2 kg de leche respectivamente. Mientras que, en la categoría hasta 229 vacas, el establo Los Sauces presento un promedio diario general y promedio vacas en ordeño de 32.2 y 34.4 kg de leche respectivamente logrando el primer lugar de su categoría.

Tabla N°.5. Ranking de los mejores establos de la Cuenca lechera de Lima inscritos en el Servicio Oficial de Productividad Lechera, 2018.

Orden	Establo	N° de vacas			Promedio diario general (Leche kg)	Promedio vacas en ordeño (Leche kg)	Propietario
		Total N°	En ordeño N°	%			
Categoría mas de 229 vacas							
1	Don mathias	280	266	95	38.1	40.1	Agropecuaria Angus
2	Granados	513	463	90	33.6	37.2	Ada Achic E.
3	La Querencia	366	339	92	29.5	31.8	Robin Watson
4	La Viña	583	524	90	28.6	31.8	Ganadera Los Tilos
5	Santa Juana	1140	1280	88	28.1	31.6	Soc. Agrop.Camay
Categoría hasta 229 vacas							
1	Los Sauces	42	39	92	32.2	34.4	Diana Cunliffe S.
2	El Labrador	229	204	89	26	29.1	F.D.A Una- La Molina
3	El Porvenir	202	177	87	24.4	27.8	E.A.A Andahuasi SA.
4	Santa Fe	41	36	89	23.4	26.3	Fernando Herrera Linares
5	La Molina	73	67	92	22.6	24.3	UNA-La Molina
<b>Promedio</b>		<b>335</b>	<b>300</b>	<b>89</b>	<b>27.3</b>	<b>30.4</b>	
<b>Total</b>		20 establos, 6709 vacas					

Servicio Oficial de Productividad Lechera, 2020

El registro de producción de leche en América latina se realiza en entidades como: Mejoramiento y Control Lechero Uruguayo (MU) ubicado en Uruguay (MU, 2014), la Asociación Criadores Holando de Argentina (ACHA) (ACHA, 2021) y la Cooperativa Regional de Servicios de Inseminación Ltda (Cooprinsem) en Chile (Cooprinsem, 2020), entre otros, las cuales utilizan el método de registro estándar. Las instituciones analizan la información y evalúan genéticamente sus productos en forma constante, además de publicar los resultados periódicamente (Ferreira et al., 2010). La Tabla N.º 6 se detalla el ranking general de la producción de leche, leche corregida, grasa y proteína de la raza Holstein elaborado por el control lechero uruguayo en el año 2018.

Tabla N.º 6. Ranking de producción de leche de la raza Holstein del Control Lechero Uruguayo, 2018.

<b>Nº Identificación de vaca</b>	<b>Total de leche (kg)</b>	<b>Total de leche corregida (kg)</b>	<b>Total grasa (kg)</b>	<b>Total proteína (kg)</b>
CLZ971	52.6	52.6	1.7	1.7
BSZ19424	33.2	44.2	1.6	1.5
200243	32.4	41.2	1.8	1.4
201838	28.4	37.8	1.6	1.4
FMR38	30.0	35.1	1.2	1.1
BVF923	40.6	40.6	1.4	1.1
CLZ1154	30.6	38.9	1.0	1.2

MU, 2018

A nivel mundial existen varias instituciones certificadas por ICAR las cuales utilizan diferentes métodos de registros de la producción de leche (Tabla N.º 7). Canadian Network for Dairy Excellence (CanWest DHI) en Canadá, es la institución encargada de los registros desde Ontario hasta Columbia Británica utilizando el método de registro de 24 horas (CanWest DHI, 2020). En Austria, la Asociación de Control Nacional de Austria o Landeskontrollverband Austria (LKV por sus siglas en alemán) realiza registros leche cada 4, 5 y 6 semanas siendo elaborada únicamente por un personal oficial de la institución (LKV Austria, 2020). Livestock Improvement Corporation (LIC) es la entidad encargada en Nueva Zelanda de realizar el control lechero bajo el método de registro de 24 horas o solo AM. LIC recomienda realizar al menos 4 registros de día de prueba en toda la campaña de lactación para obtener resultados confiables (LIC, 2020). De igual manera, Australian Dairy Herd Improvement Scheme (ADHIS) en Australia realiza registros de leche, grasa y proteína cada 4 o 8 semanas (CanWest DHI, 2021). En Sudáfrica la entidad encargada se llama SA Stud Book, el cual realiza registros de producción de leche a bovinos, caprinos,



ovinos, equinos entre otros. En bovinos el método de registro utilizado es cada 5 semanas durante toda la lactancia (Stud Book, 2020).

Tabla N.º 7. Entidad de registro de control lechero por país e intervalo entre registro.

<b>Entidad</b>	<b>País</b>	<b>Intervalo entre registro</b>
Canadian Network for Dairy Excellence (CanWest DHI)	Canadá	24 horas
LKV Austria	Austria	4 o 5 o 6 semanas
Livestock Improvement Corporation (LIC)	Nueva Zelanda	24 horas
Australian Dairy Herd Improvement Scheme (ADHIS)	Australia	4 o 8 semanas
SA Stud Book	Sudáfrica	5 semanas

CanWest DHI, 2020; LKV Austria, 2020; LIC, 2020; ADHIS, 2020; SA Stud Book, 2020

Los países como Nueva Zelanda, Austria y Canadá tienen programas de registro muy grandes, sin embargo, en países en desarrollo se busca otras alternativas debido a la insuficiente tecnología (Rahayu *et al.*, 2018). Además, el registro estándar se considera muy costoso y genera la interrupción de la rutina de ordeño (Gantner *et al.*, 2009). Por lo tanto, se busca nuevos métodos de registro que puedan estandarizar la producción de leche con mayor precisión utilizando la menor cantidad posible de registros.

### **2.3. Métodos de registro lechero.**

El ICAR permite a las diferentes Organizaciones a nivel mundial la libertad de poder escoger entre los diferentes métodos de registro de producción

de leche. Los responsables de realizar el registro de la producción y la toma de muestra de leche en un establo son asignados con una letra A, B y C. La letra A significa que todos los registros son realizados por un representante oficial de una organización o entidad de registro. La letra B indica todos los registros realizados por los productores o personal a cargo del establo el cual debe estar capacitado, y finalmente la letra C o mixto que corresponde a todos los registros realizados por un representante oficial de una entidad y el productor lechero a cargo del establo (Tabla N.º 8). En una encuesta realizada por Bucek *et al.* (2015), determinaron que, de 43 organizaciones a nivel mundial, 13 señalaron que el registro de leche lo realizaba un representante oficial y 5 organizaciones indicaron que eran los mismos productores quienes registraban el peso de la leche.

Además, en la Tabla N.º 8 se observa los esquemas de ordeño por día, los cuales están representado por símbolos 1 x, 2 x, 3 x y 4 x. El número de cada símbolo indica la cantidad de ordeños por día que se realizan en el establo lechero, por ejemplo, el símbolo 2 x indica que el establo realiza 2 ordeños por día, por lo tanto, el peso de la leche de cada vaca se debe registrar dos veces en el día de prueba.

