

EVALUACION DE INDICADORES PRODUCTIVOS Y  
AMBIENTALES DE TAMBOS DE LA CUENCA LECHERA MAR Y  
SIERRAS

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires*

*Área Producción Animal*

**Julio Hernán González**

Ingeniero Agrónomo - Universidad de Buenos Aires



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano  
Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires

## **COMITÉ CONSEJERO**

Director de tesis

**Adriana Mabel Rodríguez**

Ingeniera Agrónoma (UBA)

Magister en Recursos Naturales (UBA)

Doctora de la Universidad de Buenos Aires. Área Ciencias Agropecuarias

Co-directora de tesis

**Elizabeth Jacobo**

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

Magister en Recursos Naturales (UBA)

Doctora en Agroecología de la Universidad Nacional de Colombia/Universidad de Antioquia

## **JURADOS DE TESIS**

**Dra. M.V. Susana B. Gil**

**Dra. Ing. Agr. María Alejandra Herrero**

**PhD. Ing. Agr. Rafael Alejandro Palladino**

Fecha de defensa de la tesis: 11 de junio de 2024

## DECLARACIÓN

*Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.*

*Julio Hernán González*

## AGRADECIMIENTOS

*A Adriana Mabel quien dirigió este trabajo pacientemente aportando ideas, soluciones precisas y su amistad de siempre.*

*A Laura Elena Puhl quien me ayudó con el análisis estadístico, y me apoyó serenamente dándome ánimo para llevar adelante este proyecto.*

*A Pancho Furlong, a “Cocoy” y a todos los productores y consultores tamberos entrevistados, los cuales dedicaron parte de su valioso tiempo para brindar la información solicitada.*

*A mi familia Lau, Agus y León por acompañarme con risas y abrazos a pesar de los momentos de enojo con mi tarea.*

*A la Facultad de Agronomía de la UBA, que me brindó la posibilidad de realizar mi formación académica, concretando este trabajo de tesis.*

## INDICE GENERAL

INDICE DE CUADROS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
ABREVIATURAS.....	xv
CAPÍTULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN GENERAL, OBJETIVOS E HIPOTESIS .....	1
1. Introducción general .....	2
1.1. Características y evolución de la Cadena Láctea.....	3
1.1.1. Eslabones de la Cadena Láctea.....	5
1.2. Objetivo general del proyecto .....	13
1.2.1. Objetivos específicos .....	13
1.3. Hipótesis de trabajo .....	13
CAPÍTULO 2: PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE.....	
2. Introducción.....	16
2.1. Producción de leche y de sólidos útiles por unidad de superficie. ....	16
2.2. Calidad higiénico-sanitaria de la leche producida. ....	21
2.3. Hipótesis .....	25
2.4. Objetivos.....	26
2.5. Materiales y Métodos .....	26

2.6. Resultados y discusión .....	32
2.7. Conclusión.....	54
CAPITULO 3 .....	56
EFICIENCIA EN EL USO DE NUTRIENTES .....	56
3. Introducción.....	57
3.1. Eficiencia en el uso de N y P.....	57
3.2. Hipótesis .....	61
3.3. Objetivos.....	62
3.4. Materiales y Métodos .....	62
3.5. Resultados y Discusión.....	67
3.6. Conclusiones.....	91
CAPITULO 4: CONCLUSIONES.....	94
BIBLIOGRAFIA.....	97
ANEXO 1 .....	111
ANEXO 2 .....	114

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Evolución de Indicadores Seleccionados del Sector Primario.....	9
Cuadro 1.2. Distribución de empresas según volumen de leche procesado diariamente.....	10
Cuadro 2.1. Evolución de algunas variables del tambo medio de Argentina .....	18
Cuadro 2.2.: Valores medios y desvíos estándar (D.E.) de las variables productiva evaluadas en los tambos pertenecientes a la cuenca Mar y Sierras de la Provincia de Buenos Aires, en los años 2006-2007 y 2016-2017 (González et al, 2019).....	20
Cuadro 2.3. Rango de mermas de producción en función del RCS en el tanque.....	23
Cuadro 2.4. Cambios producidos por la mastitis en la composición de la leche.....	25
Cuadro 2.5. Distribución de tambos de la Cuenca Mar y Sierras por localidad .....	29
Cuadro 2.6. Valores medios, desvío estándar y coeficiente de variación de los 25 tambos relevados para la carga, la superficie y las vacas total promedio.....	35
Cuadro 2.7. Valores medios, desvío estándar y coeficiente de variación de los 25 tambos relevados para, producción individual y productividad en litros por haVT.año.....	35

Cuadro 2.8. Valores medios, desvío estándar y coeficiente de variación de los 25 tambos relevados para recuento de células somáticas, unidades formadoras de colonias y kilogramos de sólidos útiles por vaca ordeño/día y por haVT.año.....	37
Cuadro 3.1. Número de establecimientos lecheros por estrato según el número de VT y los valores medios y desvío estándar de cada uno de ellos para vaca total , superficie, carga y producción individual de leche vacas en ordeño y producción anual de leche por vaca total.....	68
Cuadro 3.2. Descripción del balance anual de N e Indicadores de aprovechamiento según número de Vacas totales (VT) de tambos de la Cuenca Mar y Sierras.....	70
Cuadro 3.3. Balance anual de Fósforo (P) e Indicadores de aprovechamiento según número de Vacas totales (VT) de tambos de la Cuenca Mar y Sierras.....	81

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Funcionamiento del complejo lechero de la cadena láctea .....	4
Figura 1.2. Evolución de la producción anual de leche en Argentina, 1970-2019 en millones de litros. Fuente: Elaboración propia sobre datos del Observatorio de la Cadena Láctea.....	7
Figura 2.1. Mapa de las cuencas lecheras de la provincia de Buenos Aires.....	28
Figura 2.2. Diagrama de caja y bigote de porcentaje de sólidos útiles por vaca ordeño para la raza Holando y las cruzas en los 25 tambos relevados.....	33
Figura 2.3. Diagrama de caja y bigote de la producción de leche expresada como litros de vaca ordeño/día para la raza Holando y las cruzas en los 25 tambos relevados.....	34
Figura 2.4. Biplot de los 25 tambos y las siguientes variables: Producción individual promedio de leche por día (l/VO/día); Productividad (litros/haVt.año y KgSU/ha.año);Calidad composicional de la leche producida (KgSU/VO/d); Calidad higiénica de la leche producida (ufc/ml) y Calidad sanitaria de la leche producida (RCS/ml) y a las variables de estructura (Superficie, Carga y VT) para la raza Holando y las Cruzas.....	40
Figura 2.5. Curva de ajuste entre la carga y la productividad (lts/haVt.año) en los 25 tambos.....	42
Figura 2.6. Curva de ajuste entre la carga y la productividad (KgSU/haVT.año) en los 25 tambos.....	43

Figura 2.7. Curva de ajuste entre la suplementación (Ton MS/año) y la productividad (KgSU/haVT.año) en los 25 tambos relevados.....	46
Figura 2.8. Curva de ajuste entre la suplementación y la producción individual (lts/VO.día) en los 25 tambos.....	47
Figura 2.9. Curva de ajuste entre la suplementación y Porcentaje de sólidos útiles (%SU) en los 25 tambos.....	49
Figura 2.10. Curva de ajuste entre la suplementación (Ton MS Supl/VT Año) y la carga (VT/haVT) en los 25 tambos.....	51
Figura 2.11. Valores de UFC/ml y carga en los 25 tambos analizados.....	52
Figura 2.12. Curva de ajuste entre la carga y las UFC/ml en los 23 tambos.....	53
Figura 2.13. Curva de ajuste entre la carga y el RCS/ml en los 25 tambos.....	54
Figura 3.1. Dispersión y recta de ajuste entre las variables Balance total de Nitrógeno (N) y número de vacas totales (VT) en los 24 tambos.....	69
Figura 3.2. Aporte anual de las fuentes de ingreso total de N en tambos agrupados según número de vacas totales (VT).....	75
Figura 3.3. Incidencia porcentual de las fuentes de ingreso total de N en tambos agrupados según número de vacas totales (VT).....	76
Figura 3.4. Dispersión y recta de ajuste entre las variables Balance total de Fósforo (P) y número de vacas totales (VT) en los 24 tambos.....	81

Figura 3.5. Aporte anual de los ingresos de P por animales, alimentos externos y fertilizantes en el ingreso total de P en tambos agrupados según número de vacas totales (VT).....85

Figura 3.6. Incidencia porcentual de ingresos de P por animales, alimentos externos y fertilizantes en el ingreso total de P en tambos agrupados según número de vacas totales (VT).....85

Figura 4.1. Figura 4.1. Diagrama explicativo del efecto del proceso de intensificación sobre los indicadores productivos y ambientales.....94

## RESUMEN

El complejo lácteo argentino experimenta una transformación como consecuencia de la competencia por el uso de la tierra y de los avances tecnológicos. Un alto porcentaje de los tambos pasaron de modelos extensivos a modelos intensivos, con la incorporación de insumos y de capital y aumentos de la producción de leche anual. Esta tesis evalúa los efectos del proceso de intensificación sobre indicadores productivos y ambientales en tambos de la cuenca Mar y Sierras. Mediante entrevistas a productores y asesores, se registraron variables relevantes en tambos con distintos niveles de intensificación, superficie y número de vacas totales (VT). Se determinaron relaciones entre variables y diferencias entre grupos mediante análisis de Regresión, Correlación y ANOVA. Los tambos abarcaron un rango de superficies de 37 a 377 ha y de cargas de 0,86 a 2,94. VT/haVT. Presentaron sistemas de producción de base pastoril, prevaleciendo las pasturas de alfalfa, con suplementación durante todo el año. La producción individual (PI) diaria ( $21,2 \pm 3,5$  litros), la productividad ( $11479 \pm 4258$  litros/año/haVT) y la producción anual por vaca ( $6481 \pm 1646$  litros) promedios fueron superiores a la media nacional. La calidad composicional e higiénico-sanitaria de la leche se correspondió con los parámetros aceptados. Se encontraron asociaciones positivas entre la carga y la suplementación y de ambas con la productividad. Esto demuestra que incrementos simultáneos en la carga y en la suplementación mejoran los indicadores productivos. Respecto de los indicadores ambientales, los ingresos de nitrógeno y fósforo al predio superaron a los egresos en productos y frente al aumento del número de vacas totales, los

excesos de nutrientes fueron de mayor magnitud. Se verificó una asociación positiva y significativa entre los balances y el número de vacas totales. Estos resultados indican que la intensificación provoca excesos y acumulación de nutrientes, que son una amenaza de alto poder contaminante.

Palabras claves: Sistemas de producción de leche, proceso de intensificación, carga animal, indicadores ambientales, balance de nitrógeno, balance de fósforo.

## ABSTRACT

The Argentine dairy complex is undergoing a transformation as a result of competition for land use and technological advancements. A high percentage of dairy farms have shifted from extensive to intensive models, incorporating inputs and capital, leading to increased annual milk production. This thesis assesses the effects of the intensification process on productive and environmental indicators in dairy farms in the Mar y Sierras basin. Relevant variables were recorded through interviews with producers and advisors, covering dairy farms with different levels of intensification, surface area, and total cow numbers (TCN). Relationships between variables and differences between groups were determined using Regression, Correlation, and ANOVA analysis. The dairy farms ranged in size from 37 to 377 hectares, with cow stocking rates ranging from 0.86 to 2.94 TCN/ha. They predominantly had pasture-based production systems, with lucerne pastures prevailing and year-round supplementation. Average daily individual milk production ( $21.2 \pm 3.5$  liters), productivity ( $11,479 \pm 4,258$  liters/year/ha TCN), and annual milk production per cow ( $6,481 \pm 1,646$  liters) exceeded the national average. The compositional and hygienic-sanitary quality of the milk met accepted parameters. Positive associations were found between cow density and supplementation, and both were positively correlated with productivity. This demonstrates that simultaneous increases in cow density and supplementation improve productive indicators. Regarding environmental indicators, nitrogen and phosphorus inputs on the premises exceeded outputs in products, and with an increase in total cow numbers, nutrient

excesses became more pronounced. A positive and significant association was observed between nutrient balances and total cow numbers. These results indicate that intensification leads to nutrient excesses and accumulation, posing a significant pollution threat.

Key words: Dairy systems, intensification process, stocking rate, environmental indicators, nitrogen balance, phosphorus balance.

## ABREVIATURAS

ACP	Análisis de Componentes Principales
ANOVA	Análisis de la variancia
BN-N	Balance de nutrientes de nitrógeno
BN-O	Balance de nutrientes de fósforo
ESL	Encuesta Sectorial Lechera
EUN	Eficiencia en el Uso de Nutrientes
FAO	Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
ha	Hectárea
G1	Grupo 1 de tambos
G4	Grupo 4 de tambos
IDF	International Dairy Federation
IeUN	Ineficiencia en el uso de Nutrientes
IRAM	Instituto Argentino de Racionalización de Materiales
ISO	International Organization for Standarization
l	litro
MAGyP	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación
N	Nitrógeno
OCLA	Observatorio de la Cadena Láctea
P	Fósforo

PI	Producción Individual
PT	Proteínas totales
RCS/ml	Recuento de células somáticas por mililitro
ST	Sólidos totales
SU	Sólidos útiles
TC	Tambo convencional
TO	Tambo orgánico
ufc/ml	Unidades formadoras de colonia por mililitro
VT	Vaca Total
VO	Vaca ordeño

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN GENERAL, OBJETIVOS E HIPOTESIS**

## 1. Introducción general

Como consecuencia del modelo tecnológico de la denominada Revolución Verde (Borlaug, 2007) en los últimos 50 años el sector agropecuario mundial y nacional ha sufrido profundas transformaciones en los mecanismos de producción y provisión de alimentos, convirtiéndose en una actividad industrial con baja ocupación de mano. Este proceso de modernización de la agricultura se basa en la mecanización y aplicación del paquete tecnológico con insumos derivados de los combustibles fósiles (Broccoli, 2014), que implicó una creciente homogeneización y simplificación de los sistemas productivos. Actualmente los sistemas agroalimentarios poseen altos niveles de concentración de superficie y capital, tanto en el proceso productivo agrícola ganadero como en los procesos de transformación industrial, distribución y comercialización (Teubal, 2006).

En Argentina se ha dado este proceso de cambio en varias regiones del país en las que prevalecían producciones mixtas y hoy son casi exclusivamente productoras de grano, con una matriz tecnológica liderada por los cultivos transgénicos y el uso de elevadas cantidades de insumos derivados del petróleo, como combustibles y agroquímicos (Satorre, 2005; Viglizzo y Jóbbagy; 2010, Sarandón y Flores, 2014). Como resultado de este proceso se observa una notable disminución de la superficie destinada a la producción ganadera, que fue reemplazada por cultivos agrícolas debido a su rentabilidad y simplicidad productiva (Paruelo *et al.*, 2005; Reboratti, 2010).

El sector lácteo argentino no ha sido ajeno a estas importantes modificaciones. La competencia por el uso de la tierra y los avances tecnológicos han determinado cambios en la forma de producir leche (Beltrame, 2010; Gastaldi *et al*, 2018), donde un alto porcentaje de los tambos comerciales pasaron de modelos extensivos a modelos de mayor complejidad e intensidad (Lazzarini *et al*, 2019). Los impactos de estos cambios no están aun totalmente estudiados

### **1.1. Características y evolución de la Cadena Láctea de Argentina**

El Complejo Lácteo Argentino constituye uno de los complejos agroalimentarios más importantes del país conformando un entramado productivo con gran impacto en términos socio-económicos, de distribución territorial y capacidad de generar empleo, todas ellas características esenciales para el desarrollo de las economías regionales. Asimismo, realiza un valioso aporte nutricional a través de productos con diferente grado de procesamiento: leche fluida y en polvo, yogur, manteca y quesos entre otros, todos ellos derivados lácteos con un sustancial valor agregado.

Esta cadena de valor cuyos tres eslabones son la producción primaria, el procesamiento industrial y la comercialización (Figura 1.1) presenta una gran heterogeneidad productiva y tecnológica (Terán, 2007; Gutman y Ríos, 2010; Petrecolla, 2016). Contribuye con el 1,8% al PBI nacional y da trabajo directo, tanto primario como industrial, a 70.000 personas. Cabe aclarar respecto a la logística de la cadena, que entre la etapa primaria y la industrial interviene el servicio de recolección y transporte, a través de

las flotas de camiones cisternas con equipos de frío. Las modalidades adoptadas varían por región y empresa; mientras que algunas firmas cuentan con flotas propias, otras tercerizan la recolección diaria de leche. La distribución final de los productos elaborados hacia los canales de comercialización está principalmente en manos de las mismas empresas productoras, mediante centros de distribución y distribuidores exclusivos (MAGyP, 2019).

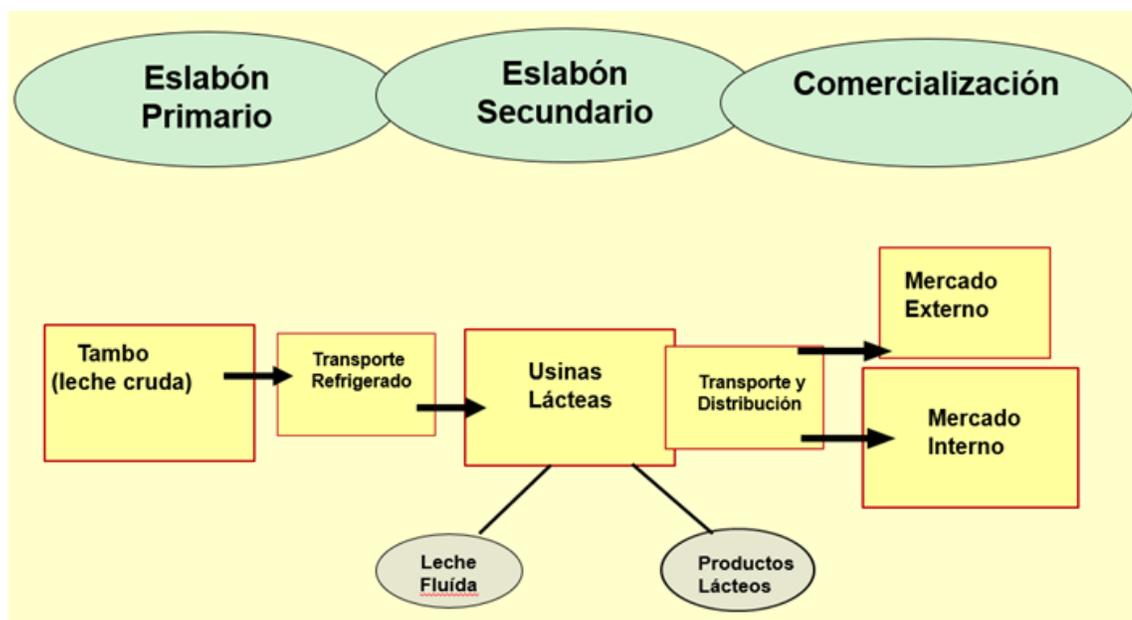


Figura 1.1: Funcionamiento del complejo lechero de la cadena láctea.

Fuente: Elaboración propia en base a Petrecolli (2016)

### **1.1.1. Eslabones de la Cadena**

El sector primario produce leche cruda, materia prima para la producción industrial, y está conformado por poco menos de 10.076 tambos localizados en las diversas cuencas lácteas con modelos productivos heterogéneos y una amplia distribución geográfica (Lazzarini, 2019; OCLA, 2023).

La mayor parte de la producción lechera de Argentina se concentra en la región de la Pampa Húmeda, distribuida principalmente en las provincias de Buenos Aires, Santa Fé y Córdoba que aportan el 20,8%, 34,6% y 29,1% respectivamente. El resto de la producción nacional lo aportan Entre Ríos (7,9%), La Pampa (1,4%), Santiago del Estero (2,0%), Misiones (2,7%) más la participación marginal de Salta, Tucumán, San Luis y el resto de las provincias no pampeanas (OCLA, 2023).

La producción láctea de nuestro país se caracteriza por la estacionalidad de la producción, por un lado, relacionada a la mayor disponibilidad de pasto en primavera que en invierno. Así entonces la producción lechera está asociada a la curva de producción de pasto y como resultado de ello la producción de primavera es superior a la obtenida en invierno. Por otro lado, existen ciclos plurianuales vinculados a la evolución de la demanda interna. El “ciclo lechero” comienza con una fase en donde aumentan los precios de los lácteos al consumidor, éstos se trasladan a lo largo de la cadena hasta llegar al valor de la materia prima que recibe el productor tambero. Frente a este estímulo económico, mediante inversiones y gastos asociados principalmente a la nutrición animal, el tambo incrementa la

producción de leche. Si este incremento se vuelca al mercado doméstico y éste no cuenta con una demanda capaz de absorber esa mayor oferta, se produce una saturación de productos lácteos que resultan finalmente en una disminución de los precios al productor. Se inicia así una segunda fase del ciclo, en donde el productor reduce gastos e inversiones que terminan afectando negativamente el nivel de producción de mediano plazo. Esta disminución de la producción da lugar a la siguiente fase en donde la industria aumenta los precios de la materia prima a nivel de tambo, ya que necesita abastecerse con volúmenes estables a lo largo del tiempo para disminuir el costo financiero que implica sostener capacidad instalada ociosa. De este modo se reinicia el ciclo (Parellada y Schilder, 1999).

Con respecto a la evolución de la producción anual total de leche del país, en los últimos 20 años el sector se encuentra en una situación de estancamiento pues los niveles de producción de leche actuales son similares a los del año 1999 (Fig. 1.2). En 1999 se alcanzó un pico de producción comenzando a partir de allí una caída importante hasta el año 2003, producto principalmente de la crisis económica del 2001-2002. Luego la producción comenzó a recuperarse y en el año 2006 se alcanzó un nivel similar previo a la crisis. Entre 2011 y 2015 se alcanzaron picos históricos de más de 11.000 millones de litros con excepción de 10.000 millones en 2013. Finalmente se observó la fuerte caída de producción desde 2016, producto de contingencias climáticas y de mercado, con una leve recuperación a partir de 2019 (Fig. 1.2) (Gutman y Ríos, 2010, Galetto, 2016, OCLA, 2020).



Figura 1.2: Evolución de la producción anual de leche en Argentina, 1970-2019 en millones de litros. Fuente: Elaboración propia sobre datos del Observatorio de la Cadena Láctea.

En la actualidad los 10,34 billones de litros de leche producidos en el país provienen de 10.197 tambos y casi 1.588.902 vacas. Los principales indicadores técnico-productivos promedio para el año 2022 fueron: producción diaria por tambo de 3.285 litros (l/tambo/día), 144 vacas en ordeño (VO) y 156 vacas totales por tambo (VT/Tambo), VO/VT; 0,82, carga animal 1,48 VT/haVT, PI de 20,4 litros VO/día con un porcentaje de sólidos útiles (SU) compuesto por proteína y grasa butirosa de 6,97 y una productividad de 9183 litros/año/haVT (OCLA, 2023).

Habida cuenta que el número de tambos en Argentina se redujo de 30.141 en 1988 a 10.411 actualmente en actividad, y considerando los datos por estrato productivo (l/día), se observa que hacia el año 2000 se inicia una tendencia a la concentración de la producción orientada al incremento en el tamaño de las explotaciones con incorporación de tecnología en detrimento de aquellos más pequeños con menor capacidad de producción (Galletto, 2016; OCLA 2020). Respecto de la distribución de la cantidad de tambos y de la producción diaria de los mismos para julio de 2023 el 27,3% de los tambos producen menos de 1000 l/día (en promedio 495 l/día) y aportan el 4,2% de la producción nacional de leche. En el otro extremo el 5,3% de los tambos producen más de 10.000 l/día (en promedio 17.858 l/día) aportando el 29,4% de la producción total del país. En el mismo sentido, si el análisis se hace por provincia observamos que en los últimos doce meses la producción promedio de leche es 3.995 l/día para los tambos de Buenos Aires (OCLA, 2023). Esta concentración del sector primario en menos tambos más productivos es el resultado de la intensificación promovida por las principales empresas lácteas (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1: Evolución de Indicadores Seleccionados del Sector Primario.

Indicadores	1988	2002	2021
Producción (millones de litros)	6061	8100	10340
Nº de Tambos Región Pampeana (*)	30141	16500	10411
Nº vacas (miles)	2360	2450	1589
VT <sup>(1)</sup> /tambo	78	148	169
Litros/tambo/día	550	1539	3132
Litros/añoVT	2568	3784	6150
Producción Individual (litros/díaVO <sup>(2)</sup> )	8,3	15,1	20,4
Litros/ha.año		4980	9183

Fuente: Elaboración propia sobre datos del OCLA (2023), INTA (2022), Ministerio de Agricultura, ganadería y Pesca (2022)

(\*) Observatorio de la Cadena Láctea Argentina (OCLA) a partir de datos de SENASA

<sup>(1)</sup> Vacas Totales (VT)

<sup>(2)</sup> Vacas en Ordeño (VO)

Los tambos articulan con la industria láctea a través de mecanismos que varían acorde a la usina compradora de leche. Respecto a éstas últimas existe una gran heterogeneidad de empresas con distinta orientación productiva y tamaño, donde coexisten aquellas que cuentan con varias plantas hasta las más pequeñas que son los tambos-fábrica. Como

resultado de ello este eslabón está fuertemente estratificado: unas pocas empresas grandes captan mucho más de la mitad de la leche cruda producida. De las 685 plantas industriales solo el 3% procesan más de 250.000 litros por día (Cuadro 1.2). El 38% de las empresas procesan menos de 1000 l/día e industrializan el 2,3% del total de la leche. Las medianas empresas son las que están en el rango operativo de 5.000-250.000.

Cuadro 1.2: Distribución de empresas según volumen de leche procesado diariamente.

<b>Estrato</b>	<b>Volumen (litros/día)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Pequeñas	Menos de 5.000	46
Medianas	5.001 a 250.000	45
Grandes	Más de 251.000	3
No reciben leche cruda (*)		5
No elaboran (**)		1

Fuente: Elaboración propia sobre datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (2019).

(\*) Las que no reciben leche cruda son las mantequeras y las elaboradoras de suero

(\*\*) El relevamiento detectó seis plantas industriales que no estaban elaborando

La mayor proporción de plantas procesadoras están localizadas en las provincias donde tiene peso la actividad lechera: Buenos Aires (44%), Córdoba (28%), Santa Fé (15%), Entre Ríos (9%), La Pampa y Santiago del Estero (4%) y procesan alrededor de 28,5 millones de litros de leche por día (el 84% de las plantas industriales procesan menos de 50.000 l/día; el 10% procesa más de 50.000 l/día y el 6% restante corresponde a mantequeras). Casi el 90% de las usinas elaboran quesos y el 10% restante elaboran otros productos tales como yogures, leche en polvo, suero en polvo, postres, crema, manteca, dulce de leche y flan. En cuanto a su relación con el ambiente, solo el 30% de las industrias realizan tratamiento de sus efluentes y el 24% efectúa las mediciones de consumo de agua (MAGyP, 2019).

Alrededor del 75-80% de la producción nacional de productos lácteos se ubica en el mercado interno, lo cual implica que la dinámica del complejo lácteo se encuentra fuertemente vinculada con la situación económica en el plano local. La cadena de comercialización se caracteriza por contar con una distribución minorista que se canaliza principalmente a través de hiper y supermercados la mayor parte de ellos de capitales transnacionales. Según datos del OCLA correspondientes al año 2019, el mercado interno fue el destino del 79,4 % de la producción nacional de leche en donde el 40% de ese total se canalizó por hipermercados, supermercados y autoservicios.

Un aspecto para destacar del mercado internacional de lácteos es la fuerte volatilidad de los precios. Desde la década del '90 hasta la actualidad, la cantidad de productos lácteos

comercializados externamente ha fluctuado del 15 al 28% de la producción primaria. Los principales destinos en los últimos años han sido Brasil, Rusia, Argelia Chile, Paraguay y China. Las empresas de mayor tamaño se insertan en el comercio internacional con commodities en especial leche en polvo entera. La participación de Argentina en el total mundial de leche de vaca se mantiene en los últimos años en el orden de 1,5-2%, con extremos, en la serie disponible, que llegaron a un mínimo de 1,2% en 1970 y un máximo de 2,2% en 1999. (Cardin, 2016; Galetto, 2016; Lazzarini, 2019, OCLA, 2020).

En este contexto de cambios profundos en la forma de producción y dada la gran relevancia de la producción lechera en nuestro país, esta tesis busca analizar los efectos del proceso de intensificación en sistemas de producción de leche sobre aspectos productivos y ambientales. Para ello, este trabajo se enfocó en una de las cuencas lecheras más importantes de la región pampeana: la Cuenca lechera Mar y Sierras. Para la elección del sitio de estudio se tuvieron en cuenta algunos aspectos relevantes de la misma, ya que es la Cuenca que tiene la mayor producción diaria promedio de leche por tambo de Argentina con 5.416 litros/tambo/día y el mayor porcentaje promedio de SU con 7,15% (OCLA, 2023). Además, es de interés para este trabajo la heterogeneidad que presentan sus productores, que abarcan desde ganaderos familiares que producen 300 litros diarios y elaboran sus propios quesos hasta tambos con producciones mayores a 16.000 l/día que entregan leche a usinas que procesan más de 30.000 de litros al día (Velarde, 2022).

## **1.2. Objetivo general del proyecto**

Evaluar los impactos productivos y ambientales del proceso de intensificación en sistemas de producción de leche de la Cuenca Lechera Mar y Sierras mediante el uso de indicadores productivos y ambientales.

### **1.2.1. Objetivos específicos**

En tambos comerciales con distinta intensidad de uso de insumos de la Cuenca Lechera Mar y Sierras se busca:

- 1.2.1.1. Comparar la producción de leche y de sólidos útiles por unidad de superficie entre sistemas con distinto nivel de intensificación.
- 1.2.1.2. Evaluar la variación en la calidad higiénico-sanitaria de la leche producida entre sistemas con distinto nivel de intensificación.
- 1.2.1.3. Calcular los balances de nitrógeno y fósforo y la eficiencia de aprovechamiento a escala predial en relación al número de vacas totales.

## **1.3. Hipótesis de trabajo**

- 1.3.1. La intensificación de los sistemas de producción lechera incrementa los índices de productividad de los mismos debido al aumento de la carga ganadera y del mayor suministro de alimentos externos. Se predice que los tambos con mayor carga animal y uso de alimentos externos presentarán una producción de litros de leche y sólidos útiles superiores por unidad de superficie.

- 1.3.2. La intensificación de los sistemas de producción lechera modifica la calidad higiénico-sanitaria de la leche debido a que los animales de mayor producción tienen un desafío metabólico mayor que compromete la salud animal. Se predice que el recuento de células somáticas y las unidades formadoras de colonias estarán asociados positivamente con el aumento en el uso de insumos.
- 1.3.3. La intensificación de los sistemas de producción lechera incrementa el ingreso de nutrientes al predio con respecto al egreso (balance) debido principalmente al mayor uso de alimentos externos y fertilizantes de síntesis química. Se predice que, como consecuencia de ello, aumentarán los excedentes de N y P.
- 1.3.4. La intensificación de los sistemas de producción lechera disminuye la Eficiencia de Uso de Nutrientes (EUN%) debido principalmente al mayor uso de alimentos externos y fertilizantes de síntesis química. Se predice que, como consecuencia de ello, aumentará el índice ingreso/egreso de nutrientes.

**CAPÍTULO 2:**

**PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE**

## 2. Introducción

### 2.1. Producción de leche y de sólidos útiles por unidad de superficie.

Los sólidos útiles (SU), grasa butirosa y proteína de la leche, son el principal producto de venta de los tambos así como la tierra es el principal recurso limitante. Por tanto, la cantidad de kilos de sólidos útiles producidos por hectárea es el indicador más utilizado en el mundo para expresar la eficiencia de sistemas lecheros de base pastoril. El valor de este indicador surge de la relación entre la carga animal (VT/ha VT/año), la PI (litros de leche/vaca/día o kg de sólidos/vaca/día), y la eficiencia reproductiva (relación VO/VT) (Comerón, 2007). En ese sentido se puede afirmar que el indicador más utilizado en Argentina para medir y comparar la productividad de sistemas lecheros es aquel que relaciona la producción de leche con la superficie que ocupan las VT que son las hectáreas afectadas al rodeo de vacas en ordeño más las del rodeo de vacas secas (VS) y se expresa como litros de leche por hectárea de vaca total por año (Comerón, 2007; Centeno, 2013; Tieri *et al*, 2014).

Para el ejercicio 2020-2021 la encuesta sectorial realizada por el INTA (Engler *et al*, 2022) señala que un tambo promedio en Argentina tuvo una productividad estimada de 9.183 l/ha VT año, además la PI fue de 20,4 litros/VO/día, la carga promedio 1,46 VT/ ha VT y la relación VO/VT (indicador de eficiencia del rodeo influido por la duración de la lactancia y el intervalo entre partos) fue en promedio del 82% de VO/VT. Resulta interesante, para tener un parámetro de comparación, que para ese mismo período los

tambos neozelandeses (país con actividad lechera sin subsidios) han alcanzado una productividad de 12.184 litros año/ha tambo (Gastaldi *et al*, 2020).

El incremento en el valor de la tierra ocurrido en los últimos años ha ocasionado que el costo de oportunidad de esta sea el de mayor impacto en el significativo aumento del costo de producción de leche, por lo que resultó fundamental aumentar la producción por hectárea para sostener la competitividad de la lechería frente a la agricultura. Es decir, obtener más leche por unidad de superficie para diluir la incidencia de ese costo en el valor total de cada litro. Esa competencia por el recurso tierra ha llevado a una tendencia de intensificación de los modelos de producción para aumentar la productividad como una forma de mejorar el resultado económico: menos tambos de mayor superficie, más vacas por tambo cuyas dietas constan de menos pasto y más concentrado e incrementos en el uso de maquinarias y de insumos por unidad de superficie. (Charlón 2009; Sánchez *et al*, 2012; Centeno, 2013).

El aumento en la producción anual de leche se relaciona directamente con la mayor carga animal y con la producción individual por VO ya que ambas explican conjuntamente el 85 % de la variación total de aquella (Castley *et al.*, 1972, citado en Viglizzo, E. 1981; Comerón *et al*, 2007). Según Galetto (2018), los tambos argentinos ya dejaron de ser “típicamente pastoriles”, pues el pastoreo directo apenas satisface el 20-40 % de las necesidades nutritivas del rodeo. Por ello, el proceso de intensificación de los tambos de Argentina consistió principalmente en el aumento de la carga (práctica de manejo con mayor

peso en la eficiencia de los sistemas de base pastoril), sumado a la adquisición de genética con mayor capacidad productiva y dietas con mayor uso de concentrados (Comerón *et al*, 2007; Centeno, 2013; Gastaldi, *et al*, 2015; Lazzarini *et al*, 2014). En ese sentido, estudios realizados en Argentina en sistemas de base pastoril han mostrado que es factible casi duplicar la producción de leche aumentando el suministro de alimento y la carga ganadera (Baudracco *et al.*, 2011; Lazzarini *et al.*, 2014), constituyendo la suplementación una herramienta de peso para aumentar el CMS total y la producción de leche (Bargo *et al.*, 2003).

Al respecto, la Encuesta Sectorial Lechera (ESL) realizada por el INTA informa que la composición estimada de la dieta de vacas en ordeño (VO) para el ejercicio productivo 2018-2019 fue 46% de pasturas y heno (8 KgMS/VO/día), 29% de concentrados (5,5 Kg MS/VO/día) y 25% de silaje (4,9 KgMS/VO/día) (Gastaldi *et al*, 2020). El proceso de intensificación ocurrido desde 2000 a la fecha se refleja en la evolución de algunas variables del tambo medio de Argentina (Cuadro 2.1): la reducción del 10% en el área dedicada a las pasturas mostrando una tendencia a anualizar los sistemas intensificando las rotaciones, lo que se traduce en un importante aumento de silaje en la dieta (108%) con una disminución del 30% en la participación del forraje y con un 32% más de concentrado. Por último, un aumento del 57% en los litros producidos por ha y por año a través, principalmente, del aumento de carga más que de la producción individual.

Cuadro 2.1: Evolución de algunas variables del tambo medio de Argentina.

<b>Variables</b>	<b>2001-2004</b>	<b>2020-2021</b>	<b>% de cambio</b>
% Superficie con pastura	55	48	-13
% forraje en dieta	66	38	-42
% silaje en dieta	12	32	+167
% concentrado en dieta	22	29	+32
Concentrado (grs/litro)	220	288	+ 31
Productividad (lts/haVT/año)	4970	9183	+85

Fuente: Elaboración propia sobre datos de la Encuesta Sectorial Lechera del INTA. Resultados del ejercicio productivo 2001- 2004 y 2020-2021.

González *et al* (2019) con datos de información productiva de tambos de la Cuenca Mar y Sierras pertenecientes a la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA) hallaron que en dicha región en los últimos años hubo un proceso de intensificación productiva, coincidente con la tendencia a escala global. Este proceso se relaciona con aumentos significativos en la carga animal (+22%) como resultado del incremento del 21% de las VT, ocupando las mismas una superficie que se mantuvo constante entre períodos. La suplementación en pastoreo aumentó (+26%), con mayor utilización de forrajes conservados como también el suministro de concentrados (+8%). Como consecuencia de ello, la dieta ofrecida a las vacas se modificó a través del tiempo: en el período 2006-2007 la dieta estaba constituida por un 50% de pasto, 31% de concentrado y 19% de forrajes conservados mientras que en el período 2016-2017 se observó una dieta con 45% de pasto, 32% de concentrado y 23% de forrajes conservados.

La producción individual (litrosVO/día) promedio aumentó significativamente entre ambas etapas estudiadas y los valores de productividad aumentaron 36% expresados en litros/año/haVT (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2: Valores medios y desvíos estándar (D.E.) de las variables productivas evaluadas en los tambos pertenecientes a la cuenca Mar y Sierras de la Provincia de Buenos Aires, en los años 2006-2007 y 2016-2017 (tomado de González *et al*, 2019).

Variables	Año 2006-2007 (n=27)		Año 2016-2017 (n=20)	
	Media	D.E.	Media	D.E.
%Sólidos Útiles*	7,01	0,25	7,42	0,64
VT	547	386	664	369
Superficie (Hectáreas)	391	296	390	216
Carga** (VT/haVT)	1,41	0,22	1,72	0,46
Productividad** (litros/año/ha.VT)	8141	1548	11073	3460
Relación VO/VT	0,80	0,06	0,82	0,05
Concentrado (KgMsVT/día)	5,65	1,81	6,13	1,56
Forraje Conservado* (KgMsVT/día)	3,43	1,44	4,33	1,44
Pasto (KgMsVT/día)	9,19	1,70	8,38	1,83
Consumo (KgMsVT/día)	18,27	0,94	18,84	1,42
PI*** (ltsVO/día)	20,31	1,51	22,86	2,54
Kg.PV	574	49	559	55

(\*) (\*\*) (\*\*\*) Indican diferencias significativas al 0.05, 0.01 y 0.0005 respectivamente entre los valores medios de las variables en cada período.

## **2.2. Calidad higiénico-sanitaria de la leche producida.**

La calidad higiénico-sanitaria tiene una influencia directa sobre la calidad de los productos lácteos ya que ésta no podrá mejorarse durante la elaboración aun teniendo en cuenta el proceso de pasteurización. Esto es el resultado de las enzimas termorresistentes producidas por los microorganismos que degradan proteína, grasa y lactosa produciendo defectos en la leche y sus derivados, disminuyendo su vida útil. Por ello la calidad de la leche obtenida en el tambo definirá el pago recibido por el productor y las características organolépticas de los lácteos fabricados a partir de ella.

El término calidad de leche abarca varios aspectos relacionados con la leche cruda: la calidad bioquímica ó composicional, la higiénica y sanitaria. La primera refiere a una composición de excelencia, principalmente caseína y grasa butirosa (GB). La segunda se mide a través del Recuento de Unidades Formadoras de Colonia por mililitro (ufc/ml) lo que indica el nivel de limpieza del equipo de ordeño, de los pasos de la rutina de ordeño y del enfriamiento apropiado de la leche cosechada, que debe estar libre de microorganismos patógenos (Calleri *et al*, 1989). Por último, la calidad sanitaria se determina mediante el Recuento de Células Somáticas (RCS), siendo un indicador del grado de infección intramamaria asociado con mastitis y que afecta la producción de leche, la salud del rodeo y la calidad de los productos lácteos fabricados (Schroeder, 1997). Las células somáticas

son principalmente células de la inflamación que pasan de la sangre a la leche y están constituidas por una asociación de células epiteliales de descamación del tejido mamario y leucocitos (glóbulos blancos). La causa principal de inflamación en la glándula mamaria es la presencia de microorganismos patógenos y los leucocitos aparecen en respuesta a dicha inflamación (Corbellini, 1996; Pol, 2018).

Es a través de la calidad de la leche donde se consolidan formas de pago con base en los sólidos útiles, proteína y grasa butirosa, y descuentos por niveles de bacterias; esto tiene que ver con el desarrollo de productos lácteos de calidad. Y es en el tambo donde se definirán las características principales de la leche cruda en lo que respecta a su calidad composicional (grasas, proteínas, lactosa y sales) e higiénico-sanitaria (recuento bacteriano y recuento de células somáticas). Por ende, estas características tendrán una decisiva influencia en el precio final pagado al productor por dicha materia prima. (Petrecolla, 2016).