Los métodos de registro utilizados en diferentes establos se establecen mediante un esquema el cual presenta cuatro símbolos diferentes. Por ejemplo, el esquema de registro A48 2x, el primer símbolo “A” se refiere a la persona responsable de realizar el registro, el segundo símbolo “4” es la frecuencia de registro de producción de leche, el tercer símbolo “8” es la frecuencia de



muestreo y finalmente el ultimo símbolo “2x” está en función al número o esquema de ordeño utilizado en el ordeño (ICAR, 2021c). Entonces podríamos decir que el establo utiliza un método de registro realizado por un representante oficial, donde el método de registro de producción de leche es cada 4 semanas, donde la muestra de leche se realiza cada 8 semanas y donde el número de ordeños es dos veces por día.

Tabla N.º 8. Responsable del registro de producción, frecuencia de registro, frecuencia de muestreo de leche y número de ordeños.

<b>Responsabilidad del Registro</b>	<b>Frecuencia de Registro (Semanas)</b>	<b>Frecuencia de Muestreo (Semanas)</b>	<b>Número de ordeños/día</b>
A	1	1	1 x
B	2	2	2 x
C	4	4	3 x
	8	8	4 x
	9	9	

ICAR, 2017

Los registros de producción de leche presentan ciertas consideraciones para la recopilación y almacenamiento de datos. El productor en cada registro debe identificar a las vacas, la fecha y hora de ordeño, el método de registro, esquema de ordeño y nombre del encargado que realiza el registro. Además, los equipos utilizados para el pesaje de la leche deben presentar una alta precisión y estar aprobados por el ICAR (ICAR, 2014a; ICAR, 2021c).

EL ICAR establece como método de referencia el registro estándar de leche (Kong *et al.*, 2017). Sin embargo, la producción de leche puede registrarse a través de otros métodos (Berry *et al.*, 2005) por ejemplo cada semana (Dongre

y Gandhi, 2014; Banu *et al.*, 2012), 2 semanas (Dohare *et al.*, 2014), 8 semanas, (Kokate *et al.*, 2014), 9 semanas (Naranchuluum *et al.*, 2011) y matutino o vespertino (Liu *et al.*, 2000). Además, el primer registro de producción de leche en vacas debe realizarse entre 4 a 14 días después del parto, para cumplir de manera rutinaria con el mínimo de registros anuales solicitados (ICAR, 2014c; ICAR, 2021c).

### **2.3.1. Método de registro estándar o mensual o A4.**

El registro estándar o mensual o A4 es el método de referencia del ICAR, el cual se realiza cada 30 días aproximadamente con un intervalo de día de prueba entre 22 a 37 días. El representante oficial o el productor registran la producción de leche o muestras de análisis de todas las vacas durante los ordeños realizados en 24 horas. El método A4 presenta un mínimo de 11 registros de producción lechera al año (ICAR, 2021c).

La estandarización de leche a los 305 días y edad adulta mediante el método de registro estándar se realiza a través de dos fórmulas matemáticas. La primera fórmula donde se calcula la producción de leche a 305 días. Luego, se utiliza la fórmula 2 para calcular la equivalencia a edad adulta de la producción de leche a 305 días mediante un factor de corrección el cual se detalla en la tabla N.º 8.

Fórmula 1.

$$Y_{305} = [(305 - n) \times Y_m] + Y.Acumulada_n$$

Donde:

$Y_{305}$  : Producción de leche a los 305 días

$n$  : Última fecha de registro

$Y_m$  : Producción mensual de leche posterior a la última fecha de registro

$Y.Acumulada_n$  : Producción de leche acumulada de la última fecha de registro

Fórmula 2.

$$Y_{305 E.A.} = Y_{305} \times FC_{E.A.}$$

Donde:

$Y_{305 E.A.}$  : Producción de leche a los 305 días a edad adulta

$Y_{305}$  : Producción de leche a los 305 días

$FC_{E.A.}$  : Factor de corrección a edad adulta

$E.A$  : Edad adulta

Tabla N.º 9. Factores de corrección a edad adulta para lactaciones de 305 días.

EDAD (meses)	FACTOR Edad Adulta	EDAD (meses)	FACTOR Edad Adulta	EDAD (meses)	FACTOR Edad Adulta
24	1.2176	56	1.0436	88	1.0002
25	1.2092	57	1.0406	89	1.0004
26	1.2010	58	1.0378	90	1.0007
27	1.1930	59	1.0350	91	1.0012
28	1.1854	60	1.0324	92	1.0017
29	1.1779	61	1.0299	93	1.0023
30	1.1706	62	1.0275	94	1.0030
31	1.1636	63	1.0252	95	1.0038
32	1.1568	64	1.0230	96	1.0047
33	1.1502	65	1.0209	97	1.0057
34	1.1437	66	1.0189	98	1.0068
35	1.1375	67	1.0170	99	1.0080
36	1.1315	68	1.0152	100	1.0092
37	1.1256	69	1.0136	101	1.0106
38	1.1199	70	1.0120	102	1.0121
39	1.1144	71	1.0105	103	1.0137
40	1.1090	72	1.0092	104	1.0154
41	1.1039	73	1.0079	105	1.0171
42	1.0988	74	1.0067	106	1.0190
43	1.0940	75	1.0056	107	1.0210
44	1.0893	76	1.0046	108	1.0231
45	1.0847	77	1.0037	109	1.0253
46	1.0803	78	1.0030	110	1.0276
47	1.0760	79	1.0023	111	1.0300
48	1.0719	80	1.0016	112	1.0326
49	1.0679	81	1.0011	113	1.0352
50	1.0640	82	1.0007	114	1.0380
51	1.0603	83	1.0004	115	1.0408
52	1.0567	84	1.0002	116	1.0438
53	1.0533	85	1.0000	117	1.0469
54	1.0499	86	1.0000	118	1.0501
55	1.0467	87	1.0000	119	1.0535
				120	1.0570

Oliva, 1987

## **2.3.2. Métodos de registro alternativos.**

### **2.3.2.1. Método de registro semanal o A1.**

El registro semanal o A1 es un método el cual se realiza cada 7 días aproximadamente con un intervalo de día de prueba entre 4 a 10 días. El representante oficial o el productor registran la producción de leche o muestras de análisis de todas las vacas durante los ordeños realizados en 24 horas. El método A1 presenta un mínimo de 44 registros de producción lechera al año (ICAR, 2021c).

### **2.3.2.2. Método de registro 2 semanas o A2.**

El registro de 2 semanas o A2 es un método que se realiza cada 15 días aproximadamente con un intervalo de día de prueba entre 10 a 18 días. El representante oficial o el productor registran la producción de leche o muestras de análisis de todas las vacas durante los ordeños realizados en 24 horas. El método A2 presenta un mínimo de 22 registros de producción lechera al año (ICAR, 2021c).

### **2.3.2.3. Método de registro 8 semanas o A8.**

El registro de 8 semanas o A8 es un método que se realiza cada 60 días aproximadamente con un intervalo de día de prueba entre 50 a 70 días. El representante oficial o el productor registran la producción de leche o muestras de análisis de todas las vacas durante los ordeños

realizados en 24 horas. El método A8 presenta un mínimo de 6 registros de producción lechera al año (ICAR, 2021c).

#### 2.3.2.4. Método de registro de 9 semanas o A9.

El registro de 9 semanas o A9 es un método que se realiza cada 63 días aproximadamente con un intervalo de día de prueba entre 55 a 75 días. El representante oficial o el productor registran la producción de leche o muestras de análisis de todas las vacas durante los ordeños realizados en 24 horas. El método A9 presenta un mínimo de 5 registros de producción lechera al año (ICAR, 2021c).

Tabla N.º 10. Métodos e intervalos de registro o muestras de producción de leche.

	Metodo de registro o muestra (Semanas)	Mínimo número de registros o muestras (Año)	Intervalo entre registros o muestras (Días)	
			Min.	Max.
Registro de referencia	1	44	4	10
	2	22	10	18
	4	11	22	37
	8	6	50	70
	9	5	55	75
	AM o PM	11	22	37

ICAR, 2017; Liu, 2000

Para la estandarización de la producción de leche a 305 días se realiza en 3 etapas. Primero se procede a calcular el factor de proyección o ajuste la cual se realiza con la fórmula 1 (Wiggans y Van Vleck, 1979), posteriormente, se utiliza la fórmula 2 para estimar las producciones para los días sin registro mediante interpolación no lineal y finalmente, se

estima la producción de leche a 305 días utilizando el factor de proyección mediante la fórmula 3 propuesta por Wiggans y Van Vleck (1979).

Fórmula 1.

$$FP_n = \frac{(Y_{305} - Y_a)}{Y_n \times (305 - n)}$$

Donde:

FP<sub>n</sub> : factor de proyección correspondiente al día n de cada lactancia.

Y<sub>305</sub> : producción esperada a 305 días según la curva de lactancias estándar.

Y<sub>a</sub> : producción acumulada esperada entre el día 1 y n de la lactancia

n : día del último registro de producción de leche.

Y<sub>n</sub> : producción de leche (kg) registrada en el día n.

Fórmula 2.

$$Y_e = y + \frac{(x_s + x_i) - (y_s + y_i)}{(n_s - n_i) \times (n - n_i) + (x_i - y_i)}$$

Donde:

Y<sub>e</sub> : Producción diaria estimada.

n : Día para el que se estima la producción de leche.

n<sub>i</sub> : Día de lactancia inmediato anterior a n con producción registrada.

n<sub>s</sub> : Día de lactancia inmediato posterior a n con producción registrada

y : Producción esperada diaria para el día n según la curva estándar de lactancia.

y<sub>i</sub> : Producción esperada en el día inmediato anterior a n con producción registrada.

$y_s$  : Producción esperada día inmediato posterior a  $n$  con producción registrada.

$x_i$  : Producción de leche real en el día inmediato anterior a  $n$  con producción registrada.

$x_s$  : Producción de leche real en el día inmediato posterior a  $n$  con producción registrada.

Fórmula 3.

$$P_{305} = \sum_{i=1}^n Y_i + FP_n \times Y_n \times (305 - n)$$

Donde:

$P_{305}$  : Producción de leche estimada a 305 días.

$\Sigma Y_i$  : Suma de la producción parcial entre el día 1 y el día  $n$  (último registro).

$FP_n$  : Factor de proyección correspondiente al día  $n$ , según lactancia estándar.

$Y_n$  : Producción real (kg) observada para el día  $n$  (último registro).

Las fórmulas propuestas anteriormente para estimar la producción de leche a 305 días pueden ser usadas por diferentes métodos de registro A1, A2, A4, A8 y A9, entre otros. Gamboa (2005), calculó la precisión del factor de proyección de 35 métodos de registro comúnmente usados en campo en comparación a los registros óptimos de producción de leche. Los resultados indicaron que los factores de proyección estimados a partir de métodos de registro no óptimos presentaron precisiones superiores a 95%, por lo que pueden ser utilizados para estandarizar de producción por lactancia.

### 2.3.2.5. Método de registro parcial AM o PM.

El esquema de prueba alternativo AM - PM fue creado para lograr una precisión razonable en la estimación de los rendimientos diarios a un menor costo (Liu *et al.*, 2000). El registro parcial AM o PM es un método que se realiza cada 30 días aproximadamente con un intervalo entre registros de 22 a 37 días. El productor o el representante oficial registran la producción de leche o muestras de análisis de todas las vacas de un ordeño AM o PM. El registro parcial presenta un mínimo de 11 registros de producción lechera al año (ICAR, 2021c). Lee y Min (2013), determinaron que en un intervalo de 12 horas de ordeño la producción AM y PM fue de 15.6 y 15 kg de leche respectivamente, lo que indica que la producción de leche AM fue aproximadamente un 5% más alta que PM.

La estandarización de leche a partir de registros parciales (AM o PM) se realiza a través de 2 etapas. La primera etapa consiste en estimar la producción de leche diaria a partir de registros matutinos o vespertino mediante una regresión múltiple recomendada por (Liu *et al.*, 2000; ICAR, 2021c) (Fórmula 1). La segunda etapa consiste en estimar la producción de leche a 305 días mediante el Método de Intervalo de Prueba (TIM) la cual se observa en la fórmula 2. (Sargent, 1968; ICAR, 2021c)



Fórmula 1.

$$Y_{ijk} = a + b_{ijk} \times X_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  : es el rendimiento diario estimado de 24 horas.

$X_{ijk}$  : es el rendimiento diario parcial AM o PM en un día de prueba.

$i$  : efecto de paridad con dos niveles: paridad primera y posterior.

$j$  : duración del intervalo de ordeño anterior.

$k$  : representa la clase de etapa de lactancia ( $k = 1, 2, \dots, 12$ ) que se calcula como el número de días en la leche dividido por 30 más 1. Si  $k > 12$ , entonces  $k = 12$ .

$a$  : es el intercepto estimado para la paridad  $i$ , intervalo de ordeño  $j$  y la etapa de lactancia  $k$  para el ordeño AM o PM.

$b_{ijk}$  : es la pendiente estimada para la combinación de efectos mencionada anteriormente.

Fórmula 2.

$$MY = I_0M_0 + I_1 \times \frac{(M_1 + M_2)}{2} + I_2 \times \frac{(M_2 + M_3)}{2} + I_{n-1} \times \frac{(M_{n-1} + M_n)}{2} + I_nM_n$$

Donde:

$M_1, M_2, \dots, M_n$  : leche producida en las 24 horas del día de registro (real o estimado).

$I_1, I_2, \dots, I_{n-1}$ : intervalos en días entre las fechas de registro.

$I_0$  : el intervalo en días entre la fecha de inicio de la lactancia y la primera fecha de registro.

$I_n$  : el intervalo en días entre la última fecha de registro y el día 305 de lactancia.