Entonces, obtener buenos parámetros de calidad higiénico-sanitaria a lo largo del tiempo es fundamental para la rentabilidad del establecimiento lechero y para ello, es clave una correcta rutina de ordeño (existen pasos de la rutina que disminuyen la posibilidad de que ingresen patógenos al canal del pezón) y la implementación de un Plan de Control y Prevención de Mastitis (Philpot y Nickerson, 2000). Las pérdidas directas debidas a esta enfermedad se originan principalmente en la disminución de la producción de leche al estar afectado el tejido secretor (Wilson *et al*, 1997). Las pérdidas en producción de leche,

estimadas en función del recuento de células somáticas por mililitro de leche, pueden alcanzar hasta el 25% (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3: Rango de mermas de producción en función del RCS en el tanque.

Recuento de Células Somáticas (RCS)	Merma en Producción de leche (%)
Hasta 200.000	5
200.000 – 380.000	8
381.000 – 1.200.000	9 – 18
1.200.000 – 2.280.000	19 – 25

Fuente: Elaboración propia sobre datos de Philpot y Nickerson (2000).

Además, debe sumarse el descarte de leche anormal, con antibióticos y la del período de residualidad del producto, los gastos veterinarios y en medicamentos, el descarte de vacas crónicas y el costo de reemplazarlas (Hogeveen *et al*, 2011). Finalmente, el impacto negativo de esta enfermedad sobre el desempeño reproductivo de las vacas implica mayor riesgo de aborto, menores tasas de concepción y mayor número de días al primer servicio (McDougall *et al*, 2016).

En el Programa CLAVES (2009) se calculó la diferencia de producción acumulada en los primeros 90 días en leche (lts/animal) de las vacas y vaquillonas que no presentaron algún evento, respecto a las que presentaron un evento de mastitis, encontrando una pérdida

de 435 litros para vacas multíparas y 271 para vaquillonas. Larriestra (2016) estimó que las pérdidas monetarias totales para vacas con una producción diaria promedio de 30,8 lts/d afectadas por un episodio de mastitis clínica fueron de US\$ 185, considerando los costos de la leche descartada durante cinco días, del tratamiento antibiótico y las pérdidas productivas posteriores al episodio y atribuibles exclusivamente al mismo.

Por último, la mastitis provoca, simultáneamente con la disminución de la producción, la modificación de la composición de la leche a partir de cambios en la capacidad de filtración selectiva que ejerce el epitelio mamario sobre los minerales sanguíneos: aumenta varias veces la concentración de sodio y cloruros, mientras que disminuyen las concentraciones de calcio, fósforo, magnesio y potasio. Cambios en las proporciones de lactosa y de los minerales mencionados reduce la tolerancia de la leche a los tratamientos térmicos y altera sus características organolépticas, afectando la aptitud tecnológica para su transformación en productos lácteos (Alais, 1985). Así, las fracciones deseables de la leche disminuyen mientras que aumentas las indeseables (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.4: Cambios producidos por la mastitis en la composición de la leche.

Componente	Variación
Lactosa	disminución de 5 a 20%
Caseína	disminución de 6 a 18%
Inmunoglobulinas	Aumento
Sólidos no grasos	disminución de hasta 15%
Sólidos totales	disminución de 3 a 12%
Grasa Butirosa	disminución de 5 a 12%
Lipasas	aumento = rancidez
Sodio	Aumento
Cloruros	Aumento
Calcio	Disminución
Fósforo	Disminución
Potasio	Disminución

Fuente: Elaboración propia sobre datos de Philpot y Nickerson (2000)

### 2.3. Hipótesis

2.3.1. La intensificación de los sistemas de producción lechera incrementa los índices de productividad debido al aumento de la carga ganadera y del suministro de alimento. Se predice que los tambos con mayor carga animal y uso de suplementos presentarán una producción de litros de leche y sólidos útiles superiores por unidad de superficie.

2.3.2. La intensificación de los sistemas de producción lechera modifica la calidad higiénico-sanitaria de la leche debido a que los animales de mayor producción tienen un desafío metabólico mayor que compromete la salud animal. Se predice que el recuento de células somáticas y las unidades formadoras de colonias estarán asociados positivamente con el aumento en el uso de insumos.

## **2.4. Objetivos**

2.4.1. Evaluar y comparar la producción de leche y de sólidos útiles en términos de litros de leche producidos por unidad de superficie en tambos con distintos niveles de intensificación

2.4.2. Evaluar y comparar la variación en la calidad higiénica de la leche en términos de unidades formadoras de colonia por mililitro de leche (ufc/ml) en tambos con distintos niveles de intensificación

2.4.3. Evaluar y comparar la variación en la calidad sanitaria de la leche en términos del recuento de células somáticas por mililitro de leche (RCS/ml) en tambos con distintos niveles de intensificación.

## **2.5. Materiales y Métodos**

2.5.1. Población estudiada: Cuenca Mar y Sierras

El estudio se realizó entre los años 2021 y 2022 en la Cuenca Mar y Sierras. Esta cuenca, está situada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires (Figura 2.1). De acuerdo a información brindada por la Dirección Nacional de Lechería - Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación (DNL-MAGyP, 2023), en esta Cuenca se encuentran 126 tambos que aportan el 2,75% de la producción nacional de leche (Dirección Nacional de Lechería - Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación DNL-MAGyP, 2023). En marzo de 2023 fue la cuenca lechera del país con mayor producción promedio diaria por tambo: 4516 litros/día, siendo el promedio nacional 2919 litros/día (DNL-MAGyP, 2023). A nivel Provincia de Buenos Aires la producción promedio diaria por tambo de los últimos doce meses fue de 3959 litros/ día (OCLA, 2023).

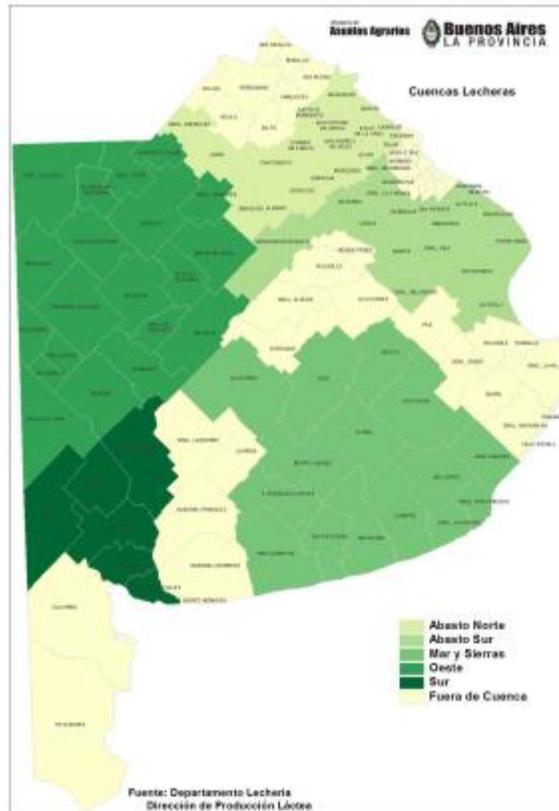


Figura 2.1: Mapa de las cuencas lecheras de la provincia de Buenos Aires.

(Ministerio de Agroindustria, 2010)

Según la Unión de Productores de Leche de la Cuenca Mar y Sierras, actualmente, las existencias de vacas lecheras en la zona están en el orden de 52.000 cabezas. Se producen alrededor de 800.000 litros diarios que abastecen a más de 30 usinas elaboradoras de lácteos. El destino de la leche producida es mayormente para elaboración de quesos siendo el 85% del total, el 15% restante se destina a leche fluida, ricota, manteca, dulce de leche y yogur.

La distribución de los tambos de la Cuenca por localidad (Cuadro 2.5) muestra que la mayor cantidad de establecimientos lecheros se concentran en la ciudad de Tandil.

Cuadro 2.5: Distribución de tambos de la Cuenca Mar y Sierras por localidad

Localidad	Número de tambos
Ayacucho	1
Necochea	1
Rauch	7
Benito Juarez	8
Azul	12
Olavarría	12
Lobería	14
Balcarce	16
Tandil	74

#### 2.5.2. Fuentes de información

Se relevaron 25 tambos de la Cuenca Mar y Sierras con diferentes tamaños de explotación, número de vacas y sistemas productivos de base pastoril con suplementación. Se realizaron entrevistas semi-estructuradas (Díaz–Bravo 2013) a los productores o asesores de cada establecimiento a fin de recabar la información necesaria para caracterizar los sistemas de producción de leche (Anexo 1). Estas abarcaron información pormenorizada de

las campañas 2020/ 2021. De este modo se obtuvieron los datos para estimar los indicadores a través de los cálculos que se detallan más adelante. Las variables que se relevaron fueron:

- Variables de estructura:

- Superficie destinada al tambo expresada como hectáreas de vaca total (haVT).
- Número promedio de vacas en ordeño (VO)
- Número promedio de vacas secas (VS)
- Número promedio de vacas totales (VT)
- Información general sobre el diseño de instalaciones.

- Variables de manejo:

- Relación entre vaca en ordeño y vaca total (VO/VT).
- Carga animal: expresada como cabeza de vacas total (VT) por superficie de vaca total (ha).
- Rutina y tiempos de ordeño (duración del ordeño diario por rodeo).

- Variables productivas:

- Producción individual promedio de leche por día (litros/VO/día)

- Productividad (litros/haVt.año)
- Calidad composicional de la leche producida (KgSU/ha.año)
- Calidad higiénica de la leche producida (ufc/ml)
- Calidad sanitaria de la leche producida (RCS/ml)

### 2.5.3. Cálculo de Indicadores

A partir de la información obtenida de las encuestas, del relevamiento a campo y del registro de los datos de las liquidaciones mensuales se construyeron los siguientes indicadores vinculados con cada uno de los objetivos específicos.

- Se calculó el valor de productividad física que surge del producto de la producción individual (litros de leche /vaca/día), la carga animal (VT/ha.VT) y VO/VT.
- Se determinaron, mediante la información de las liquidaciones de pago de las usinas receptoras de leche suministradas a los tambos, los indicadores de calidad de la leche de cada tambo: %GB, %Proteína., ufc/ml y RCS/ml.

### 2.5.4. Análisis de los datos

Con las variables de estructura, de manejo y productivas y con los indicadores calculados se realizó un análisis descriptivo univariado. Asimismo, se estudió si la distribución de las variables de interés se ajustaban a la Normal mediante la prueba de Shapiro-Wilks. También se abordó la variabilidad entre los tambos en forma multivariada (Análisis de Componentes Principales), con el fin de explorar la heterogeneidad presente en la muestra de tambos de Tandil. Este análisis permitió estudiar simultáneamente las asociaciones entre las variables y seleccionar aquellas relevantes para determinar las diferencias en intensidad de uso de insumos. Luego mediante análisis de regresión se determinó la significatividad de la asociación entre la carga y la suplementación con los distintos indicadores respuesta. El nivel de significación fue del 5%. Se utilizó para todos los análisis el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al*, 2011). Todas las salidas de los análisis de este capítulo están disponibles en el Anexo 1.

## **2.6. Resultados y discusión**

### **2.6.1. Características de los sistemas de producción estudiados**

Los tambos analizados presentaron marcadas diferencias entre ellos, al igual que en otras cuencas lecheras (OCLA 2023, Engler *et al*, 2022, Lazzarini *et al*, 2019). Los tambos mostraron características típicas de la Cuenca Mar y Sierras: sistemas de producción de base pastoril con suplementación, con dietas para las vacas en ordeño que incluyen principalmente forraje fresco, forraje conservado y alimentos concentrados. Respecto a la raza y genotipo de los rodeos en los tambos encuestados se encontró que 15 de ellos

utilizaban raza Holando Argentino y en los 14 restantes cruza mayormente de Holando con Jersey; Holando con Sueca Roja; o bien cruza de estas tres razas en distintas proporciones. Esta información es relevante pues presentaron diferencias en PI (Lts/VO.día) y porcentaje de sólidos útiles (%SU/VO.día) según se trate de Holando Argentino o las Cruzas (Figura 2.2 y 2.3). Según la ESL 2020-2021 los tambos encuestados en ese período emplearon un rodeo homogéneo en los biotipos (85 %), siendo la raza Holando utilizada en el 83 % de los casos (Engler *et al*, 2022).

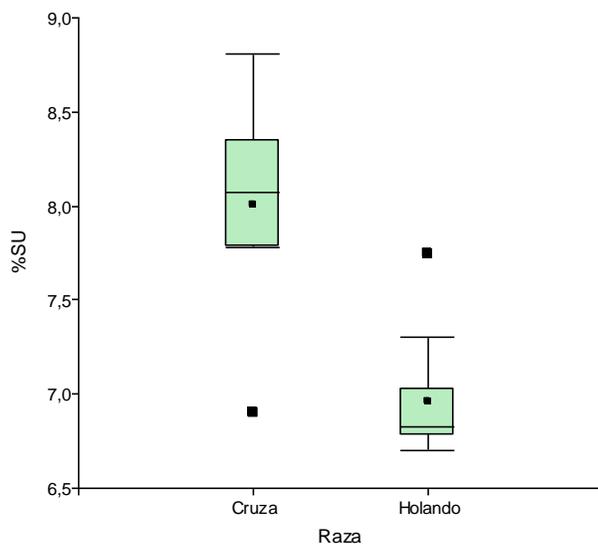


Figura 2.2: Diagrama de caja y bigote de porcentaje de sólidos útiles por vaca ordeño para la raza Holando y las cruza en los 25 tambos relevados.

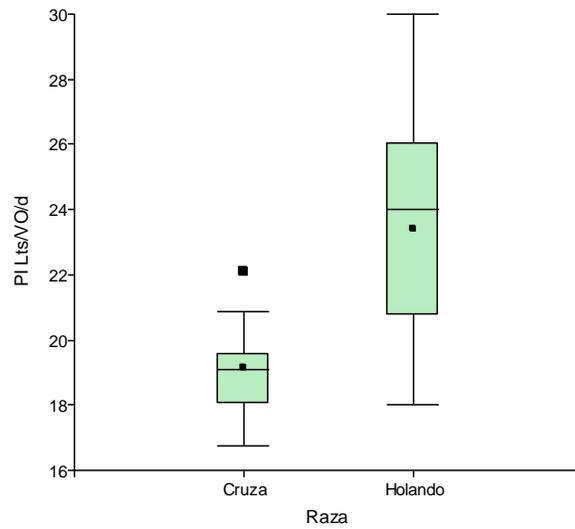


Figura 2.3: Diagrama de caja y bigote de la producción de leche expresada como litros de vaca ordeño/día para la raza Holando y las cruza en los 25 tambos relevados.

### 2.6.2. Análisis descriptivo de los indicadores

Los tambos de la muestra reflejaron valores superiores al promedio nacional para las variables analizadas de estructura y manejo (Cuadro 2.6), producción (Cuadro 2.7) y calidad de leche (Cuadro 2.8).

Cuadro 2.6: Valores medios, desvío estándar y coeficiente de variación de los 25 tambos relevados para la carga, la superficie y las vacas total promedio.

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
CARGA - VT/haVT	25	1,82	0,63	34,83	0,86	2,94
VT PROM	25	416,88	256,96	61,64	40,00	876,19
Superficie (Ha)	25	223,17	97,70	43,78	37,00	377,25

La superficie promedio de los 25 tambos (223 ha) fue superior a la media de 189 ha con rango de 18 a 1.850 ha informados por la ESL 2020-2021 de INTA (Engler et al, 2022), encontrando que la superficie de mayor frecuencia estuvo entre 101 y 200 ha. La media del rodeo de VT también superó al tamaño medio del rodeo de VT informado por la última ESL del INTA que fue de 189 cabezas (cab. VT). En cuanto a la carga promedio (1,83 VT/haVT) estuvo por encima de la informada por González *et al* (2019) para la cuenca lechera Mar y Sierras para el bienio 2016-2017 con 1,72 VT/haVT y las 1,46 VT/haVT resultante de la ESL 2020-2021 del INTA.

Cuadro 2.7: Valores medios, desvío estándar y coeficiente de variación de los 25 tambos relevados para, producción individual y productividad en litros por haVT.año.

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
PI-Lts/VO/d	25	21,20	3,70	17,45	15,00	30,00
Lts/VT/año	25	6481,68	1646,56	25,40	2329,00	10540,00
PROD.-LTS/ha.VT	25	11478,86	4257,77	37,09	2515,54	18080,64

Los tambos encuestados por el INTA en el período 2020-2021 para la ESL (Engler *et al*, 2022) tuvieron una media de producción diaria por vaca (PI) a nivel país fue de 20,4 l/VO.día, valor por debajo de la media de PI de los 25 tambos analizados que alcanzó 21,20 l/VO.día, observándose una baja variabilidad relativa entre los establecimientos (Coeficiente de variación 17,45%). La productividad del factor tierra para las 25 explotaciones encuestadas fue en promedio similar a los 11.478 l/año/haVT (Cuadro 2.7) informados por González *et al* (2019) para el período 2016-2017 y superior a la media reportada por Engler *et al* (2022) y OCLA (2023) de 9.183 l/año/haVT y 9327 l/año/haVT respectivamente. Este último valor fue un 15% superior al ejercicio anterior (2018-2019), resultado del aumento de la PI y la carga. Por último, la media de producción anual de leche por VT fue 6481 l/añoVT, semejante a los 6150 l/añoVT reseñada en la ESL 2020-2021 (Engler *et al*, 2022).

Respecto a la calidad higiénica de la leche, el valor promedio de los 25 tambos fue 23.966 ufc/ml (Cuadro 2.8), y la mediana fue de 16.348 ufc/ml lo que indica rutinas de ordeño higiénicas y temperaturas de almacenamiento de leche adecuadas. Estos valores resultaron menores al informado por la DNL-MAGyP en marzo de 2023 de 34.510 ufc/ml, para tambos de la Cuenca Mar y Sierras mientras que la ESL-INTA encontró un valor aún mayor de 69.000 ufc/ml, promedio de todos los tambos encuestados en el período 2020-2021. Cabe aclarar que la calidad higiénica (ufc/ml) no presentó una distribución Normal

( $p < 0,0001$ ) lo que indica una asimetría notable debido a que algunos de los tambos presentaron valores extremos muy altos (Ver Anexo 1, Cuadro 1)

La calidad sanitaria, reflejada por el recuento de células somática por mililitro (RCS/ml), fue en promedio de los 25 tambos 271.080 RCS/ml (Cuadro 2.8), valor que indica un excelente control de infecciones intramamarias. Esto último se justifica ya que en la encuesta realizada a los establecimientos productores de leche la mayoría (24 de los 25 tambos) aplicaban el Plan de Control y Prevención contra la Mastitis. Para la Cuenca la DNL-MAGyP a marzo de 2023 comunicó un recuento de células somáticas de 299.330 RCS/ml. A nivel nacional la ESL-INTA refirió un valor medio de 400.000 RCS/ml.

Cuadro 2.8: Valores medios, desvío estándar y coeficiente de variación de los 25 tambos relevados para recuento de células somáticas, unidades formadoras de colonias y kilogramos de sólidos útiles por vaca ordeño/día y por haVT.año.

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>CV</u>	<u>Mín</u>	<u>Máx</u>
RCS	25	271,08	78,28	28,88	120,00	422,00
UFC	25	23965,64	30659,30	127,93	8200,00	150000,00
KG SU/VO/d	25	1,57	0,19	12,34	1,22	2,01
KG SU/Ha.VT	25	862,16	343,29	39,82	171,81	1379,93

La calidad composicional arrojó valores medios de porcentajes de grasa butirosa (%GB) y proteína bruta (%PB) de 4,1% y 3,7% respectivamente, aportando un porcentaje de sólidos útiles de 7,8 (%SU) (datos no mostrados). La Dirección Nacional de Lechería (DNL-MAGyP) informa para marzo de 2023 en la Cuenca Mar y Sierras %GB de 3,83 y %PB de 3,51, siendo la cuenca lechera del país con mayor %SU (7,34%). Engler *et al* (2022), en la ESL del INTA para el período 2020-2021 encontraron valores medios para los tambos argentinos de 3,67% para GB y 3,32% para PB (6,99 %SU). Estos resultados reflejan que la calidad composicional de la leche de los tambos bajo estudio es representativa o levemente superior al promedio de la Cuenca de Mar y Sierras, y superior al del promedio de tambos del país.

### 2.6.3. Ordenamiento de los tambos

Los 25 tambos se ordenaron según un primer componente (CP1) que explica un 47% de la variabilidad entre los tambos, asociado principalmente a las variables relativas a la productividad (lts/haVT.año y KgSU/haVT.año) y variables de estructura (Superficie, Carga y VT) (Figura 2.4). Hacia la izquierda se agruparon 4 establecimientos con valores inferiores para estas variables, con cargas iguales o inferiores a 1 VT/haVT y bajas producciones individuales. Estas variables, en conjunto, explican el 85 % de la variación de la producción anual de leche por ha (Castley *et al.*, 1972, citado en Viglizzo, E. 1981; Comerón *et al*, 2007). Por otro lado, recorriendo el eje 1 hacia la derecha, los tambos van incrementando sus valores de productividad y estructura, no solo por aumentos en carga

animal y producción de leche, sino también por mayor uso de forrajes conservados y concentrados (Centeno, 2013; Lazzarini *et al*, 2019; González *et al*, 2019; Engler *et al* 2020 Gastaldi, *et al*, 2020). Con excepción de un tambo, las unidades con mayor producción por hectárea están ubicadas a la derecha y utilizan principalmente razas cruza principalmente con Holando. El componente 2 (CP2) que explica un 21 % de variabilidad, representa un contraste entre producción individual y % sólidos útiles (SU) por vaca vs superficie, vaca total promedio y carga. Este contraste ubica a los tambos que cuentan con mayores valores de producción individual y sólidos útiles por vaca y menor superficie, vacas total promedio y carga en la parte superior del gráfico. Lo contrario ocurre con los ubicados en la parte inferior del gráfico, es decir, registran mayor superficie, vaca total y carga con menor producción individual y SU por vaca. Este último ordenamiento coincide con que los tambos de la parte superior del gráfico cuentan con rodeos de raza Holando Argentino y los de la parte inferior con rodeos cruza.