La estimación de la producción de leche, grasas y proteínas dependerá del grado de precisión y el método de registro a utilizar en el

establo. Por lo tanto, escoger un método de registro adecuado y económico serán la base para el mejoramiento y manejo de los animales lecheros.

#### **2.4. Eficiencia de estandarización de producción de leche mediante diferentes métodos de registro.**

Un estudio en Colombia determinó que el método de registro A4 es útil para predecir la producción de leche, grasa y proteína con una exactitud ( $r^2$ ) del 97 %. (Cañas *et al.*, 2011) versus Vinotharaj *et al.* (2017), quienes predijeron una lactación en vacas cruzadas Jersey con una precisión ( $r^2$ ) del 86 %. Esto fue comparable con el estudio de Kong *et al.* (2017), quienes determinaron que el método de registro A4 estimó la curva de lactación con una precisión ( $r^2$ ) mayor a 90% en vacas Holstein de primera, segunda y tercera lactancia y un error cuadrático medio (MSE) menor a 0.0036. De igual manera, Bahashwan (2018), concluyó que el modelo de Gompertz proporcionó la mejor predicción en vacas de raza Dhofari, debido a los valores más bajos de la bondad de ajuste del Criterio de Información Akaike (AIC) con 38.5 y el Criterio de Información Bayesiano (BIC) con 6.8. además, se informó de una correlación de 0.94 entre la curva real y estimada. El día de la medida, el mes de lactancia y la metodología tuvieron gran importancia para estimar la curva de producción de leche (Espasandin *et al.*, 2016).

Por otro lado, Olori *et al.* (1999), determinaron que el método de registro A1 presentó una precisión mayor a 94% en vacas de raza Holstein, además, Ambar (2002), determinó una alta correlación 0.99 entre la curva de lactación real y estimada. Asimismo, Banu *et al.* (2012), reportaron que el método de registros A1 obtuvo un promedio de precisión de 85% de todos los modelos estudiados a diferencia del método A4 que obtuvo un promedio de precisión de 75%. Los modelos estadísticos Grossman y Koops alcanzaron el mejor ajuste con un MSE de  $1.9 \pm 0.2$ , para estimar la curva de lactación a través del método de registros A1, sin embargo, este modelo solo debe ser usado para fines de investigación (Duque *et al.*, 2018). De igual forma, Mohanty *et al.* (2017), obtuvieron una precisión entre 93 y 97 % utilizando el método de registro A1 en la India. Esto fue comparable con Thorat *et al.* (2019) quienes determinaron una precisión entre 90.7 y 99.7 % para predecir la producción real de leche en todos los modelos estudiados en vacas de raza Holdeo, que proviene del cruce de vacas de raza Holstein Friesian x raza de tiro Deoni de la India. El registro A1 es una herramienta útil para la estimación de la producción de leche por campaña en ganado vacuno por presentar una alta precisión, sin embargo, puede ser un método muy costoso debido a que se necesitan mayor cantidad de registros anuales (44) a diferencia del método estándar (11) (Gantner *et al.*, 2009; ICAR, 2021c).

Un estudio realizado en Venezuela determinó que el método de registro A2 presentó una alta correlación 0.995 entre la lactación real y estimada a diferencia del método A4 que obtuvo una correlación de 0.98 (Ambar, 2002). Ghosh y Khan (2014), comprobaron los métodos registro de leche A1, A2 y A4

para predecir la curva de lactación en 210 días. El método de registro A2 se ajustó más a la producción real de leche usando el modelo Wood, seguido del método de registro A4. De igual forma, un estudio en ganado Frieswal concluyeron que el método de registro A2 presentó una precisión de 92% para en comparación al método de registro estándar (Dohare *et al.*, 2014). Esto fue comparable con Jingar *et al.* (2014), quienes determinaron que el método de registro A2 estimó la producción de leche a los 305 días con un ajuste entre 83% a 97 % en vacas de primer a más pariciones, y esta diferencia se debe a que vacas primíparas presentan una ubre reducida, menor capacidad digestiva y distribución de nutrientes. Un estudio en Huara determinó que los modelos Wood y Wilmink presentaron valores más bajos de la bondad de ajuste del AIC y BIC para estimar la curva de lactación en el primer parto y en el segundo a más partos respectivamente (Vásquez, 2017). Por lo tanto, el método de registro quincenal es una herramienta útil para identificar posibles errores y tomar buenas decisiones durante la etapa de lactación.

El método de registro A8 también se ha usado para predecir la producción en vacas lecheras. Duclos *et al.* (2008), señalaron que el método registro A8 presentó una precisión de 96.2% para ajustar la lactación a 305 días en vacas Holstein x Cebú. Kokate *et al.* (2014), determinaron una precisión más baja del 83% para predecir la producción de leche a los 305 días, además, la producción máxima de leche se observó en el día de prueba 3 para luego descender hasta el día de prueba 7. Sin embargo, el método de registro A8 tuvo un promedio de precisión menor 73.6% para estimar la producción de leche a 305 días en comparación del método A4 que presentó un promedio de precisión

de 80.6%, el mismo autor indica que el método A8 presentó una correlación de 0.81 entre la curva real y estimada. (Rahayu *et al.*, 2018). Kong *et al.* (2017), informaron que el modelo de Wood presentó una máxima precisión de 99% y un MSE menor a 0.0043 para estimar la producción de leche a los 305 días en vacas Holstein a partir del método de registro A8. La curva de lactación modelada presentará una mayor precisión mientras más registros se realicen en la época de lactancia (Rahayu *et al.*, 2018).

Por otro lado, los métodos de registros de leche A4 y A9 se evaluaron para estimar la producción de leche a los 305 días. Los dos métodos de registro de leche presentaron una alta correlación 0.98 y 0.98 respectivamente entre la producción de leche estimada y la producción real de leche (Naranchuluum *et al.*, 2011). De igual forma, McGill *et al.* (2014), determinaron que el uso de método de registro A9 presentó una buena precisión en base a un menor MSE (21654), de igual forma, presentó una correlación de 0.90 entre la producción de leche real y estimada. Realizar cuatro registros por lactación es un método útil para predecir la curva de lactación ya que presenta igual precisión que el método estándar.

El método de registro parcial AM o PM también se ha utilizado para estimar la producción de leche en ganado lechero. Rodríguez *et al.* (2013), observaron que los registros parciales de producción de leche AM o PM estimaron la curva de lactación a los 305 días con una precisión de 97 % y 96 % respectivamente, además, encontraron una correlación alta (0.98) entre la

lactación estimada y la lactación real. De igual forma, Czyszter *et al.* (2013), compararon los métodos de registros AM o PM para estandarizar la producción de leche, donde el método de registro PM presentó una precisión de 86% a diferencia del registro AM que obtuvo 82%. Arnould *et al.* (2015), determinaron una precisión de 92% para estimar la curva de lactación a partir de registros parciales AM o PM, asimismo, la curva de lactación estimada y la curva real presentaron una correlación mínima de 0.97.