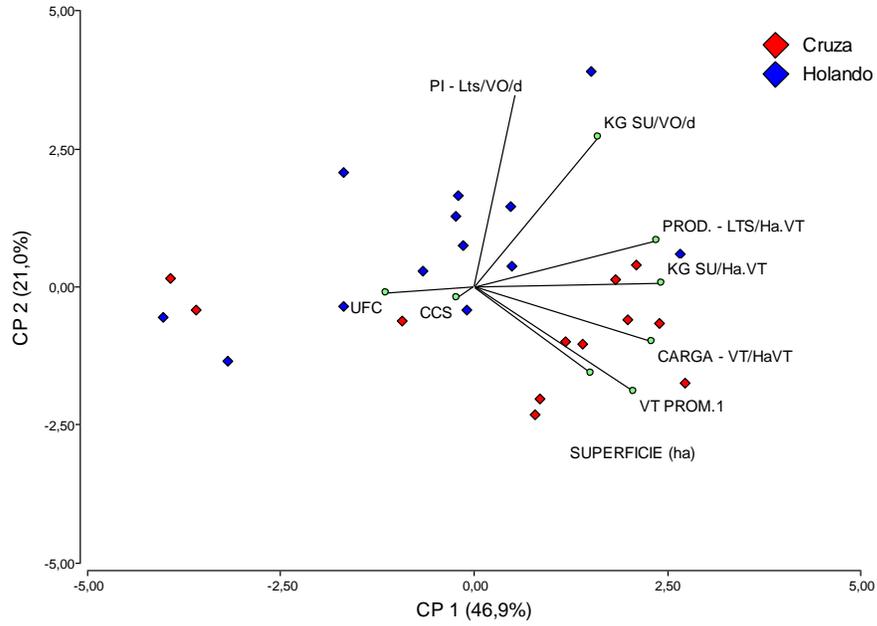


Figura 2.4: Biplot de los 25 tambos y las siguientes variables: Producción individual promedio de leche por día (l/VO/día); Productividad (litros/haVt.año y KgSU/ha.año); Calidad composicional de la leche producida (KgSU/VO/d); Calidad higiénica de la leche producida (ufc/ml) y Calidad sanitaria de la leche producida (RCS/ml) y las variables de estructura (Superficie, Carga y VT) para la raza Holando y las Cruzas.

#### 2.6.4. Relación entre carga y producción

La práctica de manejo con mayor impacto en la eficiencia de sistemas de base pastoril es el ajuste de la carga, por ello al intensificar mediante el incremento de la carga animal el resultado es un aumento en la productividad de la tierra (Holmes y Roche, 2007; Comerón *et al*, 2007). En la medida en que se intensifica la producción lechera, este indicador será mayor, aunque no necesariamente lo será la eficiencia de transformación de alimento en leche (Holmes *et al.*, 2002). En sistemas pastoriles lecheros a medida que se incrementa el uso de suplementos la respuesta marginal en leche es cada vez menor pues una proporción decreciente de la energía consumida se direcciona a producción de leche mientras que una proporción creciente se particiona a reservas corporales (Comerón *et al*, 2007). Es por ello que el modelo de regresión que presentó mejor ajuste entre la carga y la productividad expresada como litros de leche por haVT.año, fue una función polinómica ( $R^2=0.77$ ). Los coeficientes de regresión del modelo resultaron significativamente distintos de cero, siendo los valores p para el término lineal y cuadrático iguales a 0.0036 y 0.0598 respectivamente (ver las salidas del análisis en el Anexo 1, Cuadro 2). La función cuadrática ajustada (Figura 2.5) que relaciona la carga con la productividad fue:

$$\text{Productividad (l/haVt.año)} = - 6027 + 14388 * \text{Carga (VT/haVT)} - 2346 * \text{Carga}^2 \text{ (VT/haVT)}^2$$

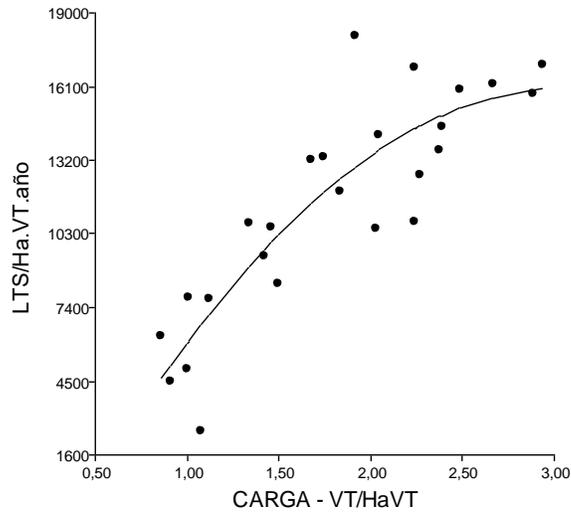


Figura 2.5: Curva de ajuste entre la carga (VT/haVT) y la productividad (lts/haVT.año) en los 25 tambos:

Este resultado demuestra que existe una relación positiva entre la carga y la productividad, la cual tiene tasas mayores a bajas cargas hasta llegar a un valor de carga por encima del cual dicha tasa disminuye y sustenta la hipótesis que afirma que la intensificación de los sistemas de producción lechera, a través del aumento de carga, incrementa los índices de productividad expresada como litros de leche por haVT.año. Otros estudios previos en Argentina (Baudracco *et al.*, 2011; Lazzarini *et al.*, 2014; Centeno *et al.*, 2015; Baudracco *et al.*, 2017; González *et al.*, 2019) y en otros países (Macdonald *et*

al.,2008; 2011), también hallaron que a mayor carga animal correspondió mayor producción de leche por hectárea.

En cuanto a los sólidos útiles (SU), el modelo de regresión que presentó mejor ajuste entre la carga y la productividad expresada como KgSU/haVT.año, fue una función lineal ( $R^2=0.88$ ). El coeficiente de regresión del modelo asociado a la pendiente de la recta resultó significativamente distinto de cero, siendo el valor p menor a  $<0,0001$  (ver las salidas del análisis en el Anexo 1, Cuadro 3). La función lineal ajustada (Figura 2.6) que relaciona la carga con la productividad expresada como KgSU/haVT.año fue:

$$\text{Productividad (KgSU/haVT.año)} = - 62,7 + 508,4*\text{Carga (VT/haVT)}$$

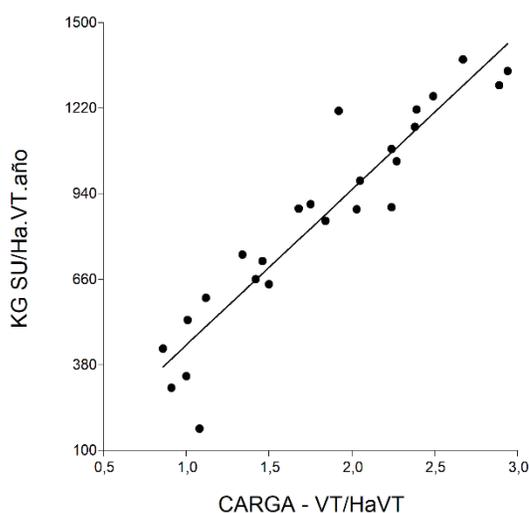


Figura 2.6: Curva de ajuste entre la carga (VT/haVT) y la productividad (KgSU/haVT.año) en los 25 tambos

En Nueva Zelanda Macdonald *et al* (2008), trabajando con vacas Holando biotipo neocelandés con cargas de 2,2 hasta 4,3 VT/haVT, reportó siempre aumentos en producción de sólidos por hectárea y mermas en la producción por vaca ya que eran alimentadas exclusivamente con pasturas. En Argentina, Baudracco *et al* (2011) hizo lo propio con cargas de 1,6; 2,1 y 2,6 hallando la misma tendencia. Asimismo, González *et al* (2019) en la Cuenca M y S comparando cargas promedio de 1,41 y 1,72 para los bienios 2006/2007 y 2016/2017, respectivamente, encontró un aumento de la productividad del 36% en litros/año/haVT y del 44% en Kg de SU/año/haVT. En consonancia con esos antecedentes, en los 25 tambos relevados también se halló una relación positiva entre la carga y la productividad expresada como KgSU/haVT.año, que tiene una tasa constante igual a 508,4 KgSU/haVT.año por aumento en una unidad de carga. Este resultado sustenta la hipótesis que afirma que la intensificación de los sistemas de producción lechera, a través del aumento de carga, incrementa los índices de productividad expresada como kilos de sólidos útiles por haVT.año de los mismos.

#### 2.6.5. Relación entre suplementación y producción

En cuanto a la relación entre la suplementación y las variables de producción, se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre la productividad de la tierra (Lts/haVT/año), la producción individual (Lts/VO.día) y el porcentaje de sólidos útiles (%GB+%PB).

Actualmente en los sistemas de producción de leche en Argentina, la alimentación se basa principalmente en el pastoreo con suplementación mediante forrajes conservados (básicamente silajes) y concentrados energéticos y proteicos (Lazzarini *et al*, 2014; Baudracco *et al*, 2014; Centeno *et al*, 2015 Lazzarini *et al*, 2019). La producción de leche por hectárea estará determinada por la cantidad de forraje producido y utilizado por hectárea y de suplementos suministrados y utilizados por hectárea. En la medida en que se intensifica la producción lechera mediante el suministro de mayor proporción de suplementos, este indicador será mayor (Holmes *et al.*, 2002). En un metaanálisis acerca de ensayos con distintos niveles de suplementación en pastoreo, Bargo *et al* (2003) informaron que con cantidades crecientes de concentrado (1,2 a 10 Kg MS/vaca/día) la producción de leche aumentó con una respuesta de total de 1Kg de leche/Kg de concentrado ingerido.

La función de regresión estimada entre la suplementación y la productividad de la tierra (Figura 2.7) fue la siguiente:

$$\text{Productividad (Lts/haVT/año)} = 6849 + 2,74 * \text{Suplementación (Ton MS/año)}$$

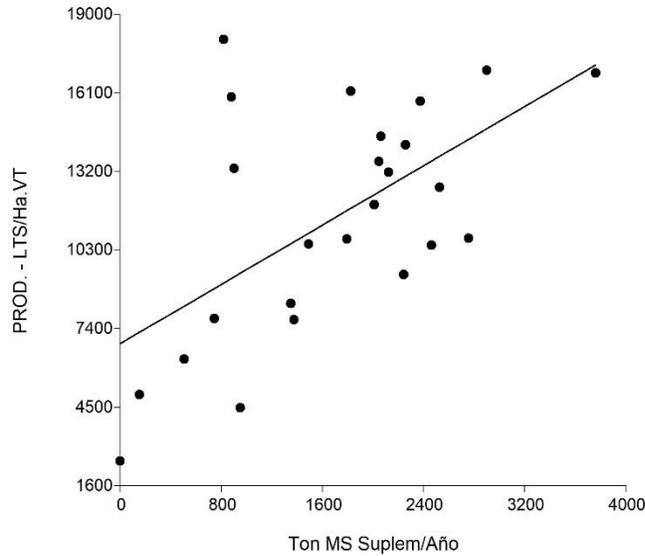


Figura 2.7: Curva de ajuste entre la suplementación (Ton MS/año) y la productividad (KgSU/haVT.año) para los 25 tambos relevados.

Esta relación sugiere un aumento significativo de la productividad frente a incrementos en la suplementación ( $p=0,0019$ ), si bien el ajuste del modelo fue de  $R^2=0,35$  (ver las salidas del análisis en el Anexo 1, Cuadro 4).

El modelo de regresión que presentó mejor ajuste entre la suplementación (KgMS Supl./VT.día) y la producción individual (Lts/VO.día) fue una función lineal ( $R^2=0.42$ ). El coeficiente de regresión del modelo asociado a la pendiente de la recta resultó significativamente distinto de cero, siendo el valor  $p$  igual a 0,0006 (ver las salidas del análisis en el Anexo 1, Cuadro 5).

La función lineal ajustada que relaciona la suplementación con la producción individual expresada como Lts/VO.día (Figura 2.8) fue:

$$\text{Producción Individual (Lts/VO.día)} = 13,14 + 0,79 * \text{Suplementación (KgMS_Supl./VTdía)}$$

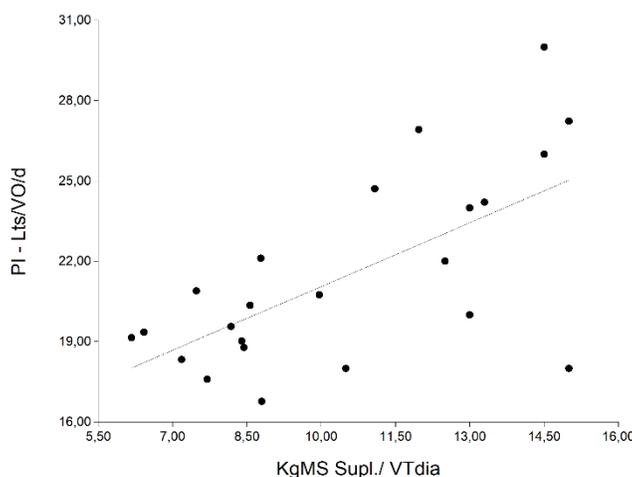


Figura 2.8: Curva de ajuste entre la suplementación (Kg MS Supl./ VTdía) y la producción individual (lts/VO.día) en los 25 tambos.

El aumento de los litros por vaca/día se explica en el uso de una dieta con mayor suplementación. Incrementos de aproximadamente 0,8 a 1,3 litros de leche por kg de suplemento fueron reportados en ensayos de lactancia completa, con vacas de alto mérito genético (Bargo *et al*, 2003; Comerón *et al*, 2007). Centeno (2015) encontró que el uso de concentrado tuvo una correlación media con la producción individual, lo cual demuestra que otros factores, como por ejemplo fase de la lactancia, estrés y salud animal entre otros, estarían afectando la expresión del potencial genético del rodeo. González *et al*, (2019)

encontraron en lo referente a la producción individual y calidad composicional de leche, valores medios significativamente superiores entre los bienios referidos: una PI 13% mayor y un 6% más de sólidos útiles debido a que la suplementación en pastoreo aumentó, con mayor utilización de forrajes conservados (+26%) y concentrados (+8%). Estos cambios en las variables de decisión asociadas a la intensificación son coincidentes con los referidos a nivel nacional (Centeno, 2013; Baudracco *et al*, 2014; Lazzarini *et al*, 2019; Gastaldi, *et al*, 2020; Engler *et al*, 2020; 2022). Para los 25 establecimientos estudiados se encontró una relación positiva entre la suplementación y la PI expresada como Lts/VO.día, con una tasa constante igual a 0.79 Lts/VO.día por aumento en una unidad de suplemento (Kg MS Supl/VTdía). Este resultado apoya la hipótesis que afirma que la intensificación de los sistemas de producción lechera a través del aumento de la suplementación, incrementa la producción individual expresada como Lts/VO.día.

En cuanto a los sólidos útiles (SU) el modelo de regresión que presentó mejor ajuste entre la suplementación y el %SU, fue una función lineal ( $R^2=0.67$ ). El coeficiente de regresión del modelo asociado a la pendiente de la recta resultó significativamente distinto de cero, siendo el valor p para el mismo menor a  $<0,0001$ . Ver las salidas del análisis en el Anexo 1. La función lineal ajustada (Figura 2.9) que relaciona la suplementación carga con el %SU fue:

$$\text{Porcentaje de sólidos útiles (\%SU)} = 9,59 - 0,20 * \text{Suplementación (KgMS Supl/VTdía)}$$

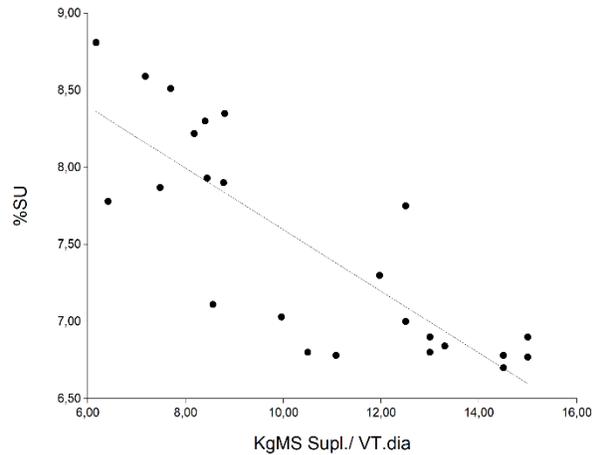


Figura 2.9: Curva de ajuste entre la suplementación y Porcentaje de sólidos útiles (%SU) en los 25 tambos

Existe una relación negativa entre la suplementación y el Porcentaje de sólidos útiles, con una tasa constante igual a -0,20 por aumento en una unidad de suplemento. Esta relación negativa se explica por el hecho de que al aumentar la PI, por un mayor CMS a través del aumento del suministro de suplementos, se produce un efecto de dilución de los sólidos de la leche.

#### Relación entre carga y suplementación

Un aumento de carga animal junto con un mayor uso de suplemento puede mejorar la eficiencia productiva del sistema (Holmes y Roche, 2007). En sistemas de base pastoril el aumento de la carga animal supone un aumento de la demanda de alimentos por lo cual esto debería traducirse en un incremento del consumo de pastura por hectárea. De allí que el

apropiado suministro de suplementos en esta situación de alta carga, debería lograr sostener una adecuada PI y buen aprovechamiento de las pasturas (Macdonald *et al.*, 2008). Ahora bien, a medida que se incrementa el uso de suplementos la respuesta marginal en leche es cada vez menor pues una proporción decreciente de la energía consumida se direcciona a producción de leche mientras que una proporción creciente se particiona a reservas corporales (Comerón *et al.*, 2007). Además, puede ocurrir que esa mayor demanda por hectárea sea cubierta por el consumo creciente de suplementos sin que cambie el consumo de pastura o bien disminuya probablemente por un efecto de sustitución del pasto por el suplemento (Baudracco *et al.*, 2011).

El modelo de regresión que presentó mejor ajuste entre la suplementación (TonMS Supl./VTaño) y la carga (VT/haVT) fue una función lineal ( $R^2=0,42$ ). El coeficiente de regresión del modelo asociado a la pendiente de la recta resultó significativamente distinto de cero, siendo el valor p igual a 0,0004. Ver las salidas del análisis en el Anexo 1, Cuadro 6. La función lineal ajustada (Figura 2.10) que relaciona la suplementación con la producción individual expresada como Lts/VO.día fue:

$$\text{Suplementación (Ton MS/VT.año)} = -72,26 + 965 (\text{Carga})$$

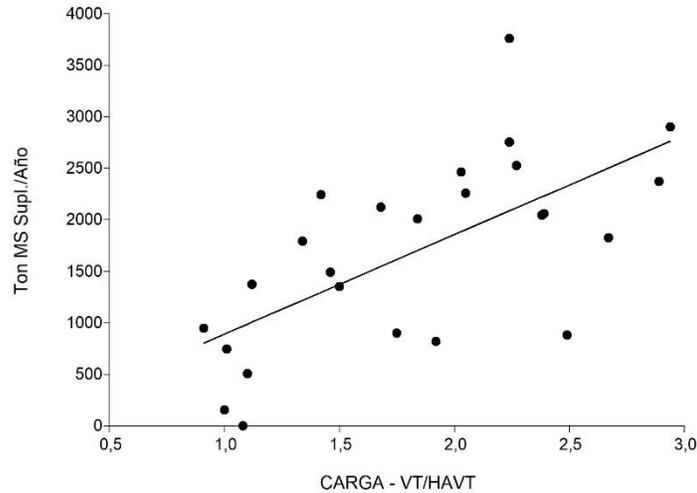


Figura 2.10: Curva de ajuste entre la suplementación (Ton MS Supl./VT Año) y la carga (VT/haVT) en los 25 tambos.

#### 2.6.6. Relación entre carga y calidad higiénico-sanitaria

La dispersión de los valores de UFC/ml en función de la carga muestran dos tambos con valores de UFC/ml muy distintos al resto (Figura 2.11). Estos tambos identificados como 11 y 20 arrojaron recuentos con valores de 91.902 ufc/ml y 150.000 ufc/ml respectivamente, entre 4 y 6 veces superiores al resto de los tambos. En relación a estos resultados cabe aclarar que el valor estipulado para la leche de referencia (Art. 9º Resolución N° 229 2016 SIGLeA) refiere un recuento máximo de 100.000 ufc/ml. Del total de tambos relevados sólo uno tiene un recuento por encima de dicho valor, lo que demuestra que la calidad higiénica de la leche de estos establecimientos es buena independientemente del nivel de intensificación. Estos valores reflejan que las rutinas y tiempos de ordeño

utilizados en estos establecimientos se fueron adecuando al crecimiento del rodeo. Al respecto las encuestas mostraron tiempos de ordeño total entre 2 y 2,5 horas a excepción de un tambo que superó estos tiempos.

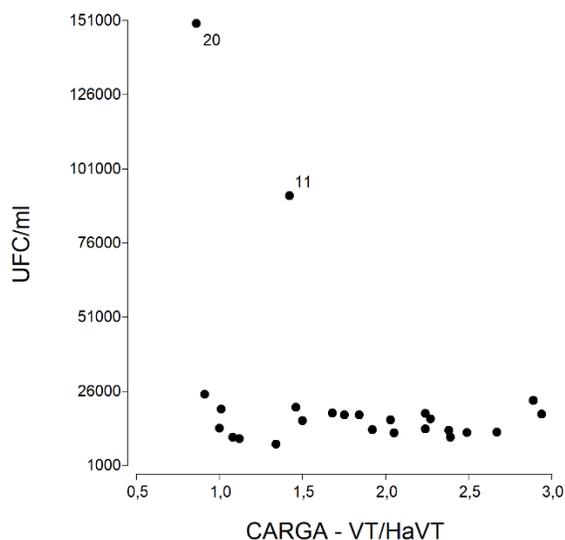


Figura 2.11: Valores de UFC/ml y carga en los 25 tambos analizados

Cuando estos dos tambos (11 y 20) fueron extraídos para realizar el análisis de regresión, ya que podrían distorsionar la función de ajuste y dificultar la observación de una tendencia general, los resultados del análisis de regresión indican que no existe una relación lineal entre la Carga y las UFC/ml. El valor p asociado a la pendiente fue de 0,9606 (Figura 2.12).

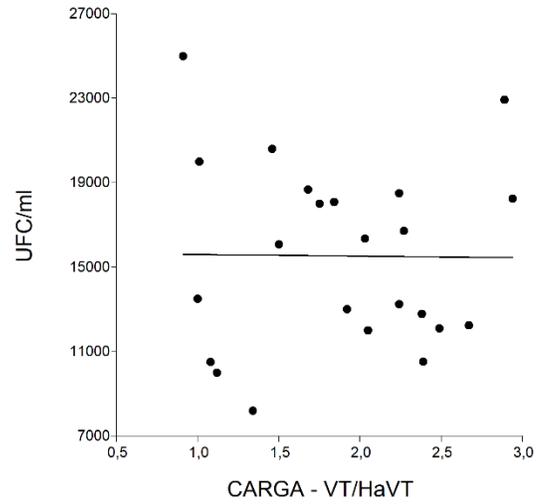


Figura 2.12: Curva de ajuste entre la carga y las UFC/ml en los 23 tambos seleccionados

En cuanto a los RCS/ml y su relación con la carga no se encontraron evidencias de asociación estadística entre dichas variables (Figura 2.13). El valor p de la pendiente fue de 0,4606.

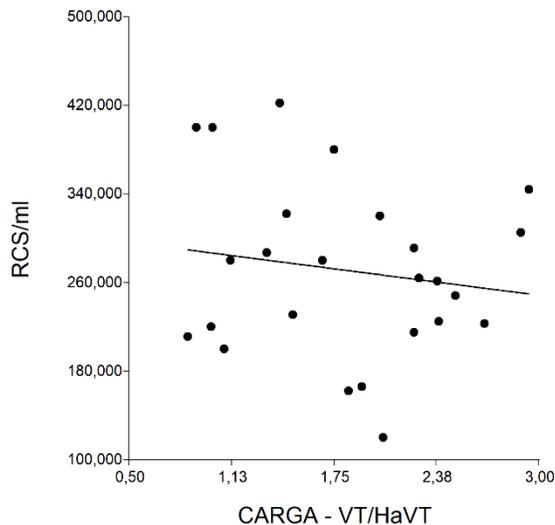


Figura 2.13: Curva de ajuste entre la carga y el RCS/ml en los 25 tambos

Asimismo, la leche de referencia establece un RCS menor a 400.000 CS/ml y en el relevamiento realizado solamente 1 tambo tuvo recuento superior de 422.000 CS/ml. Estos resultados no respaldan la hipótesis que sostiene que la intensificación de los sistemas de producción lechera a través del aumento de carga modifica la calidad higiénico-sanitaria de la leche. Estos resultados se asociarían a que la mayoría de los tambos aplica los cinco puntos del plan de control y prevención de la mastitis (Corbellini, 1996).

## 2.7. Conclusión

Los niveles crecientes de intensificación de los sistemas de producción lechera evaluados en la cuenca Mar y Sierras impactan de la siguiente manera:

1. Mejoran la producción de leche por hectárea de forma sustancial mediante el incremento en la productividad de la tierra y los kg de sólidos útiles por hectárea.
2. La calidad de leche composicional, higiénica y sanitaria no se ve modificada de forma sustancial

Aquellos tambos de la cuenca y Mar Sierras que utilizaron la estrategia de aumentar la carga y el uso de concentrados lograron aumentar la eficiencia productiva. Sin embargo, para rangos altos de carga la tasa de aumento de productividad disminuye (Fig.2.5). En consecuencia, intensificar aún más los sistemas de producción no parecería ser una práctica aplicable a largo plazo.

## **CAPITULO 3**

### **EFICIENCIA EN EL USO DE NUTRIENTES**

### **3. Introducción**

#### **3.1. Eficiencia en el uso de Nitrógeno y Fósforo**

La producción y utilización de fertilizantes nitrogenados y fosforados aumentó a escala mundial en forma consistente la productividad agrícola, sin embargo, a nivel mundial aproximadamente el 20% del fertilizante aplicado es consumido por el ser humano y el 80% restante se pierde en el ambiente (Erisman *et al*, 2008; Fowler *et al*, 2013). Los contaminantes que afectan la calidad del agua son nitratos y compuestos fosforados que difunden a través del agua generando toxicidad y eutrofización en cursos de agua, como ríos, lagos y lagunas. La contaminación del aire proveniente de sistemas ganaderos intensificados tiene origen en diversas causas: gases con efecto invernadero (GEI), amoníaco, compuestos orgánicos volátiles (COV), partículas aéreas e insectos y roedores (Herrero y Gil, 2008)

En coincidencia con la tendencia global, en la Cuenca Mar y Sierras en los últimos años hubo una intensificación de la producción lechera, acorde con incrementos en la producción individual, la carga animal, y el mayor uso de suplementos y concentrados lo que resultó en aumentos en la producción de leche por hectárea (González *et al*, 2019). En un sistema de producción de leche de base pastoril intensificado una fracción de los nutrientes ingeridos por las vacas salen del establecimiento con los productos, leche en este caso, y la fracción restante es mayormente excretada por el animal ya que entre el 60 y el 80% del nitrógeno (N) y fósforo (P) ingeridos son eliminados por orina y heces, y una escasa

proporción es retenida para mantenimiento y producción (Jarvis, 1993; Van Horn *et al.*, 1996). En los tambos la distribución de estos nutrientes será muy irregular ya que una porción reingresaré al sistema a través de las excretas en los potreros de pastoreo, pero el resto se concentrará principalmente en la instalación de ordeño y corrales de alimentación, ya que el tiempo que las vacas permanecen en dichas instalaciones depende del manejo y diseño de las mismas, convirtiendo a este sector en el área de mayor acumulación de nutrientes (White *et al.*, 2001). Dicha concentración en áreas reducidas provoca acumulación y transferencias internas y externas de nutrientes lo que implica mayores flujos de energía que se traducen en aumentos significativos de la contaminación ambiental (Viglizzo y Roberto, 1997; Burón Alfano *et al.*, 2009).

Existen numerosos indicadores para monitorear la condición ambiental de un establecimiento como los Indicadores de Sustentabilidad Agroecológica que se agrupan según el componente del ambiente afectado. Para cuantificar los flujos de nutrientes, diferencia entre las diferentes fuentes ingresos y egresos por producto, se utilizan los “indicadores relativos a los nutrientes” como por ejemplo los balances de nitrógeno y de fósforo e indicadores asociados para determinar las eficiencias de aprovechamiento (Gil y Carbó, 2014). La determinación y cálculo de estos elementos permite conocer la dinámica y transferencia de los nutrientes a diferentes sectores resultando fundamental para disminuir la contaminación con N y P favoreciendo la reposición de fertilidad a los potreros. Un manejo adecuado de estos flujos internos mediante estrategias referidas al manejo de la

alimentación, uso de fertilizantes y de los residuos orgánicos generados, principalmente estiércol, permitirá preservar la sustentabilidad de los sistemas (Herrero *et al.*, 2006b; Burón Alfano *et al.*, 2009). Los efluentes/purines<sup>1</sup> líquidos y residuos sólidos orgánicos tienen elevados niveles de materia orgánica (20-50%), alrededor de 2% de nitrógeno y 1% de fósforo además de cantidades importantes de macro y micronutrientes (Kvolec, 2020). Cuando los efluentes son percibidos como «nutrientes» que pueden ser reutilizados como fertilizantes orgánicos en reemplazo de los comerciales, a partir de una apropiada gestión y tratamiento, es posible utilizarlos para mejorar las condiciones físicas y químicas de los suelos optimizando el balance de nutrientes (Van Horn *et al.*, 1996).

Actualmente, una actividad intensiva como la lechería produce tal cantidad de estiércol y efluentes, entre 4 y 11 litros de efluentes por litro de leche, que de no ser tratados adecuadamente pueden acarrear un serio problema ambiental constituyendo una amenaza cierta para la calidad del suelo, el agua y el aire (Kvolec, 2020). El relevamiento respecto al manejo de los purines/efluentes del tambo en la Encuesta Sectorial Lechera del INTA para el ejercicio 2020-2021 refleja una gestión parcial y no sistemática de los efluentes: en

---

<sup>1</sup> Efluente se refiere a un líquido residual que fluye de una instalación a partir de un proceso, y es éste término el que se utiliza usualmente al describir los residuos generados en una explotación lechera. A su vez el “purín” es también una sustancia líquida, pero proviene exclusivamente de instalaciones pecuarias, es decir, una mezcla de estiércol, orina, residuos de líquidos de limpieza pudiendo contener agua de lluvia (Charlón, 2007; Kvolec, 2020).

el 83% de los casos son acumulados en lagunas, en el 10% de los casos derivados a cámaras, el 4% a cunetas o bajos y el 3 % no hace manejo alguno. En cuanto al destino de los efluentes el 41% de los tambos con lagunas no los utilizaron, y aquellos que los utilizaron, mayormente, no efectuaron la separación previa de las fracciones líquida y sólida (Engler *et al*, 2022).

La falta de una adecuada gestión y tratamiento de los purines/efluentes aumentan los riesgos por contaminación de alimentos que pueden provocar enfermedades a personas o animales, contaminación de aguas subterráneas o cuerpos de agua superficiales y degradación del paisaje con generación de olores desagradables. La situación planteada se agrava cuando la actividad se intensifica y los animales permanecen mayor cantidad de horas encerrados con pocas horas de pastoreo o bien estabulados. Además de lo mencionado anteriormente otro problema asociado a la contaminación ambiental, son las barreras paraarancelarias del comercio internacional que constituyen una amenaza al acceso de lácteos argentinos de no ser gestionados adecuadamente los efluentes generados en los establecimientos lecheros (Cañada *et al*, 2018; Kvolec, 2020).

Un uso seguro del estiércol y los purines, sustentable productiva y ambientalmente, se efectúa a través de un Plan de Uso Agronómico que debe contemplar la entrada y salida de nutrientes del sistema además del análisis del efluente a aplicar, el análisis de los suelos de los lotes a tratar y la identificación de lugares donde es riesgosa su aplicación (Kvolec, 2020). Es importante considerar algunas recomendaciones respecto al buen trato de los

animales (correcta rutina de ordeño) y diseño de instalaciones (pisos antideslizantes ó m<sup>2</sup>/vaca adecuados en corral de espera) tendientes a evitar situaciones de estrés que generen un aumento de las excretas en esos sectores lo que redundará en mayor gasto de agua para limpieza y más residuos a tratar (Negri y Aimar, 2016; Cañada *et al*, 2018).

En síntesis, la intensificación productiva provoca la acumulación de nutrientes que son una potencial amenaza de alto poder contaminante pero que gestionados “correctamente” en condiciones seguras para el ambiente y las personas, pueden ser un recurso fundamental para la producción agrícola a través de un proceso conocido como “uso agronómico” (en referencia al proceso mediante el cual se devuelve la materia orgánica y los nutrientes al suelo) y “re-uso” (en referencia al agua y las formas de aprovecharla para tarea de limpieza o riego focalizando en aprovechar el recurso hídrico) (Kvolec, 2020).

### **3.2. Hipótesis**

3.2.1. La intensificación de los sistemas de producción lechera incrementa el ingreso de nitrógeno y fósforo al predio con respecto al egreso (balance) debido principalmente al mayor uso de alimentos externos y fertilizantes de síntesis química. Se predice que, como consecuencia de ello, aumentarán los excedentes de N y P.

3.2.2. La intensificación de los sistemas de producción lechera disminuye la Eficiencia de Uso de Nutrientes (EUN%) debido principalmente al mayor

uso de alimentos externos y fertilizantes de síntesis química. Se predice que, como consecuencia de ello, aumentará el índice ingreso/egreso de nutrientes.

### **3.3. Objetivos**

- 3.3.1.1. Evaluar el excedente o deficiencia de N y P en tambos con distintos niveles de intensificación a través del cálculo del balance de nutrientes (N y P) a nivel predial.
- 3.3.1.2. Caracterizar las eficiencias o ineficiencias de aprovechamiento de los nutrientes a nivel predial mediante la utilización de indicadores con relación al número de vacas totales.

### **3.4. Materiales y Métodos**

#### 3.4.1. Fuentes de información

Se analizaron 24 de los 25 tambos que componen la muestra de la Cuenca Mar y Sierras con diferentes tamaños de explotación, número de vacas y sistemas productivos de base pastoril con suplementación mediante entrevistas semi-estructuradas (Díaz–Bravo 2013) a los productores o asesores de cada establecimiento. Para este análisis se excluyó de la muestra un tambo con características muy particulares diferentes al resto de los establecimientos. Se trata de un tambo familiar agroecológico que no utiliza insumos

externos. Las entrevistas abarcaron información pormenorizada de la campaña 2020/2021, necesaria para la estimación de: Balance de Nutrientes (BN) a nivel predial e Indicadores de aprovechamiento de nutrientes de los establecimientos. De este modo se obtuvieron los datos para estimar los indicadores a través de los cálculos que se detallan más adelante. Las variables que se relevaron fueron:

- Variables de estructura:

- Información general sobre el diseño y superficie de las instalaciones de ordeño
- Número promedio de vacas en ordeño (VO)
- Número promedio de vacas totales (VT)

- Variables productivas:

- Producción individual promedio de leche por día (litros/VO/día)
- Calidad composicional de la leche producida (KgSU/ha.año)

- Variables de manejo:

- Base forrajera, hace referencia a la superficie asignada a cada recurso forrajero y a las características de cada uno de ellos (composición florística de los recursos forrajeros y cobertura relativa por especies).

- Alimentación del rodeo, se refiere a los diferentes alimentos que integran la dieta de las vacas (KgMS de pastoreo directo, concentrado y suplementos).
- Carga animal: expresada como cabeza de vacas total (VT) por superficie de vaca total (ha).
- Rutina y tiempos de ordeño (duración del ordeño diario por rodeo).

#### 3.4.2. Cálculo de los Balances de Nutrientes e Indicadores

3.4.2.1. La información obtenida permitió calcular los BN Total (BNT) expresados en toneladas/año y BN por hectárea (BN/ha) expresados como Kg/ha, de N-P a nivel predial. Dicho cálculo se efectuó por diferencia entre ingresos y egresos de cada mineral, utilizando el “Calculador de Balances de Nutrientes” (CBN) de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires (<http://www.fvet.uba.ar/proyectoareaagricola/>). Para el cálculo de los ingresos de nitrógeno se tuvo en cuenta los fertilizantes, alimentos importados del exterior, fijación biológica por leguminosas, precipitaciones y animales de reposición; para el fósforo se consideraron los fertilizantes, alimentos importados y animales. Para estimar los egresos se computó los nutrientes exportados por venta de leche y animales. Para el cálculo final del BNT a nivel predial (ton/año) en base anual se

multiplicaron los ingresos y egresos (Kg N-P totales ha/año) por la superficie de cada tambo y se lo expresó en toneladas/año. Además, se calculó el Balance por producto (BNP) [N-P (gramos) /leche producida (litros)] para eliminar el efecto del tamaño de rodeo en el balance predial y hacer comparable este índice entre tambos. Los datos resultantes de estos cálculos figuran en los Cuadros 1 a 4 del Anexo 2.

3.4.2.2. Para caracterizar las eficiencias de aprovechamiento de nutrientes se utilizaron tres indicadores propuestos en el Calculador de Balance de Nutrientes: 1- Indicador de Eficiencia de Uso de Nutrientes (EUN %) proporción del nutriente ingresado que salió como producto del sistema  $[(\text{egreso N-P}) / \text{ingreso N-P}] \times 100$ , mostrando la eficiencia del sistema. (EUN %); 2- Indicador de Ineficiencia de Uso de Nutrientes (IeUN %) proporción del nutriente ingresado que quedó y/o se perdió en el sistema  $[(\text{balance N-P}) / \text{ingreso N-P}] \times 100$ ; 3- Indicador Ingreso/Egreso (I/E) permite visualizar cuántas veces el ingreso del nutriente al predio supera al egreso del mismo como producto del sistema.

3.4.3. Análisis de los datos

Se realizó un análisis estadístico descriptivo con la información obtenida de todos los establecimientos relevados. Para ello se agruparon los tambos según el N° de vacas totales

en 4 grupos. Los estratos quedaron definidos como: tambos con número de VT  $\leq 200$ ; entre 201 y 400; entre 401 y 600 y  $> 601$  VT. En consonancia, los grupos incrementan su nivel de carga y suplementación con el aumento del N° de VT representando niveles de intensificación mayores (Cuadro 3.1.). Para cada estrato se calculó el promedio y desvío estándar de las variables necesarias para el cálculo del BN e Indicadores asociados. Se realizó un ANOVA para determinar si los grupos presentaron diferencias significativas y la prueba de Tukey de comparaciones múltiples. Asimismo, se estudió si la distribución de las variables de interés se ajustaban a la Normal mediante la prueba de Shapiro-Wilks y se verificó el cumplimiento de los supuestos del modelo. En caso de no cumplimiento de la Normalidad se calcularon las medianas como valor representativos de tendencia central y se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Para estudiar la asociación estadística entre el número de vacas totales y los balances de N-P prediales, los balances por producto (leche), EUN%, IeUN % e I/E, se calculó el coeficiente de correlación de Spearman. Además, se estudió la asociación del número de VT con los componentes de las diferentes fuentes de ingreso de los balances, tanto en el caso del N como del P. Se utilizó la prueba T de Student de diferencias apareadas con el objeto de comparar la ineficiencia promedio de N con respecto a P, en base a los valores de I/E. Se utilizó un nivel de significación de 5% para todas las pruebas estadísticas. Los análisis se realizaron con el programa Infostat (Di Rienzo *et al*, 2011).