De igual manera, Duplessis *et al.* (2019), concluyeron que el coeficiente de correlación de concordancia entre la curva de lactación real y curva estimada a partir de registros parciales AM y PM fue de 0.974 y 0.970 respectivamente. McParland *et al.* (2019), determinaron si el método de registro parcial AM o PM de la composición y producción de leche puede ser útil para predecir la producción de leche por campaña en comparación con el registro de 24 horas. Los autores indicaron una alta correlación de 0.97 y 0.95 entre la composición y producción de leche estimada a partir de los ordeños AM o PM respectivamente y los registros realizados de cada 24 horas.

Tabla N.º 11. Resumen de la precisión y correlación por método de registro.

<b>Método de registro</b>	<b>Precisión (r<sup>2</sup>)</b>	<b>Correlación</b>
A4	97%	0.94
A1	99%	0.99
A2	97%	0.99
A8	99%	0.81
A9	-	0.98
AM	97%	0.98
PM	96%	0.98

### 3. CONCLUSIONES.

Los diferentes estudios evaluados en la presente revisión bibliográfica indicaron que los métodos de registro alternativos son útiles para estandarizar la campaña de lactación a los 305 días en comparación con el método de registro estándar.

Los métodos de registros alternativos tienen el potencial para ser utilizados en la ganadería lechera peruana por tener una alta precisión A1(99.7%), A2 (97%), A8 (99%) y AM (98%) o PM (97%). Además, se encontraron altas correlaciones entre la producción de leche real y estimada A1 (0.99), A2 (0.99), A8 (0.81), A9 (0.98) y AM (0.98) o PM (0.98).

La elección de cada método de registro de producción de leche dependerá de la cantidad de animales que presente el establo, la persona responsable de realizar el método de registro, el costo de la colección, análisis y procesamiento de datos, la infraestructura y tecnología de ordeño de cada establo.



#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Alvarado, I.CH. (2015). *Estructura de costos para los pequeños ganaderos de la irrigación San Felipe*. [tesis de título, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2031/E20-A49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Ambar J. (2002). Producción de leche real y estimada a partir de pesajes en distintos intervalos de tiempo en vacas lecheras en una finca al sur del lago de Maracaibo. [tesis de título, Universidad Nacional Experimental del Táchira]. Repositorio UNET. <http://unet.edu.ve/~limpra/tesis.html>
3. Apaza, Y., Loza, M. G., Rojas, A., & Achu, C. (2016). Determinación del comportamiento de la curva de lactancia y producción lechera del ganado Mestizo del Altiplano de la Provincia Omasuyos Departamento de La Paz. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 3(2), 77-86. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2016.030200077>
4. Arnould, V., Reding, R., Bormann, J., Gengler, N., & Soyeurt, H. (2015). Predictions of Daily Milk and Fat Yields, Major Groups of Fatty Acids, and C18:1 cis-9 from Single Milking Data without a Milking Interval. *Animals*, 5(3), 643-661. <https://doi.org/10.3390/ani5030377>
5. Asociación Criadores de Holando Argentino. (2021). *Control Lechero*. <https://acha.org.ar/index.php/control-lechero1>
6. Australian Dairy Herd Improvement Scheme. (2021). *Welcome to Australian Dairy Herd Improvement Scheme*. <https://www.adhis.com.au/v2/sitev2.nsf/launch?open>
7. Bahashwan, S. (2018). Lactation Curve Modeling for Dhofari Cows Breed. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 13(3), 226–231. <https://doi.org/10.3923/ajava.2018.226.231>
8. Banu, R., Singh, A., Malhotra, R., Gowane, G., Kumar, V., Jaggi, S., Verghese, E., Gandhi, R. S., Chakravarty, A. K., & Raja, T. V. (2012). Comparison of different lactation curve models in Karan Fries cattle of India. *Indian Journal of Animal Sciences*, 82(11), 121–124. <http://krishi.icar.gov.in/jspui/handle/123456789/14424>
9. Berry, D. P., Olori, V. E., Cromie, A. R., Veerkamp, R. F., Rath, M., & Dillon, P. (2005). Accuracy of predicting milk yield from alternative milk recording schemes. *Animal Science*, 80(1), 53–60. <https://doi.org/10.1079/asc34880053>
10. Besbes, B. (2016). *Development of integrated multipurpose animal recording systems*. Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/3/a-i5702e.pdf> \h
11. Bórawski, P., Pawlewicz, A., Parzonko, A., Harper, J. K., & Holden, L. (2020). Factors Shaping Cow's Milk Production in the EU. *Sustainability*, 12(1), 420. <https://doi.org/10.3390/su12010420>



12. Bouallegue, M., & M<sup>o</sup>Hamdi, N. (2020). Mathematical Modeling of Lactation Curves: A Review of Parametric Models. *Lactation in Farm Animals - Biology, Physiological Basis, Nutritional Requirements, and Modelization, 1*, 1-20. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90253>
13. Brousett, M., Torres, J. A., Chambi, A., Mamani, B., & Gutiérrez, H. (2015). Calidad fisicoquímica, microbiológica y toxicológica de leche cruda en las cuencas ganaderas de la región Puno-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 6(3),165-176. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.03>
14. Bucek, P., K. Zottl, J. Kyntäjä, F. Miglior, H. Leclerc, J. van der Westhuizen, K. Kuwan, Y. Lavon, K. Haase, C. Trejo, D. Radzio, Z. Elsaid, & M. Oudah. (2015). *World-wide trends in milk-recording in cattle. ICAR Technical*. <https://www.icar.org/wp-content/uploads/2015/12/World-Wide-Trends-in-Milk-Recording-in-Cattle.pdf>
15. Bueno, W. A. (2017). *Índices productivos y reproductivos en vacunos Brown Swiss, Jersey y Holstein en la Altura - Cooperativa Atahualpa Jerusalén, Cajamarca 1999 – 2013*. [tesis de magister, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3526>
16. Canadian Network for Dairy Excellence. (2020). *Daily Production Averages*. <http://www.canwestdhi.com/production.htm>
17. Cankaya, S., Unalan, A., & Soydan, E. (2011). Selection of a mathematical model to describe the lactation curves of Jersey cattle. *Archives Animal Breeding*, 54(1), 27–35. <https://doi.org/10.5194/aab-54-27-2011>
18. Cañas A, J., Cerón-Muñoz, M., & Corrales A, J. (2011). Modelación de curvas de lactancia para producción de leche, grasa y proteína en bovinos Holstein en Antioquia, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 16(2), 2514–2520. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1015>
19. Claire A., Hubert C., (2009). Producción lechera en los Andes Peruanos: ¿Integración al Mercado Interno o Marginación Económica? *Anuario Americanista Europeo*, N° 6-7, 2008-2009 p. 217-238.
20. Cobuci, J. A., Euclides, R. F., Costa, C. N., de Almeida Torres, R., Sávio Lopes, P., & Silva Pereira, C. (2007). Genetic evaluation for persistency of lactation in Holstein cows using a random regression model. *Genetics and Molecular Biology*, 30(2), 349-355. <https://doi.org/10.1590/s1415-47572007000300009>
21. Cook, J. G., & Green, M. J. (2016). Use of early lactation milk recording data to predict the calving to conception interval in dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4699–4706. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10264>
22. Cooperativa Regional de Servicios de Inseminación. (2020). *Cooperativa Regional de Servicios de Inseminación Ltda - Cooprinsem*. <https://www.cooprinsem.cl/coopri/>
23. Czyszter, L. T., Neamț, R. I., Ilie, D. E., Gavojdian, D., Acatincăi, S., Silvia, E., Baul, S., & Tripon, I. (2013). Estimating the Lactation Curve on a.m./p.m. Milkings in Dairy Cows. *Animal Science and Biotechnologies*, 46(2), 296–301. <http://spasb.ro/index.php/spasb/article/viewFile/255/292>