### **3.5. Resultados y Discusión**

#### **3.5.1. Características de los tambos estudiados en relación al cálculo de indicadores**

Los 24 establecimientos objeto de análisis muestran una gran diversidad respecto del número de vacas totales, superficie, carga y producción de leche siendo tambos representativos de la Cuenca Mar y Sierras. Son sistema de producción de base pastoril, en donde la dieta de las vacas de ordeño incluyó en promedio 51% de forraje fresco (mayormente pasturas base alfalfa/verdeos de invierno), 21% forraje conservado y 29% alimentos concentrados. Respecto a las instalaciones de ordeño predominaron las instalaciones tipo fosa con un promedio de 14 bajadas. Además, todos cuentan con piso de hormigón en el corral de espera y más de la mitad no cuenta con sombra en dicho corral. Respecto a las rutinas de ordeño predominan rutinas simplificadas donde el tiempo total de ordeño se cuantificó en un rango de 1.5 a 4.5 hs/ordeño siendo el tiempo más frecuente de 2,5 hs/ordeño, realizando dos ordeños al día. En lo referido a la forma de almacenamiento de los efluentes todos los tambos contaban con lagunas, siendo solamente una laguna/tambo lo más frecuente, si bien hubo casos con dos lagunas/tambo y un caso con tres lagunas/tambo. Ningún tambo hace un uso agronómico de los efluentes, no separan la fracción líquida de la fracción sólida y no poseen estercolera. Para una mejor descripción y caracterización de los tambos se estratificó la muestra según el número de VT de los rodeos (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1: Número de establecimientos lecheros por estrato según el número de VT y los valores medios y desvío estándar de cada uno de ellos para vaca total, superficie, carga y producción individual de leche por vaca en ordeño y producción anual de leche por vaca total.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Totales
Nº Tambos	5	6	6	7	24
NºVacas Totales <sup>1</sup>	151±55	323±63	517±69	753±90	456±233
Superficie(has) <sup>1</sup>	126±62	236±70	244±46	310±51	237±85
Carga (VT/ha.VT) <sup>1</sup>	1,32±0,45	1,41±0,21	2,19±0,51	2,40±0,31	1,87±0.60
PI (L/VO/día) <sup>1</sup>	23,74±4,80	22,69±2,75	21,52±1,63	19,51±3,38	21,69±3,44
Prod. (L/VT/año) <sup>1</sup>	7443±1620	7028±864	6473±630	5841±866	6629±1132
Productividad <sup>1</sup> (Its/haVT/año)	10305±5345	9858±1973	13850±2104	13904±2781	12129±3549
Uso Concentrado <sup>1</sup> (Tonelada/ Año)	316±116	628±94	932±143	1328±636	843±511

<sup>1</sup>Valores expresados a través de la media ± desvío estándar

### 3.5.2. Balance Predial de Nitrógeno

Los resultados de los **balances de nutrientes de N (BN-N)** se presentan agrupados en el cuadro 3.2 donde se detallan, además, los valores promedio de ingresos y egresos de N. Los BNT-N aumentan con el número de vacas totales y son todos positivos, superando largamente los ingresos a los egresos. La correlación entre el balance de nutrientes de N y el número de VT resultó significativa ( $r=0,79$ ;  $p=0,0001$ ) indicando una asociación estadística positiva entre ambas variables (Figura 3.1). Al realizar el BNP-N (gN/L de leche) no se observó la misma tendencia, ya que la asociación entre el BNT-N con los litros de

leche producidos y el número de VT no resultó significativa siendo los coeficientes de correlación de  $r=0,10$  ( $p=0,62$ ).

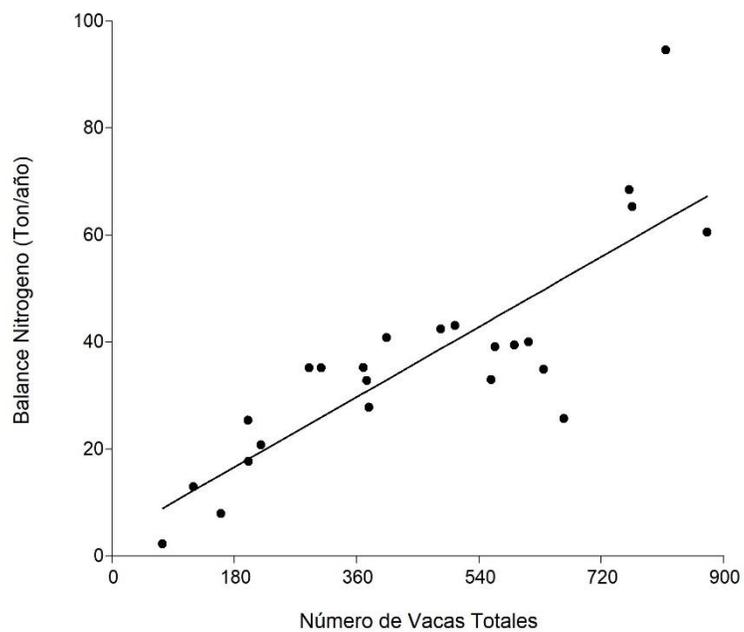


Figura 3.1. Dispersión y recta de ajuste entre las variables Balance total de Nitrógeno (N) y número de vacas totales (VT) en los 24 tambos.

Cuadro 3.2. Descripción del balance anual de N e Indicadores de aprovechamiento según número de Vacas totales (VT) de tambos de la Cuenca Mar y Sierras.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Totales
Nº VT/ tambo <sup>1</sup>	151±55	323±63	517±69	753±90	456±233
Nº Tambos	5	6	6	7	24
<b>Ingresos<sup>1</sup> (ton N/año)</b>					
Precipitaciones	0,64 ± 0,31	1,19 ± 0,35	1,23 ± 0,23	1,56 ± 0,26	1,19 ± 0,43
Alim Externos	7,76 ± 3,32	16,53 ± 2,93	22,33 ± 3,65	34,01 ± 16,28	21,25 ± 13,08
Fertilizantes	5,83 ± 4,32	15,29 ± 6,17	19,99 ± 4,79	21,85 ± 5,66	16,41 ± 7,87
Fijación de N	5,07 ± 4,15	10,22 ± 4,59	12,40 ± 4,67	20,72 ± 9,58	12,76 ± 8,37
Animales	0,45 ± 0,24	1,04 ± 0,33	1,52 ± 0,54	2,32 ± 0,67	1,41 ± 0,84
<b>Total</b>	<b>19,76 ± 10,23</b>	<b>44,26 ± 7,42</b>	<b>57,47 ± 3,64</b>	<b>80,45 ± 27,91</b>	<b>53,02 ± 27,04</b>
<b>Egresos<sup>1</sup> (ton N/año)</b>					
Leche	5,58 ± 1,96	10,95 ± 2,34	15,27 ± 2,97	21,08 ± 4,85	13,87 ± 6,59
Animales	0,93 ± 0,52	2,71 ± 1,04	2,55 ± 0,70	3,73 ± 0,74	2,46 ± 1,25
<b>Total</b>	<b>6,51 ± 2,20</b>	<b>13,11 ± 2,71</b>	<b>17,82 ± 3,48</b>	<b>24,80 ± 5,48</b>	<b>16,32 ± 7,68</b>
<b>Indicadores relativos a los nutrientes</b>					
BA-N <sup>1</sup> (ton N/año)	13,25 ± 8,88	31,15 ± 5,82	39,66 ± 3,64	55,65 ± 23,70	<b>36,69 ± 20,24</b>
BA-N <sup>1</sup> (Kg N/ha/año)	96,63 <sup>a</sup> ±41,39	137,9 <sup>ab</sup> ± ,39	164,2 <sup>b</sup> ± 27,0	168,5 <sup>b</sup> ± 55,0	<b>144,8 ± 47,62</b>
BA-N <sup>1</sup> (g N/L leche)	11,35 ± 8,80 <sup>a</sup>	14,44 ± 3,24 <sup>a</sup>	12,10 ± 1,94 <sup>a</sup>	12,93 ± 4,25 <sup>a</sup>	<b>12,77 ± 4,75</b>
EUN-N <sup>1,2</sup> (%)	38,73 <sup>a</sup> ± 14,24	29,92 <sup>a</sup> ± 4,74	31,19 <sup>a</sup> ± 5,43	32,64 <sup>a</sup> ± 8,12	<b>32,87 ± 8,62</b>
IeUN-N <sup>1,3</sup> (%)	61,27 <sup>a</sup> ± 14,24	70,08 <sup>a</sup> ± 4,74	68,82 <sup>a</sup> ± 5,43	67,35 <sup>a</sup> ± 8,11	<b>67,13 ± 8,62</b>
I/E-N <sup>1,4</sup>	2,94 <sup>a</sup> ± 1,22	3,42 <sup>a</sup> ± 0,46	3,34 <sup>a</sup> ± 0,71	3,22 <sup>a</sup> ± 3,40	<b>3,24 ± 0,76</b>
<sup>1</sup> Valores expresados a través de la media ± desvío estándar <sup>1,2</sup> EUN(%): [(egreso N/ ingreso N) x 100] Proporción de N ingresado que salió en producto del sistema <sup>1,3</sup> IeUN(%):[(exceso N/ ingreso N) x 100] Proporción de N ingresado que quedó en el sistema <sup>1,4</sup> I/E: Índice Ingreso/Egreso (ingreso N/ Egreso N) Cuantas veces el ingreso de N supera a la salida de N Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas al 5% entre las medias de los grupos con la prueba de Tukey a posteriori del ANOVA					

Los promedios de BN/ha-N entre grupos resultaron diferentes (p=0,0336). La prueba de comparación de medias muestra que el Grupo 1 presentó un promedio significativamente menor que el Grupo 3 y el Grupo 4 en el BN/ha-N (Cuadro 3.2). El incremento en Kg

N/ha/año del Grupo 4 respecto del Grupo 1 fue del 75%. El balance promedio de todos los tambos fue de  $144,8 \pm 47,62$  kg N/ha/año, con un rango de 33,81 kg N/ha/año correspondiente a un tambo orgánico (TO) a 259,90 kg N/ha/año de un tambo convencional (TC) del G4. En el caso del TO el valor de 33,81 Kg N/ha/año se sustenta principalmente en que no utiliza fertilizantes de síntesis química por lo que no presenta ingresos de N por ese rubro, además tiene un rodeo lechero de 74 VT con una carga 1 VT/haVT y un nivel de suplementación medio con 6 KgMS VT/d de concentrado. El TC, con un balance muy superior al TO, sustenta sus 259,90 kg N/ha/año con uso intensivo de fertilizantes de síntesis química y un rodeo de 815 VT con una carga de 1,8 VT/haVT con un alto nivel de suplementación de 9 KgMS VT/d. Estos resultados apoyan la hipótesis que afirma que como consecuencia de la intensificación de los sistemas de producción lechera aumentarán los excedentes de N.

El promedio calculado de  $144,8 \pm 47,62$  kg N/ha/año es semejante al promedio (148,76 kg N/ha/año) informado en el CBN y a los  $144,4 \pm 113,9$  kg N/ha/año calculados por Carbó (2012) para la Cuenca Sur-Oeste; y está por debajo de los  $200,0 \pm 96,2$  kg N/ha/año relevados en tambos de la cuenca oeste de la Provincia de Buenos Aires por Varillas (2015). En 27 tambos de base pastoril con diferentes niveles de suplementación de cuencas lecheras de la provincia de Buenos Aires, Herrero *et al* (2009) calcularon excedentes de  $126,15 \pm 73,28$  kg N/ha/año. Tieri *et al* (2017) utilizando la información obtenida mediante encuestas realizadas en sistemas lecheros de diferentes cuencas del país

para el ciclo 2012-2013 (45% Santa Fe, 35% Córdoba y 20% Buenos Aires) encontraron un promedio general de BN/ha-N de  $138 \pm 58$  Kg N/ha/año. En dicho trabajo informaron rangos entre  $105 \pm 44$  Kg N/ha/año, en tambos con cargas  $< 1,3$  cab/haVT y uso de alimento concentrado diario por vaca ordeño  $< 6$  kg MS, y  $186 \pm 61$  Kg N/ha/año en tambos con cargas  $\geq 1,3$  cab/haVT y uso de alimento concentrado diario por vaca ordeño  $\geq 6$  kg MS. Ryan *et al* (2011) en Irlanda, utilizando un modelo con tres biotipos diferentes de vacas Holstein Friesian en sistemas de base pastoril con diferentes cargas y suplementación, calculó balances de N desde 213.5 kg N/ha/año hasta 275.5 kg N/ha/año. En diferentes regiones de Australia evaluando 41 tambos contrastantes en cuanto a productividad, tamaño del rodeo, superficies de los establecimientos y tipos de suelo, Gourley *et al* (2011) encontraron excesos (balances) que oscilaron entre 47 y 600 Kg/n/ha concluyendo que estos excedentes están fuertemente vinculados a la producción de leche. En la región de Waikato en Nueva Zelanda, Beukes *et al* (2012) cuantificaron un promedio para los tambos de la zona de 155 Kg/ha/año. En el Estado de Nueva York, Cela *et al* (2014), trabajaron en 102 tambos de diferentes superficies con rangos de BN-N entre -14 a 259 Kg N/ha/año. Flaten *et al.*, (2019) en un estudio llevado a cabo en el oeste de Noruega sobre 18 tambos, 10 convencionales y 8 orgánicos, encontraron medias para los balances de N de los tambos convencionales de 199,1 KgN/ha/año, 77,3 KgN/ha/año para los orgánicos y un promedio general de 156,5 KgN/ha/año para el total de establecimientos todos superiores a los calculados en este trabajo. En Nueva Zelanda, Beukes *et al* (2020), estudiaron modelos productivos con tres niveles diferentes de intensidad de uso de fertilización con N: 0, 150 y

300 kgN/ha/año, cuantificaron balances de 238, 297 y 340 KgN/ha/año para cada tratamiento. Esto significó un aumento en el excedente de N del 25% al comparar N:0 con N:150 kgN/ha/año y un excedente aún mayor (43%) cuando se comparó N:0 con N:300 kgN/ha/año. Chmelikova *et al* (2021) evaluaron en tres regiones de Alemania 18 pares de tambos convencionales y orgánicos encontrando balances promedio del orden de 62 KgN/ha/año y 8 KgN/ha/año respectivamente, promedio muy por debajo de los encontrados en este trabajo debido a que con una parte del estiércol elaboran biogás y otra parte es transferida fuera del establecimiento.

Comparando los BNT-N (toneladas N/año) del Grupo 4 respecto al Grupo 1, el incremento en ton/año es mayor al 320%, siendo el promedio de los balances para los 24 tambos de 36,69 ton/año. El rango encontrado en los balances de cada tambo fue amplio ya que el mínimo fue 2,3 ton N/año siendo éste el caso del único tambo orgánico certificado relevado en el que no se usan fertilizantes de síntesis química (TO) perteneciente al G1. En el otro extremo encontramos un balance de 94,60 ton/año siendo este caso un TC del G4 con alta carga, más de 800VT y muy alto suministro de concentrado. El valor obtenido de 36,69 ton N/año resulta similar a los encontrado en 17 tambos de base pastoril de las cuencas lecheras Abasto Sur y Abasto Norte de la Provincia de Buenos Aires con un balance de N de  $34,42 \pm 39,73$  ton N/año (Herrero *et al*, 2006b) y en tambos de la cuenca Oeste Bonaerense con una media de 29,99 ton N/año (Begarías, 2008). Carbó (2012) calculó el balance de N también en tambos de la Provincia de Buenos Aires, para la cuenca Abasto Sur halló un

excedente de  $35,4 \pm 27,2$  ton N/año y sobre un total de 27 tambos, cuantificó en tres diferentes cuencas un promedio general de  $59,9 \pm 79,95$  ton N/año, poco menos del doble que en este trabajo. En consonancia con estas magnitudes, en 23 establecimientos lecheros de base pastoril localizados en Utah y Idaho informaron balances de 54.4 ton N/año promedio (Spears *et al.*,2003).

Se analizó la asociación entre el aporte de las diferentes fuentes de N al BNT-N y el número de VT. En el caso del aporte por precipitaciones, la correlación resultó de  $r = -0,65$  ( $p=0,02$ ) lo que indica que la proporción de N que aportan las precipitaciones disminuye a medida que aumenta el número de VT. Este efecto se debe a que el principal incremento de los ingresos de N al predio, debido a la intensificación, proviene de las otras fuentes. Para el resto de las fuentes (animales, alimentos externos, fertilizantes y fijación biológica) no se halló asociación entre los aportes de N con respecto al número de VT ( $p > 0,05$ ). El aporte anual de cada una de las fuentes (animales, alimentos externos, fertilizantes, fijación biológica y precipitaciones) (Figura 3.2), así como la proporción de cada una de las fuentes (Figura 3.3) al ingreso total de N fue diferente según los grupos de tambos.

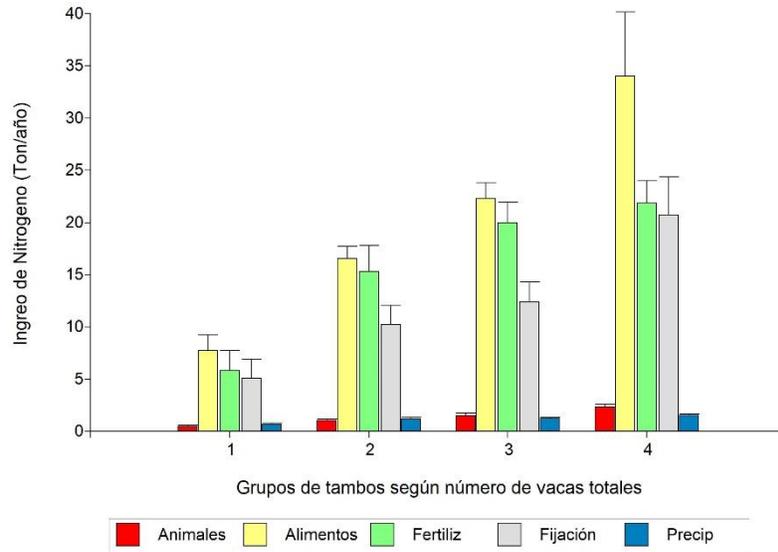


Figura 3.2. Aporte anual de las fuentes de ingreso total de N en tambos agrupados según número de vacas totales (VT). Grupo 1 (151 VT); Grupo 2 (323 VT; Grupo 3 (517); Grupo 4 (753).

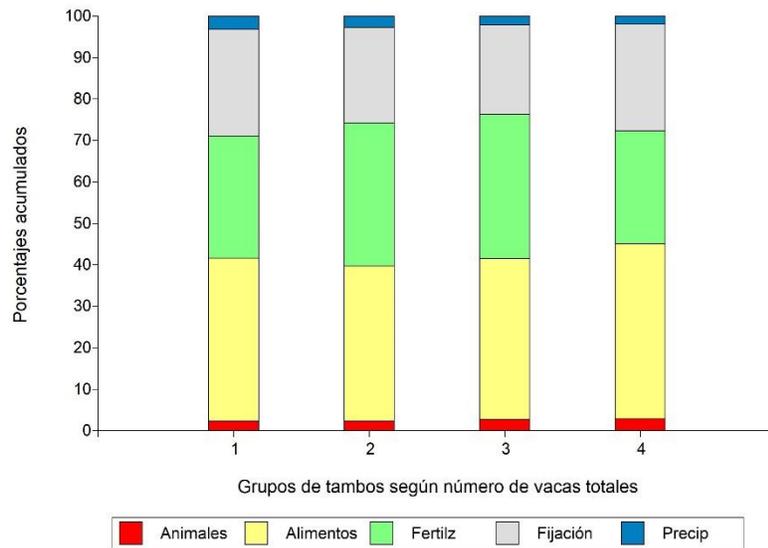


Figura 3.3. Incidencia porcentual de las fuentes de ingreso total de N en tambos agrupados según número de vacas totales (VT). Grupo 1 (151 VT); Grupo 2 (323 VT; Grupo 3 (517); Grupo 4 (753).

Los **ingresos de N** en promedio para los 24 tambos totalizaron  $53,02 \pm 27,04$  ton/año y por unidad de superficie fue  $215,31 \pm 59,98$  kg N/ha/año. Este valor hallado de ingreso total de N es similar a los calculados por Varillas (2015) de  $241,8 \pm 108,7$ , siendo levemente superiores en el caso de Carbó (2012) y Herrero *et al* (2006b). Begarías (2008) y Herrero *et al* (2009) calcularon ingresos promedio de  $100,59$  kg N/ha/año y  $158,45 \pm 80,27$  kg N/ha/año respectivamente. Chmelikova *et al* (2021) en tres regiones de Alemania encontró ingresos desde 177 a 344 kg N/ha/año y promedio de  $266$  KgN/ha/año, en 18 tambos convencionales. Los 18 tambos orgánicos que estudiaron tuvieron ingresos en un rango de 97 a 240 KgN/ha/año con un promedio de  $161$  KgN/ha/año. Las fuentes que aportaron N en este trabajo, fueron en mayor medida los alimentos ( $21,25 \pm 13,08$  ton/año) que representa en promedio el 40,60% de los ingresos de N y los fertilizantes ( $16,41 \pm 7,87$  ton/año) que representaron el 30,88% de ingresos de N. La fijación biológica proveniente de las leguminosas de las pasturas ( $12,76 \pm 8,37$  ton/año) representó en promedio el 23,81% de los ingresos; el ingreso de N por animales ( $1,41 \pm 0,84$  ton/año) y por lluvia ( $1,19 \pm 0,43$  ton/año) representaron el 2,62% y 2,57% respectivamente. Al evaluar la proporción de cada fuente al ingreso total, el porcentaje de ingreso por alimentos fue el mayor (40,60%) siendo similar a los encontrados por Herrero *et al* (2006b), Gourley *et al.* (2012) y Varillas (2015) con

44,6%, 43% y 40% respectivamente. Begarías (2008) reportó que el principal ingreso de N también fue por alimentos pero en este caso representó el 59,8% del total ingresado.

Los **egresos de N** conformados principalmente por la venta de la leche producida fue en promedio  $16,32 \pm 7,68$  ton/año y  $68,81 \pm 20,27$  kg N/ha/año. Este último promedio supera a los informados por Varillas (2015), Carbó (2012) y Herrero *et al* (2009) de  $41,8 \pm 16,5$  kg N/ha/año,  $28,1 \pm 15,5$  kg N/ha/año y  $32,29 \pm 26,14$  kg N/ha/año respectivamente. Chmelikova *et al* (2021) encontraron valores muy superiores en Alemania, con egresos desde 155 a 310 kg N/ha/año y promedio de 208 KgN/ha/año, en 18 tambos convencionales. Mientras que los 18 tambos orgánicos que estudiaron tuvieron ingresos en un rango de 94 a 236 KgN/ha/año con un promedio de 146 KgN/ha/año.

### **Indicadores de eficiencia de N**

El Indicador de Eficiencia de Uso de Nutrientes (EUN-N %) permite conocer la proporción de N ingresado que salió en producto del sistema, es decir con que eficiencia fue utilizado. En el presente trabajo los porcentajes entre grupos no presentaron diferencias significativas ( $p=0,3732$ ). Este resultado no respalda la hipótesis que afirma que la intensificación de los sistemas de producción lechera disminuye la Eficiencia de Uso de N (EUN-N%). Sin embargo, el tambo con mayor valor de EUN-N% fue el TO con 56,52% mientras que el que tuvo el menor valor fue 21,29% en un TC del G1 que fue el de menor productividad en lts/haVT/año. Esto sugiere que la eficiencia de uso de N estaría relacionada

con la eficiencia de producción de leche ya que en promedio el 84,94 % del egreso de N de los establecimientos fue por esta vía.

El CBN informa, teniendo en cuenta un número importante de predios lecheros del país, un promedio de EUN-N de 22,83% valor por debajo del calculado en este trabajo cuyo promedio fue  $32,87 \pm 8,62\%$ . Esto equivale a decir que en estos tambos la eficiencia de aprovechamiento del N fue mayor que la de los predios lecheros informados en el CBN, puesto que para este indicador valores más elevados significan mejores eficiencias. Varillas (2015) informó un valor promedio EUN-N de  $18,8 \pm 5,1\%$ . Tieri *et al* (2017) refirió una eficiencia de uso de  $24 \pm 7,5\%$  mientras que Herrero *et al* (2006b)  $27,67 \pm 11,37\%$ . Begaries (2008) calculó un rango de EUN-N de 16,63% a 27,88% para los tambos estudiados en la cuenca Oeste Bonaerense. Ryan *et al* (2011) obtuvieron en eficiencias desde 27,1% hasta 34,3% para tres diferentes cargas y tres niveles de suplementación. Gourley *et al* (2012) obtuvo una eficiencia del uso del N del 26% con un rango entre 15 y 50%.

El Indicador de Ineficiencia de Uso de Nutrientes (IeUN-N%) muestra que proporción del total de N ingresado queda en el sistema sin ser utilizado para producir, es decir, el exceso de N que permanece en el establecimiento en relación con el N ingresado. En este caso valores menores expresan mejores eficiencias lo que estaría mostrando una mayor parte del total de los ingresos sale del predio como producto. El CBN informa un promedio de IeUN-N de 76,97%, mientras que el calculado en este trabajo fue  $67,13 \pm 8,62\%$  con valores

promedio entre grupos que no difirieron significativamente ( $p=0,3731$ ). El más eficiente fue el TO con 43,48% y en el extremo opuesto fue 78,71% para el mismo TC del G1.

El tercer indicador calculado fue el índice Ingreso/Egreso de N (I/E-N) que permite visualizar cuántas veces el ingreso del nutriente al predio supera al egreso del mismo como producto del sistema. Los valores hallados resultaron similares, sin diferencias significativas entre grupos con un promedio general de  $3,24 \pm 0,76$ . Este resultado no respalda la hipótesis que afirma que como consecuencia de la intensificación de los sistemas de producción lechera disminuirá la eficiencia en el uso de N aumentando el índice ingreso/egreso. El promedio general está por debajo del calculado por Herrero *et al* (2006b) de  $4,28 \pm 1,92$  en tambos de base pastoril de las cuencas lecheras Abasto Sur y Abasto Norte de la Provincia de Buenos Aires. Nuevamente el menor valor correspondió al TO con 1,77 y el de mayor ingreso respecto al egreso fue el tambo menos eficiente para producir de leche con un I/E de 4,87. Begaries (2008) calculó un rango superior de I/E-N entre 3,59 y 6,01 para los tambos estudiados en la cuenca Oeste Bonaerense.

Al estudiar la asociación entre los indicadores de eficiencia de N (EUN-N %, IeUN-N% y I/E) con el número de VT no se hallaron correlaciones significativas ( $p>0,05$ ).

Los indicadores BNT-N, BN/ha-N, BNP (g N/L leche) e I/E presentaron una distribución Normal (Anexo 2, Cuadro 5). Solamente EUN-N y IeUN-N resultaron alejarse ligeramente de la distribución Normal (valor  $p$ : 0,0470) y las medianas para estas 2 variables

(EUN-N:32,24% y IeUN-N: 67,76%) resultaron muy similares a la media por lo cual no se incluyeron en el Cuadro 3.2.

### 3.5.3. Balance Predial de Fósforo

Los resultados de **los balances prediales de P (BNT-P)** se presentan agrupados en el Cuadro 3.3 donde se detallan, además, los valores promedio de ingresos y egresos de P. Los BNT-P aumentan con el número de vacas totales. La correlación entre el balance de nutrientes de P y el número de VT resultó de  $r=0,78$  ( $p=0,0001$ ) indicando una asociación estadística positiva entre ambas variables. La asociación entre el BNP-P (gP/L de leche) y el número de VT no resultó significativa siendo el coeficiente de correlación igual a  $r = -0,07$  ( $p=0,74$ ). El diagrama de dispersión se muestra en la Figura 3.4.

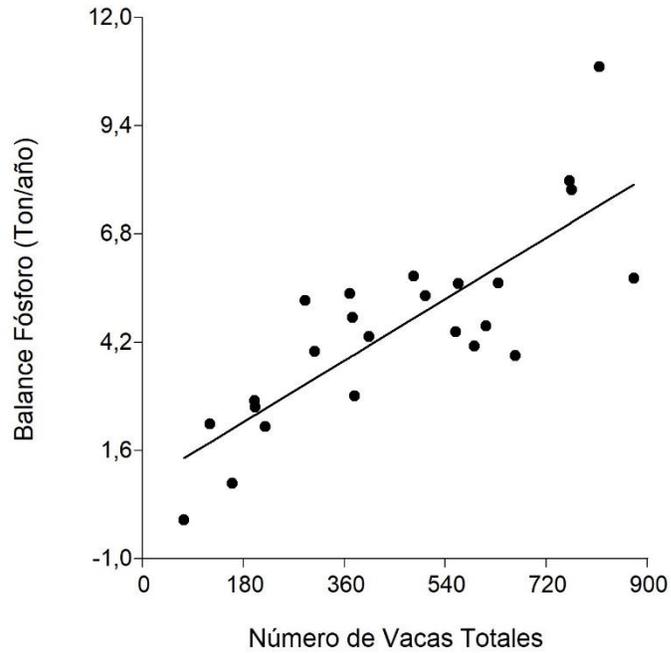


Figura 3.4. Dispersión y recta de ajuste entre las variables Balance total de Fósforo (P) y número de vacas totales (VT) en los 24 tambos.

Cuadro 3.3. Balance anual de Fósforo (P) e Indicadores de aprovechamiento según número de Vacas totales (VT) de tambos de la Cuenca Mar y Sierras

	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>	<b>Totales</b>
Nº VT/ tambo <sup>1</sup>	151±55	323±63	517±69	753±90	456±233
<b>Ingresos<sup>1</sup> (ton P/año)</b>					
Alimentos Externos	1,06 ± 0,46	2,30 ± 0,45	3,14 ± 0,69	4,65 ± 2,22	2,94 ± 1,80
Fertilizantes	1,72 ± 1,13	3,97 ± 1,22	4,72 ± 0,74	6,04 ± 1,08	4,29 ± 1,85
Animales	0,12 ± 0,06	0,28 ± 0,09	0,40 ± 0,14	0,61 ± 0,18	0,65 ± 0,33
<i>Total</i>	<i>2,90 ± 1,56</i>	<i>6,54 ± 1,53</i>	<i>8,26 ± 1,06</i>	<i>11,30 ± 3,13</i>	<i>7,60 ± 3,62</i>
<b>Egresos<sup>1</sup> (ton P/año)</b>					
Leche	0,97 ± 0,34	1,90 ± 0,41	2,66 ± 0,52	3,66 ± 0,84	2,41 ± 1,14
Animales	0,24 ± 0,13	0,57 ± 0,27	0,67 ± 0,18	0,98 ± 0,19	0,37 ± 0,22
<i>Total</i>	<i>1,21 ± 0,41</i>	<i>2,47 ± 0,52</i>	<i>3,32 ± 0,66</i>	<i>4,64 ± 1,01</i>	<i>3,05 ± 1,43</i>
<b>Indicadores relativos a los nutrientes</b>					
<b>BA-P<sup>1</sup> (ton P/año)</b>	1,68 ± 1,25	4,07 ± 1,30	4,94 ± 0,72	6,65 ± 2,4	<b>4,54 ± 2,34</b>
<b>BA-P<sup>1</sup> (Kg P/ha/año)</b>	11,9 <sup>a</sup> ± 8,41	17,8 <sup>ab</sup> ± 4,96	20,4 <sup>ab</sup> ± 2,54	20,9 <sup>b</sup> ± 4,6	<b>18,14 ± 6,08</b>
<b>BA-P<sup>1</sup> (g P/L de leche)</b>	1,38 <sup>a</sup> ± 1,17	1,88 <sup>a</sup> ± 0,63	1,49 <sup>a</sup> ± 0,16	1,57 <sup>a</sup> ± 0,46	<b>1,59 ± 0,63</b>
<b>EUN-P<sup>1,2</sup> (%)</b>	56,56 <sup>a</sup> ± 35,16	38,70 <sup>a</sup> ± 7,89	40,16 <sup>a</sup> ± 5,81	42,12 <sup>a</sup> ± 7,28	<b>43,78 ± 17,21</b>
<b>leUN-P<sup>1,3</sup> (%)</b>	43,38 <sup>a</sup> ± 35,17	60,80 <sup>a</sup> ± 7,59	59,84 <sup>a</sup> ± 5,81	57,88 <sup>a</sup> ± 7,28	<b>56,08 ± 17,16</b>
<b>I/E-P<sup>1,4</sup></b>	2,23 <sup>a</sup> ± 0,98	2,67 <sup>a</sup> ± 0,53	2,55 <sup>a</sup> ± 0,45	2,43 <sup>a</sup> ± 0,42	<b>2,48 ± 0,59</b>
<sup>1</sup> Valores expresados a través de la media ± desvío estándar <sup>1,2</sup> EUN(%):[(egreso P/ ingreso P) x 100] Proporción de P ingresado que salió en producto del sistema <sup>1,3</sup> leUN(%):[(exceso P/ ingreso P) x 100] Proporción de P ingresado que quedó en el sistema <sup>1,4</sup> I/E: Índice Ingreso/Egreso (ingreso P/ Egreso P) Cuantas veces el ingreso de P supera a la salida de P Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas al 5% entre las medias de los grupos con la prueba de Tukey a posteriori del ANOVA y la prueba de Kruskal Wallis para EUN-P e leUN-P.					

Los promedios de BN/ha-P (Kg/ha/año) entre grupos resultaron diferentes ( $p=0,0395$ ). La prueba de comparación de medias muestra que el Grupo 1 presentó un promedio significativamente menor que el Grupo 4 en el BN-P (Cuadro 3.3). El incremento en Kg P/ha/año del Grupo 4 respecto del Grupo 1 fue del 76%. El balance promedio de todos los tambos fue de  $18,14 \pm 6,08$  kg P/ha/año, con rangos de  $-1,04$  kg P/ha/año (TO) a  $29,7$  kg P/ha/año del TC del G4. Estos resultados apoyan la hipótesis que afirma que como consecuencia de la intensificación de los sistemas de producción lechera aumentarán los excedentes de P.

El promedio informado por el CBN es de 10,63 kg P/ha/año pero con valores máximos de 53,58 kg P/ha/año. Los 24 tambos bajo análisis muestran un promedio de  $18,14 \pm 6,08$  kg P/ha/año, que si bien duplica el promedio del CBN, es similar a los promedios obtenidos en establecimientos de Suecia, 18,5 kg P/ha/año (Gustafson *et al.* 2011), y de Dinamarca, 19 kg P/ha/año (Halberg, 1999). A nivel local, se encontraron valores similares informados por Begaries (2008) en la cuenca Oeste Bonaerense, 20,59 kg P/ha/año, Carbó (2012) para la Cuenca Sur-Oeste con  $18,3 \pm 11,5$  kg P/ha/año y por Herrero *et al* (2009) en tambos de base pastoril con diferentes niveles de suplementación de cuencas lecheras de la provincia de Buenos Aires, con excedentes de  $19,23 \pm 10,82$  kg P/ha/año. Todos estos balances son inferiores a los  $22,1 \pm 12,3$  kg P/ha/año relevados en tambos de la cuenca oeste de la Provincia de Buenos Aires por Varillas (2015). Utilizando la información obtenida mediante encuestas realizadas en sistemas lecheros de cuencas de Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires para el ciclo 2012-2013, Tieri *et al* (2017), encontraron un promedio general de BN/ha-P de  $7,9 \pm 9,5$  KgP/ha/año. Además, informaron valores de  $3,4 \pm 5,4$  KgP/ha/año, en tambos con cargas  $< 1,3$  cab/haVT y uso de alimento concentrado diario por vaca ordeño  $< 6$  kg MS, y  $16 \pm 11$  KgP/ha/año en tambos con cargas  $\geq 1,3$  cab/haVT y uso de alimento concentrado diario por vaca ordeño  $\geq 6$  kg MS. En Australia, Gourley *et al* (2012) encontraron un rango de excedentes de P en todo el predio de -7 a 133 KgP/ha/año con un promedio de 28 Kg P/ha/año. Cela *et al* (2014) cuantificó en el Estado de Nueva York rangos de -7 a 51 Kg P/ha/año. Comparando los BN-P (ton/año) del Grupo 4 respecto al Grupo 1 el incremento en toneladas/año es de un 296%, siendo el promedio de los balances

para los 24 tambos de  $4,54 \pm 2,34$  ton/año. Referidos a toneladas anuales el rango encontrado de los balances en los distintos tambos fue amplio ya que el mínimo fue negativo  $-0,07$  ton P/año siendo éste el caso del TO lo que estaría mostrando una pérdida leve de P predial. En el otro extremo encontramos un balance de  $10,81$  ton P/año siendo este caso del tambo TC del G4. El valor obtenido de  $4,54$  ton N/año resulta inferior a los encontrados en tambos de la Provincia de Buenos Aires con un balance promedio de P de  $7,05 \pm 7,11$  ton P/año (Herrero *et al*, 2006b),  $6,54$  ton P/año (Begaries, 2008) y  $8,4 \pm 10,3$  ton P/año (Carbó (2012) poco menos del doble que en este trabajo. En consonancia con estas magnitudes, en 23 establecimientos lecheros de base pastoril localizados en Utah y Idaho informaron balances de  $6,3$  ton P/año promedio (Spears *et al.*, 2003).

Se analizó la asociación entre el aporte de las diferentes fuentes de ingreso al BNT-P y el número de VT. No se halló asociación entre los ingresos de P por animales, alimentos externos y fertilizantes con respecto al número de VT ( $p > 0,05$ ). La figura 3.5 detalla el aporte anual de P por animales, alimentos externos y fertilizantes cuantificados en el ingreso total de P (ton/año) en tambos agrupados según el número de vacas totales (VT) considerando animales, alimentos externos y fertilizantes. Asimismo, la Figura 3.6 muestra la proporción de cada uno de los diferentes aportes al ingreso total de P agrupados según el número de vacas totales (VT).

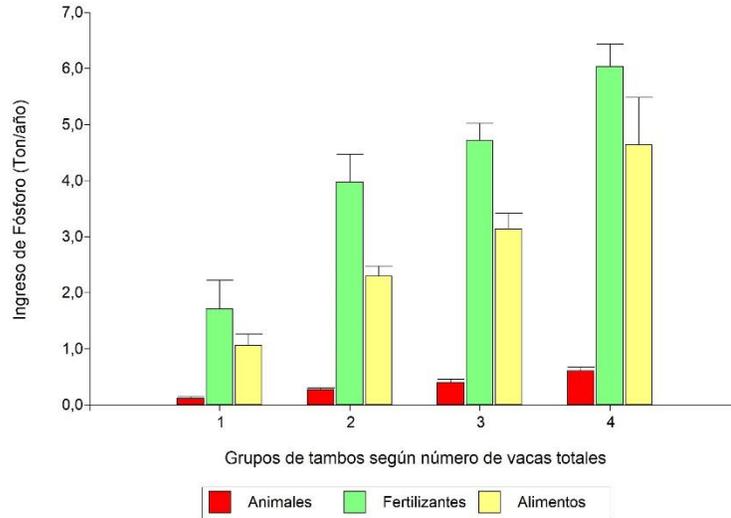


Figura 3.5. Aporte anual de los ingresos de P por animales, alimentos externos y fertilizantes en el ingreso total de P en tambos agrupados según número de vacas totales (VT). Grupo 1 (151 VT); Grupo 2 (323 VT); Grupo 3 (517); Grupo 4 (753).

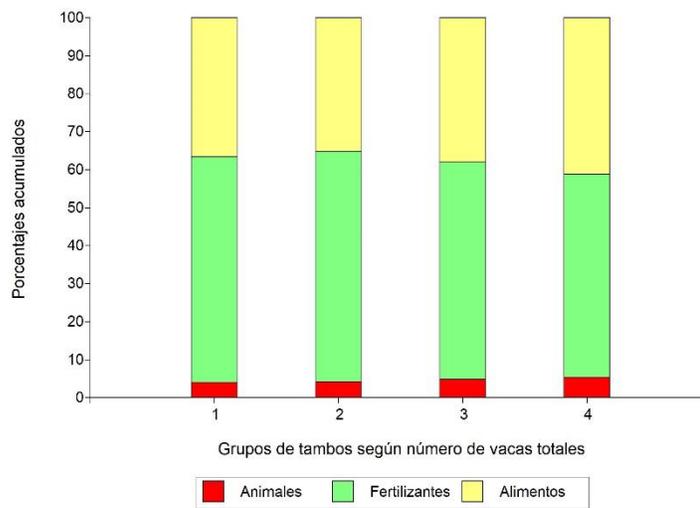


Figura 3.6. Incidencia porcentual de ingresos de P por animales, alimentos externos y fertilizantes en el ingreso total de P en tambos agrupados según número de vacas totales (VT). Grupo 1 (151 VT); Grupo 2 (323 VT); Grupo 3 (517); Grupo 4 (753).

Los **ingresos de P** en promedio totalizan  $7,60 \pm 3,62$  ton/año poco menos que los  $8,61 \pm 8,30$  calculados por Herrero *et al* (2006b). En promedio los aportes a dicho valor son el ingreso por alimentos ( $2,94 \pm 1,80$  ton P/año) que representa en promedio el 39,90% de los ingresos; por fertilizantes ( $4,29 \pm 1,85$  ton P/año) que resulta el 55,29% de ingresos y por animales ( $0,65 \pm 0,33$  ton P/año) que representa el 4,80%. Los ingresos anuales por ha fueron  $31,05 \pm 8,18$  kg P/ha/año, similar a los  $31,3 \pm 14,0$  kg P/ha/año encontrados por Carbó (2012) en la cuenca Sur-Oeste de Buenos Aires. El valor es levemente superior a los  $29,6 \pm 14,2$  kg P/ha/año,  $24,70 \pm 11,60$  kg P/ha/año,  $24,45$  kg P/ha/año hallados por Varillas (2015), Herrero *et al* (2009) y Begaries (2008) respectivamente. Al evaluar la proporción de cada aporte constitutivo del ingreso total, el porcentaje de ingreso por fertilizantes fue el mayor (55,29%) siendo similar al encontrado por Herrero *et al* (2006b) con 60,86% y superior al 46% de Varillas (2015).

Los **egresos de P**, conformados principalmente por la venta de la leche producida, fue en promedio de los 24 tambos  $3,05 \pm 1,43$  ton P/año valor por encima del hallado por Herrero *et al* (2006b) en las cuencas lecheras Abasto Sur y Abasto Norte de la Provincia de Buenos Aires con un promedio de  $1,58 \pm 1,29$  ton P/año. El valor calculado en este trabajo

por unidad de superficie fue  $12,86 \pm 3,77$  kg P/ha/año superior a los  $7,6 \pm 3,0$  kg P/ha/año,  $5,0 \pm 2,8$  kg P/ha/año,  $5,47 \pm 3,64$  kg P/ha/año y  $3,86$  kg P/ha/año informados por Varillas (2015), Carbó (2012), Herrero *et al* (2009) y Begaries (2008) respectivamente.