24. Dekkers, J. C. M., Ten Hag, J. H., & Weersink, A. (1998). Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livestock Production Science*, 53(3), 237-252. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(97\)00124-3](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(97)00124-3)
25. Department of Animal Husbandry and Dairying. (2019). *Basic Animal Husbandry Statistics-2019*. Department of Animal Husbandry and Dairying. <https://dahd.nic.in/circulars/basic-animal-husbandry-statistics-2019>
26. Dohare, A. K., Singh, B., Verma, M. R., Perme, B., Sharma, V. B., Gupta, N., & Kshandakar, S. (2014). Comparison of standard lactation curve models using fortnightly milk records in Frieswal cattle. *Veterinary World*, 7(10), 831–834. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2014.831-834>
27. Dongre, V. B., & Gandhi, R. S. (2014). Use of Lactation Curve Models for Prediction of Milk Yield in Sahiwal Cattle. *World Journal of Veterinary Science*, 11–14. <https://doi.org/10.12970/2310-0796.2014.02.03>
28. Duclos, D., Gokhale, S., Bacilieri, R., & Ducrocq, V. (2008). Simplified milk-recording protocols adapted to low-input environments with very small herd size. *animal*, 2(1), 160-166. <https://doi.org/10.1017/s1751731107000985>
29. Duplessis, M., Lacroix, R., Fadul-Pacheco, L., Lefebvre, D. M., & Pellerin, D. (2019). Assessment of the Canadian model predicting daily milk yield and milk fat percentage using single-milking dairy herd improvement samples. *Canadian Journal of Animal Science*, 99(3), 521–531. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0215>
30. Duque López, N. P., Casellas Vidal, J., Quijano Bernal, J. H., Casals Costa, R., & Martí Such, F. X. (2018). Fitting lactation curves in a Colombian Holstein herd using nonlinear models. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 71(2), 8459–8468. <https://doi.org/10.15446/rfna.v71n2.67424>
31. Espasandin, A. C., Gutierrez, V., Casal, A., Graña, A., Bentancur, O., & Carriquiry, M. (2016). Modeling Lactation Curve in Primiparous Beef Cattle. *Journal of Agricultural Science*, 8(4), 116–125. <https://doi.org/10.5539/jas.v8n4p116>
32. Espinoza, D. (2012). *Plan Estratégico del Sector Lácteo de Cajamarca*. [tesis de magister, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la PUCP. [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4610/ESPINOZA\\_JAUREGU\\_I\\_LEVAU\\_LACTEO\\_CAJAMARCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4610/ESPINOZA_JAUREGU_I_LEVAU_LACTEO_CAJAMARCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
33. Eurostat. (2018). Agriculture, forestry and fishery statistics 1-195, En *Milk and milk product statistics* (pp. 33–64). 10.2785/340432
34. Ferreira, O., Mujica, F., Uribe, H., Lanuza, F., Quinteros, G., y Concha, G. (2010). El control lechero bovino en Chile y su importancia en el mejoramiento genético del rebaño nacional. *Agro Sur*, 38(3), 178-173. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2010.v38n3-01>
35. Food and Agriculture Organization of The United Nations. (2019a). Overview of global dairy market developments in 2018 [bulletin n° 3]. <http://www.fao.org/3/ca3879en/ca3879en.pdf>

36. Food and Agriculture Organization of The United Nations. (2020b). *Dairy Market Review - Overview of global dairy market developments in 2018*. <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA3879EN/>
37. Gamboa, C., & Mercado, W. (2015). Comercialización de la Leche en la Provincia de Concepción, Valle del Mantaro, Junín - Perú. *Anales Científicos*, 76(2), 225. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i2.785>
38. Gamboa, M.G (2015). Valuación de efectos ambientales y genéticos sobre producción de leche de vacas Holstein y Jersey en Costa Rica. [tesis de magister, Universidad Nacional de Costa Rica]. Repositorio Institucional UNA. <http://www.pcvet.cr/wp-content/uploads/2014/05/GabrielaGamboa.pdf>
39. Gantner, V., Jovanovac, S., Klopčič, M., Cassandro, M., Raguž, N., & Kuterovac, K. (2009). Methods for estimation of daily and lactation milk yields from alternative milk recording scheme in Holstein and Simmental cattle breeds. *Italian Journal of Animal Science*, 8(4), 519–530. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.519>
40. Ghosh, S., & Khan, M. K. I. (2014). Identification of the Suitable Milk Recording Protocol for Small-scale Dairy Production. *International Journal of Dairy Science*, 9(4), 124–131. <https://doi.org/10.3923/ijds.2014.124.131>
41. Grzesiak, W., Błaszczuk, P., & Lacroix, R. (2006). Methods of predicting milk yield in dairy cows—Predictive capabilities of Wood’s lactation curve and artificial neural networks (ANNs). *Computers and Electronics in Agriculture*, 54(2), 69–83. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2006.08.004>
42. Gupta, A., Gandhi, R. S., Singh, M., Singh, A., Prakash, V., Dash, S. K., & Dash, S. (2016, in press). Comparison of different lactation curve models in Sahiwal cattle up to fourth parity using monthly test day milk yields. *Indian Journal of Dairy Science*, 69(4), 460–466. <http://epubs.icar.org.in/ejournal/index.php/IJDS/article/view/55584>
43. Harder, B., Bennewitz, J., Hinrichs, D., & Kalm, E. (2006). Genetic Parameters for Health Traits and Their Relationship to Different Persistency Traits in German Holstein Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(8), 3202–3212. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72595-4](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72595-4)
44. Hemme T. (2019). *Global Dairy Trends and Drivers 2019*. International Farm Comparison Network. <https://ifcndairy.org/wp-content/uploads/2019/10/IFCN-Dairy-Report-Article-2019.pdf>
45. Hernández, L. E., Nally, J. E., Lindahl, J., Wanapat, M., Alhidary, I. A., Fangueiro, D., ... de Almeida, A. M. (2019). Dairy science and health in the tropics: challenges and opportunities for the next decades. *Tropical Animal Health and Production*, 51(5), 1009–1017. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01866-6>
46. Indrijani, H., Anang, A., Tasripin, D., & Salman, L. B. (2019). Milk Production Curve on Various Test Day Patterns (Case in BBPTU-HPT Baturraden). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 334, 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/334/1/012005>

47. Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2016). *Informe técnico N°2: Producción Nacional*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gob.pe/media/principales\\_indicadores/02-informe-tecnico-n02\\_produccion-nacional-dic2016.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/principales_indicadores/02-informe-tecnico-n02_produccion-nacional-dic2016.pdf)
48. International Committee for Animal Recording. (2014a). *International Agreement of Recording Practices*. ICAR. [http://pecuaria.pt/docs/Guidelines\\_2014.pdf](http://pecuaria.pt/docs/Guidelines_2014.pdf)
49. International Committee for Animal Recording. (2021b). Historic information about milk recording. <https://www.icar.org/index.php/about-us-icar-facts/historic-information-about-milk-recording/>
50. International Committee for Animal Recording. (2021c). *ICAR Guidelines*. <https://www.icar.org/index.php/icar-recording-guidelines/>
51. Jingar, S., Mehla, R. K., Singh, M., & Roy, A. K. (2014). Lactation Curve Pattern and Prediction of Milk Production Performance in Crossbred Cows. *Journal of Veterinary Medicine*, 2014, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2014/814768>
52. Klopčič, M., Malovrh, Š. M., Gorjanc, G., Kovac, M., & Osterc, J. (2003). Prediction of daily milk fat and protein content using alternating (AT) recording scheme. *Czech Journal of Animal Science*, 48(11), 449–458. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.543.1928&rep=rep1&type=pdf>
53. Kokate, L. S., Singh, A., Banu, R., Gandhi, R. S., Chakravarty, A. K., Gupta, A. K., & Sachdeva, G. K. (2014). Prediction of 305-day lactation milk yield based on bimonthly test day values in Karan Fries cattle. *Indian Journal of Animal Research*, 48(2), 103. <https://doi.org/10.5958/j.0976-0555.48.2.023>
54. Kong, L., Li, J., Li, R., Zhao, X., Ma, Y., Sun, S., ... Zhong, J. (2017). Estimation of 305-day milk yield from test-day records of Chinese Holstein cattle. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 791–797. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1403918>
55. Landeskontrollverband Austria. (2020). Richtlinien der Milchkontrolle Rinder. <https://lkv.at/at/leistungspruefung/themen/milchleistung/Rinder/Richtlinien-Milchleistungspruefung-Rinder.php>
56. Lee, D., & Min, H. (2013). Estimation of Daily Milk Yields from AM/PM Milking Records. *Journal of Animal Science and Technology*, 55(6), 489-500. <https://doi.org/10.5187/jast.2013.55.6.489>
57. Liu, Z., Reents, R., Reinhardt, F., & Kuwan, K. (2000). Approaches to Estimating Daily Yield from Single Milk Testing Schemes and Use of a.m.-p.m. Records in Test-Day Model Genetic Evaluation in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(11), 2672–2682. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)75161-7](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)75161-7)
58. Liu, Z., Reents, R., Reinhardt, F., & Kuwan, K. (2000). Approaches to Estimating Daily Yield from Single Milk Testing Schemes and Use of a.m.-p.m. Records in Test-Day Model Genetic Evaluation



- in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(11), 2672-2682. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)75161-7](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)75161-7)
59. Livestock Improvement Corporation. (2021). *Herd testing overview*. <https://www.lic.co.nz/products-and-services/herd-testing/herd-testing-overview/>
  60. McGill, D. M., Thomson, P. C., Mulder, H. A., & Lievaart, J. J. (2014). Strategic test-day recording regimes to estimate lactation yield in tropical dairy animals. *Genetics Selection Evolution*, 46(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12711-014-0078-0>
  61. McParland, S., Coughlan, B., Enright, B., O’Keeffe, M., O’Connor, R., Feeney, L., & Berry, D. P. (2019). Prediction of 24-hour milk yield and composition in dairy cows from a single part-day yield and sample. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 58(1), 66–70. <https://doi.org/10.2478/ijafr-2019-0007>
  62. Mejoramiento y Control Lechero Uruguayo. (2014). *Mejoramiento y Control Lechero Uruguayo*. <https://www.mu.org.uy/>
  63. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2017a). *Estudio de la ganadería lechera en el Perú. Vol. I*. <http://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis2018?download=13414:ganaderia-lechera-en-el-peru-2017>
  64. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2017b). *Plan Nacional de Desarrollo Ganadero 2017-2027*. <https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/plan-nacional-ganadero.pdf>
  65. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2019c). *Boletín Estadístico Mensual “El Agro en Cifras”*. <https://www.minagri.gob.pe/portal/boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras?start=1>
  66. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2020d). *Boletín Estadístico Mensual “El Agro en Cifras”*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/536471/boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-dic19-130220.pdf>
  67. Ministerio de Salud. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. p. 146. <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
  68. Mohanty, B. S., Verma, M. R., Sharma, V. B., & Roy, P. K. (2017). Comparative study of lactation curve models in crossbred dairy cows. *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences*, 13(2), 545-551. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183034860>
  69. Naranchuluum, G., Ohmiya, H., Masuda, Y., Hagiya, K., & Suzuki, M. (2011). Selecting the desirable method for predicting 305-day lactation yields in Mongolia. *Animal Science Journal*, 82(3), 383–389. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2010.00860.x>
  70. Novakovic, Z., Ostojic-Andric, D., Pantelic, V., Beskorovajni, R., Popovic, N., Lazarevic, M., & Niksic, D. (2014). Lifetime production of high-yielding dairy cows. *Biotechnology in Animal Husbandry Biotehnologija u Stocarstvu*, 30(3), 399–406. <https://doi.org/10.2298/bah1403399n>
  71. OCDE/FAO. (2018). OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2017-2026 1-154, En *Resúmenes de los productos básicos* 111-133. OCDE. [https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2017-11-es](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-11-es)

72. Oliva, F.J. (1987). *Factores de corrección para edad en vacas lecheras de raza Holstein en la cuenca lechera de Lima*. [tesis de bachiller, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina.
73. Olori, V. E., Brotherstone, S., Hill, W. G., & McGuirk, B. J. (1999). Fit of standard models of the lactation curve to weekly records of milk production of cows in a single herd. *Livestock Production Science*, 58(1), 55-63. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(98\)00194-8](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(98)00194-8)
74. Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura. (2017c). FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
75. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015a). *Perspectivas Alimentarias: Resúmenes de Mercado*. <http://www.fao.org/3/b-i4581s.pdf>
76. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017b). *El sector lechero mundial: Datos*. <http://www.dairydeclaration.org/Portals/153/FAO-Global-Facts-SPANISH-F.PDF?v=1>
77. Pallette, A., E., Rodríguez, Z. M., & García, E. C. (2018). Características de productividad lechera de un establo de la cuenca de Cajamarca [Characteristics of productivity of a dairy farm of the dairy valley of Cajamarca]. *Anales Científicos*, 79(2), 466–472. <http://dx.doi.org/10.21704/ac>
78. Pallette, A.E. (2005). Mejoramiento del ganado vacuno de leche. INIA. Recuperado de [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/1042/1/Pallette-Mejoramiento\\_del\\_ganado\\_vacuno\\_de\\_leche.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/1042/1/Pallette-Mejoramiento_del_ganado_vacuno_de_leche.pdf)
79. Quddus, M. A. (2013). Adoption of dairy farming technologies by small farm holders: practices and constraints. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 41(2), 124–135. <https://doi.org/10.3329/bjas.v41i2.14132>
80. Quijano, L. F. (2013). *Implementación del control del rendimiento lechero en lecherías del altiplano norte de Antioquia*. [tesis de título, Corporación Universitaria Lasallista]. Repository Lasallista. [http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1506/1/Control\\_rendimiento\\_lechero\\_al\\_tiplano\\_norte\\_Antioquia.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1506/1/Control_rendimiento_lechero_al_tiplano_norte_Antioquia.pdf)
81. Rahayu, A. P., Hartatik, T., Purnomoadi, A., & Kurnianto, E. (2018). Estimation of 305 Day Milk Yield from Cumulative Monthly and Bimonthly Test Day Records in Indonesian Holstein Cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 119, 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/119/1/012028>
82. Ribeiro da Glória, J., Garcia Bergmann, J. A., Quirino, C. R., Mendes Ruas, J. R., Campos Pereira, J. C., Braga Reis, R., Coelho, S. G., & de Almeida e Silva, M. (2012). Environmental and genetic effects on the lactation curves of four genetic groups of crossbred Holstein-Zebu cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(11), 2309-2315. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982012001100002>

83. Rodríguez, J. D., Correa, G. A., & Echeverri, J. J. (2013). Prediction Models for Total Milk Yield and Fat Percentage Using Partial Samples. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 66(1), 6909-6917. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/39522>
84. Rospigliosi, J., & Suárez, I. (2018). Proceso de transmisión de precios en los mercados de leche fresca y leche evaporada. [tesis de magíster, Pontificia Universidad Católica del Perú] 13-41. Repositorio Institucional PUCP. [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13031/ROSPIGLIOSI\\_JULIO\\_SU%C3%81REZ\\_INGRID\\_PROCESO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13031/ROSPIGLIOSI_JULIO_SU%C3%81REZ_INGRID_PROCESO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
85. Rozenberg, S., Body, J. J., Bruyère, O., Bergmann, P., Brandi, M. L., Cooper, C., Devogelaer, J. P., Gielen, E., Goemaere, S., Kaufman, J. M., Rizzoli, R., & Reginster, J. Y. (2016). Effects of Dairy Products Consumption on Health: Benefits and Beliefs--A Commentary from the Belgian Bone Club and the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases. *Calcified tissue international*, 98(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s00223-015-0062-x>
86. Sargent, F. D., Lytton, V. H., & Wall, O. G. (1968). Test Interval Method of Calculating Dairy Herd Improvement Association Records. *Journal of Dairy Science*, 51(1), 170-179. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(68\)86943-7](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(68)86943-7)
87. Schaeffer, L. R., Jamrozik, J., Kistemaker, G. J., & Van Doormaal, J. (2000). Experience with a Test-Day Model. *Journal of Dairy Science*, 83(5), 1135–1144. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)74979-4](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)74979-4)
88. Servicio Oficial de Productividad Lechera. (2016). *Programa de Investigación y Proyección Social en Mejoramiento Animal*. <http://www.lamolina.edu.pe/mejoramientoanimal/ProductividadLechera.htm>
89. Silva, E. (2017). Control de productividad lechera en vacas modelo chileno. [tesis de título, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3176/L01-S54-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
90. Simo, D., Mura, L., & Buleca, J. (2016). Assessment of milk production competitiveness of the Slovak Republic within the EU-27 countries. *Agricultural Economics (Czech Republic)*, 62(10), 482–492. <https://doi.org/10.17221/270/2015-AGRICECON>
91. Stud Book. (2021). *Logix Milk*. <http://www.studbook.co.za/p116/services/logix-milk.html>
92. Thorat, B. N., Thombre, B. M., & Bhoite, U. Y. (2019). Comparative study of fitting various lactation curve models in Holdeo crossbred cattle. *Indian Journal Of Animal Research*, 53(11), 1538–1542. 10.18805/ijar.B-3590
93. Tonhati, H., Cerón-Muñoz, M. F., Oliveira, J. A. de, El Faro, L., Lima, A. L. F., & Albuquerque, L. G. de. (2008). Test-day milk yield as a selection criterion for dairy buffaloes (*Bubalus bubalis*)



- Artiodactyla, Bovidae). *Genetics and Molecular Biology*, 31(3), 674–679.  
<https://doi.org/10.1590/s1415-47572008000400012>
94. Torshizi, E. M., Mashhadi, M., & Farhangfar, H. (2019). Different aspects of lactation persistency in dairy cows. *Indian Journal of Animal Sciences*, 86(6), 607-614.  
<http://epubs.icar.org.in/ejournal/index.php/IJAnS/article/view/91098>
95. United States Department of Agriculture. (2020). *Milk Production*.  
[nass.usda.gov/Publications/Todays\\_Reports/reports/mkpr0120.pdf](https://nass.usda.gov/Publications/Todays_Reports/reports/mkpr0120.pdf)
96. Ural, D. A., & Koskan, O. (2014). The estimation of lactation curve parameters from test-day milk yield in Holstein-Friesian cows in Bozdogan province in Turkey. *Journal of Agriculture and Environmental Management*, 3(2), 145–150.  
<http://apexjournal.org/rjaem/archive/2014/Feb/fulltext/Ural%20and%20Koskan.pdf>
97. Vásquez, A. (2017). *Curva de lactación en ganado bovino lechero con modelos no lineales en un establo del valle de Huaura*. [tesis de magister, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina.  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2817/L01-V387-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
98. Vinothraj, S., Subramanian, A., Venkataramanan, R., Joseph, C., Sivaselvam, N., & Gopi, H. (2017). Prediction of 305-day lactation milk yield from part lactation yields in jersey crossbred cows. *Indian Veterinary Journal*, 94(3), 46-47. Retrieved from <http://krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/5810007105>
99. Wiggans, G. R., & Van Vleck, L. D. (1979). Extending Partial Lactation Milk and Fat Records with a Function of Last-Sample Production. *Journal of Dairy Science*, 62(2), 316-325.  
[https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(79\)83242-7](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(79)83242-7)
100. Zapata, J.D. (2017). *Exportación y producción de leche evaporada del Perú en el periodo 2008–2016*. [tesis de título, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo.  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21274/Jhonston\\_ZJD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21274/Jhonston_ZJD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
101. Zuluaga, C. A. (2019). *Control lechero en ganaderías especializadas de leche en el Norte y Oriente de Antioquia Trabajo*. [tesis de título, Corporación Universitaria Lasallista]. Repository Lasallista  
[http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2374/1/Control\\_lechero\\_ganaderias\\_especializadas.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2374/1/Control_lechero_ganaderias_especializadas.pdf)