### **Indicadores de eficiencia de P**

El Indicador de Eficiencia de Uso de Nutrientes (EUN-P %) permite conocer la proporción de P ingresado que salió en producto del sistema, es decir con qué eficiencia fue utilizado. En el presente trabajo los porcentajes entre grupos no presentaron diferencias significativas ( $p=0,8217$ ) entre los grupos para el EUN-P%. Este resultado no respalda la hipótesis que afirma que la intensificación de los sistemas de producción lechera disminuye la Eficiencia de Uso de P (EUN-P%). En el caso de este indicador valores más elevados significan mejores eficiencias, resultando el G1 el de mayor eficiencia con 56,56%. El tambo con mayor valor de EUN-P% fue el TO con 114,89% mientras que el que tuvo la menor eficiencia fue un TC del G3 con 29,15%.

El CBN informa, teniendo en cuenta un número importante de predios lecheros del país, un promedio de EUN-P de 45,62% semejante al calculado en este trabajo cuyo promedio fue  $43,78 \pm 17,21\%$ . Tieri *et al* (2017) informó un promedio de  $53 \pm 21\%$  y Herrero *et al.* (2006b)  $21,93 \pm 8,29\%$  para varias cuencas lecheras de Argentina. Begaries (2008) encontró bajas eficiencias en el uso de P calculando un rango de EUN-P de 13,08% a 18,06% para los tambos estudiados en la cuenca Oeste Bonaerense. Gourley (2012) en

diferentes regiones de Australia evaluando 41 tambos contrastantes en cuanto a productividad, tamaño del rodeo, superficies de los establecimientos y tipos de suelo, halló valores de EUN-P% entre el 6 y el 158%, con un promedio del 35%.

El indicador de Ineficiencia de Uso de Nutrientes (IeUN-P %) muestra que proporción del total de P ingresado queda en el sistema sin ser utilizado para producir, es decir, el exceso de P que permanece en el establecimiento en relación con el N ingresado. En este caso valores menores expresan mejores eficiencias lo que estaría mostrando una mayor parte del total de los ingresos sale del predio como producto. No se encontraron diferencias significativas ( $p=0,9068$ ) entre medias de grupos para el IeUN-P%. El CBN informa como promedio un IeUN-P de 52,20% cercano al calculado en este trabajo cuyo promedio fue  $56,08 \pm 17,16\%$  mientras que el rango entre grupos fue de 43,38% a 60,80% de IeUN-P. El tambo con menor porcentaje fue el TO con -14,89%.

El tercer indicador calculado fue el índice Ingreso/Egreso de P (I/E-P) que permite visualizar cuántas veces el ingreso del nutriente al predio supera al egreso del mismo como producto del sistema. Los valores hallados resultaron similares, sin diferencias significativas entre grupos con un promedio general de  $2,48 \pm 0,59$ . Este resultado no respalda la hipótesis que afirma que como consecuencia de la intensificación de los sistemas de producción lechera disminuirá la eficiencia en el uso de P aumentando el índice ingreso/egreso. El promedio general está por debajo del calculado por Herrero *et al* (2006b) de  $5,15 \pm 1,78$  en tambos de base pastoril de las cuencas lecheras Abasto Sur y Abasto Norte

de la Provincia de Buenos Aires. El menor valor correspondió al tambo orgánico con 0,89 y el de mayor ingreso respecto al egreso fue un TC del G3 con un I/E de 3,43. Begaries (2008) calculó un rango superior de I/E-P entre 5,54 y 7,64 para los tambos estudiados en la cuenca Oeste Bonaerense.

Al estudiar la asociación entre los indicadores de eficiencia de P (EUN-P %, IeUN-P% e I/E) con el número de VT no se hallaron correlaciones significativas ( $p > 0.05$ ).

Se detectó que los índices Ingreso/Egreso (I/E) de N y P presentaron una alta correlación entre sí ( $r = 0,86$ ;  $p < 0.001$ ), lo que indica que a mayor I/E-N mayor I/E-P. Esto sugiere que las ineficiencias del sistema de producción se manifiestan de forma independiente del nutriente estudiado (Herrero *et al*, 2006b). Al comparar las ineficiencias de N y P se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ) entre los I/E-N y el I/E-P resultando que el promedio para N ( $3,24 \pm 0,76$ ) fue mayor que el promedio para P ( $2,48 \pm 0,59$ ), lo cual evidenció que el manejo del P fue más eficiente que el del N.

Los indicadores BNT-P, BN/ha-P, BNP (g P/L leche) e I/E presentaron una distribución Normal. En el caso de EUN-P y IeUN-P la distribución no se ajustó a la Normal (Anexo 2, Cuadro 6) y las medianas para estas 2 variables (EUN-P:40,96% y IeUN-P: 59,04%) resultaron muy similares a la media por lo cual no se incluyeron en el Cuadro 3.3.

Las diferencias encontradas en los balances de nutrientes de N y P de los trabajos citados obedecen a la multicausalidad que determina cada uno de los ingresos y egresos.

Por un lado, están aquellos vinculados al manejo integral de los establecimientos en cuanto al modelo de producción de leche y por otro lado lo que refiere a la gestión de los efluentes líquidos y residuos sólidos orgánicos generados en el proceso productivo. En cuanto al modelo de producción de leche, el tipo de dieta suministrada a los animales influye decididamente en el balance de N (Begarías, 2008; Herrero *et al*, 2009) a través del nivel de suplementación de alimentos externos por utilización de concentrados y la utilización de forraje producido y consumido. Este último dependerá tanto del manejo del pastoreo como del crecimiento de pasto asociado a la eficiencia de las plantas para la captación de los nutrientes de los fertilizantes, teniendo en cuenta que del total de fertilizante aplicado mundialmente alrededor del 80% se pierde en el ambiente (Erisman *et al*, 2008; Fowler *et al*, 2013). Sumado a ello, en el caso del N, se deben considerar el aporte por fijación biológica de las pasturas con leguminosas y lo ingresado por lluvias.

Por otro lado, las diferencias encontradas también pueden tener origen en causas asociadas a las ineficiencias biológicas de excreción de N y P por parte de los animales. Entre el 60 y el 80% del N y P ingeridos son eliminados por orina y heces, y una escasa proporción es retenida para mantenimiento y producción (Jarvis, 1993; Van Horn *et al.*, 1996). Distintos factores pueden incidir en estos procesos tales como la eficiencia productiva y la calidad de la dieta suministrada. Esta última, a través de la digestibilidad, el valor biológico de los alimentos o el contenido de proteína degradable en rumen, puede reducir el porcentaje de excreción de N y P (Herrero *et al*, 2006b).

Respecto a los efluentes generados, el tratamiento de los residuos orgánicos dependerá de la gestión que se haga con ellos, lo cual influirá en el resultado final del balance de nutrientes. Por ejemplo, el “uso agronómico” refiere al proceso que devuelve materia orgánica y nutrientes al suelo con el beneficio de disminuir el aporte de fertilizantes de síntesis química (Kvolec, 2020). También podrán utilizarse para la elaboración de biogás a partir del estiércol y/o la transferencia de los mismos fuera del establecimiento (Chmelikova *et al*, 2021). En el otro extremo estarían aquellos establecimientos que no hacen manejo alguno de los efluentes líquidos y residuos sólidos orgánicos o bien los acumulan en lagunas sin ningún tipo de tratamiento (Engler *et al*, 2022).

### **3.6. Conclusiones**

La estratificación según la cantidad de vacas totales mostró que la carga y el suministro de concentrados aumentaron con la cantidad de VT, por lo tanto, es indicativa de niveles crecientes de intensificación de los sistemas de producción lechera evaluados en la cuenca Mar y Sierras que impactan de la siguiente manera:

1. Aumentan los ingresos de nutrientes al predio, tanto de nitrógeno como de fósforo
2. Incrementan los excesos (balance) de nitrógeno y fósforo ya que los egresos, principalmente por leche, no compensa la magnitud del ingreso por insumos (alimentos y fertilizantes).

3. No modifica la eficiencia de utilización de los nutrientes
4. Las ineficiencias en el uso de N resultó mayor que la de fósforo

En los tambos la intensificación produjo un exceso de nitrógeno y fósforo en los predios. Esta acumulación de nutrientes se traduciría en aumentos significativos de los flujos de energía dando como resultado una mayor contaminación ambiental (Viglizzo y Roberto, 1997; Burón Alfano et al, 2009).

**CAPITULO 4**  
**CONCLUSIONES FINALES**

## CAPITULO 4: CONCLUSIONES FINALES

- 1) Los tambos bajo estudio tuvieron en promedio una dieta conformada por un 51% de pastoreo directo, con diferencias entre tambos que oscilaron entre 41% y 63%; un promedio de uso de reservas forrajeras de 20% con rango de 12% a 26% y el suministro de concentrados del orden del 26%. El proceso de intensificación en el uso de los recursos disponibles, consistente en aumentar la carga (como resultado del aumento de la producción de las pasturas por más fertilización) y aumentar la oferta de alimentos externos, mejoró la eficiencia productiva mediante el incremento de la producción de leche y de sólidos útiles por unidad de superficie. Sin embargo, en las condiciones en que se desarrolló este trabajo, queda de manifiesto que a medida que las cargas y la suplementación van creciendo la tasa de aumento de la productividad disminuye puesto que una menor proporción de energía se direcciona a producción de leche.
- 2) A medida que aumentó la suplementación la calidad composicional de la leche (% de proteína bruta y de grasa butirosa) se redujo por un efecto de dilución. Por lo tanto, hubo efecto negativo de la intensificación sobre la calidad composicional. Sin embargo, ese efecto de dilución se vio compensado por la mayor producción individual lo que resultó en una mayor cantidad de sólidos útiles por hectárea.
- 3) La calidad higiénica y sanitaria no se vio afectada por la intensificación poniendo en evidencia que dentro del rango de intensificación analizado y con la tecnología disponible, los tambos aplicaron rutinas de ordeño adecuadas y tiempos totales de ordeño que no afectaron estas variables.

4) A medida que aumentó la intensificación aumentaron los excedentes de N y P que se acumularon en el sistema, sin embargo, la eficiencia en el uso de nutrientes no se modificó significativamente. Asimismo, la ineficiencia en el uso de N resultó mayor que la de fósforo.

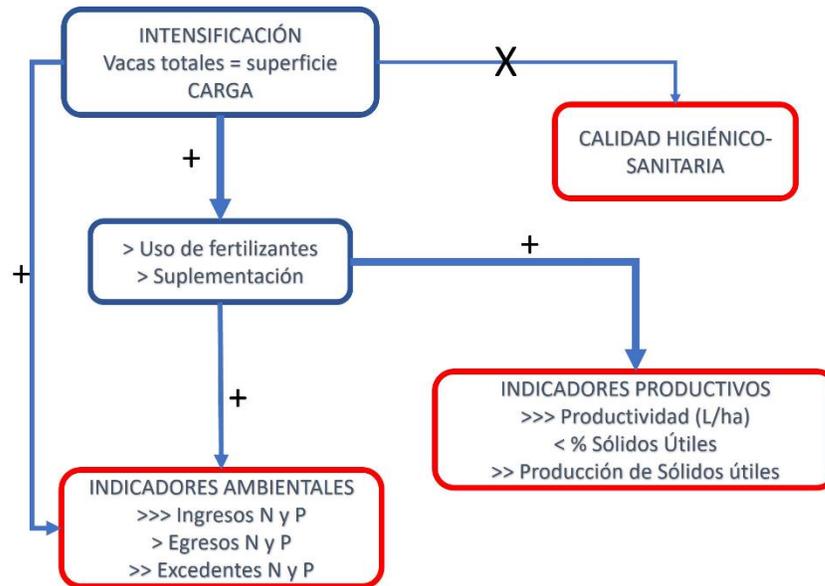


Figura 4.1. Diagrama explicativo del efecto del proceso de intensificación sobre los indicadores productivos y ambientales.

La intensificación de los sistemas de producción de leche reflejada en el mayor número de vacas por hectárea, la mayor suplementación y la mayor proporción de recursos forrajeros fertilizados produjo un aumento en la producción individual expresada tanto en cantidad de leche como en sólidos útiles por hectárea, sin afectar la calidad higiénico-sanitaria. Sin embargo, a medida que se intensifican los sistemas aumenta la producción de residuos y en consecuencia la condición ambiental empeora debido a la ineficiencia creciente en el aprovechamiento de los nutrientes (Figura 4.1). Estos podrían modificar la calidad del agua mediante la difusión de nitratos y compuestos fosforados que difunden generando toxicidad y eutrofización en cursos de agua superficial y subterránea.

Por lo tanto, resulta necesario implementar medidas de mitigación para mantener estos altos niveles de producción sin afectar negativamente el ambiente. Por ejemplo, la reutilización, tratamiento y distribución dentro del predio del estiércol y de los efluentes como forma de disminuir el uso de fertilizantes de síntesis química y/o para la producción de biogás (Cañada *et al.*, 2018; Kvolec, 2020). Asimismo, mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes consumidos por los animales mediante una mayor precisión en la formulación de las dietas suministradas (Bargo, 2003; Herrero *et al.*, 2009).

Este trabajo abordó aspectos productivos y su impacto sobre el ambiente, particularmente a través de indicadores relativos a los nutrientes. Para tener una visión más integral en todos los aspectos que hacen a la sustentabilidad de los tambos sería interesante incorporar aspectos económicos y sociales que podrían explicar las decisiones de gestión de los establecimientos. Por ejemplo, por qué los productores no implementan estrategias de mitigación del impacto ambiental.

## **BIBLIOGRAFIA**

Alais C. 1985. Ciencia de la leche. Editorial Reverte. Barcelona (873 pp.)

AOAC 947.05.1990. Leche: Determinación de la acidez titulable.

Beltrame Florencia. 2010. Transformaciones en el Complejo Lacteo Argentino. La mediería como forma social de trabajo. Mundo Agrario, Vol. 10, Nº 20. <https://www.mundoagrario.unlp.edu.ar/article/view/v10n20a05>

Bargo, F., Muller, L. D., Kolver, E. S., Delahoy, J. E. (2003). Invited Review: Production and Digestion of Supplemented Dairy Cows on Pasture. J. Dairy Sci., 86(1), 1-42.

Baudracco, J., Lazzarini, B., Rosset, A., Jauregui, J., Braida, D., and Maiztegui, J. 2014. Cuantificación de limitantes productivas en tambos de Argentina. Reporte Final. 97p. Acceso agosto 11, 2020. <https://www.researchgate.net/publication/316307878>

Baudracco, J., Lopez-Villalobos, N., Romero, L.A., Scandolo, D., Maciel, M.G., Comeron, E.A., et al., 2011. Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbred Holstein-Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. Anim. Feed Sci. Technol. 168, 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.03.017>.

Baudracco, J., Maiztegui, J., Jauregui, J., Lazzarini, B., Gagliardi, R., Rosset, A., 2017. Productividad, resultado económico y riesgo de sistemas lecheros en el centro-norte de argentina. *Chil. J. Agric. Anim. Sci.* 72, 454–466. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902017005000501>.

Begaries, L. (2008). Utilización de herramientas de diagnóstico ambiental en predios lecheros de la cuenca del oeste bonaerense. Trabajo final de la Especialización en Gestión Ambiental de Sistemas Agroalimentarios (FAUBA).

Beukes, P., Gregorini, P., Cameron, K., Attwood, G. Farm-scale carbon and nitrogen fluxes in pastoral dairy production systems using different nitrogen fertilizer regimes. *Nutr Cycl Agroecosyst* (2020) 117:1–12.

Beukes, P., Scarsbrooka, M, Gregorinia, P., Romeraa, A, Clarka, D., Cattob, W. 2012. The relationship between milk production and farm-gate nitrogen surplus for the Waikato region, New Zealand. *Journal of Environmental Management.* 93 (2012) 44-51.

Borlaug, N.E. 2007. Sixty-two years of fighting hunger: Personal recollections. *Euphytica*, vol. 157(3), 287-297.

Brócoli, A. 2014. Agroecología y la construcción de sistemas agroalimentario sustentables: de las semillas a los mercados locales (pp. 114-115). En *Seguridad y Soberanía Alimentaria*. M. Gorban. Editorial Akadia. (167 pp.)

Burón-Alfano, V., Questa, G., Herrero, M. A., Orlando, A., Flores, M., Charlón, V. 2009. Potencial de reutilización de los residuos provenientes de tambos comerciales para la fertilización de recursos forrajeros. *Revista Investigación Veterinaria*, p 85-92.

Cañada, P., Herrero, M., Dejtiar, A., Vankeirsbilck, L. (2018). *Guía de Buenas Prácticas para el Manejo de Purines en Tambo*. Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Buenos Aires.

Carbó, L. 2012. “Balances de nutrientes como herramienta para estimar el potencial para el reciclado de los efluentes de tambo en recursos forrajeros”. Trabajo Final para obtener el grado de Especialista de la UBA en Manejo de Sistemas Pastoriles otorgado por UBA. Facultad de Agronomía. Escuela para Graduados.

Cela, S., Ketterings, Q., Czymmek, K., Soberon, M. y Rasmussen, C. 2014. Characterization of nitrogen, phosphorus, and potassium mass balances of dairy farms in New York State. *J. Dairy Sci.* 97 :7614–7632.

Centeno, A. 2013. “Intensificación en el tambo. ¿Qué cambió?”. 2013. Hoja de información técnica N°33. INTA UEEA San Francisco. ISSN: 2250-8546.

Centeno, A., Suero M., Gastaldi, L., Litwin G., Maekawa M., Engler P., Cuatrin A. y Comerón, E. 2015. “El tambo argentino: caracterización de estratos a través de indicadores productivos”. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_tamboargentino\\_estratos\\_indicadoresproductivos.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_tamboargentino_estratos_indicadoresproductivos.pdf)

Centeno, A., Gastaldi, L., Suero M, Litwin G., Maekawa M., Engler P., Cuatrin A. y Comerón, E. 2015. “Análisis de estrategias productivas en los tambos Argentinos: efecto de la carga animal y el uso de concentrados sobre el resultado de la empresa”.

Chmelikova, L., Schmid, H, Anke, S., Hulsbergen, K. 2021. Nitrogen-use efficiency of organic and conventional arable and dairy farming systems in Germany. *Nutr Cycl Agroecosyst* (2021) 119:337–354.

Corbellini, C. N. - 1996 - Actualización en la patogenia y diagnóstico de las mastitis, pp 37-48 en: Memorias Congreso Nacional de Calidad de Leche y Mastitis, ALMAST, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina, 7-9 Noviembre 1996.

CLAVES. Informe final. 2009. “Organización y análisis de un sistema de registros de enfermedades del periparto en vacas lecheras: su incidencia e impacto económico sobre las empresas”. Convenio de asistencia técnica institucional INTA-Elanco-AACREA. (45 pp).

Comerón, E., Baudracco, J., López-Villalobos, L y Colmes, C., Romero, A. 2007. “Producción de leche en Sistemas Pastoriles”. *Revista IDIA XXI*, pp. 26-31. INTA.

Callieri, C., Camuzzoni, O., Corbellini, C. 1989. Calidad de composición, sanitaria e higiénica de la leche cruda, pp. 44-62, Actas 2das. Jornadas Internacionales de Calidad de Leche, ALMAST, Bs. As., Argentina.

Charlón, V. 2007. Residuos en las Instalaciones de Ordeño. Revista IDIA XXI, pp. 80-. INTA.

Charlon, V. 2009. Proyecto INTA N°071040 (2009-2012). Estudio de aspectos operativos y ambientales en sistemas lecheros intensificados.

Corbellini, C. 1996 - Actualización en la patogenia y diagnóstico de las mastitis, pp 37-48 en: Memorias Congreso Nacional de Calidad de Leche y Mastitis, ALMAST, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina, 7-9 Noviembre 1996.

Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., Varela-Ruiz, M. 2013. La entrevista, recurso flexible y dinámico. Investigación en educación médica 2 (7), 162-167.

Dirección Nacional de Lechería - Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación. 2023.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C.W. 2011. InfoStatProfesional. Grupo InfoStat. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina

Engler, P., Cuatrin, A., Apez, M., Maekawa, M., Litwin, G., Centeno, A., Marino, M. y Moretto, M. 2022. Encuesta Sectorial Lechera del INTA. Resultados del ejercicio productivo 2020-2021. Informe Técnico. Publicación Misceláneas N° 22. ISSN 0326-1379.

Erisman, J., Sutton, M., Galloway, J. 2008. How a century of ammoniasynthesis changed the world. *Nature Geosci* 1:636–639.

Flaten, O., Koeslingb, M, Hansend, S. y Veidala, A. 2019. Links between profitability, nitrogen surplus, greenhouse gas emissions, and energy intensity on organic and conventional dairy farms. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, Volume 43, Issue 9 (2019).

Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U. 2013. The global nitrogen cycle in the twenty-first century. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 368:20130164.

Galetto, A. 2016. La competitividad de la industria láctea argentina.

<http://www.ocla.org.ar/contents/news/details/12305295-diagnostico-competitivo-del-sector-lacteo-argentino>

Gastaldi, L., A. Cuatrin, M. Maekawa, G. Litwin, M. Marino, A. Centeno, and M. Moretto. 2018. Informe de Lechería Pampeana del ejercicio 2016/2017. Accessed Set. 10, 2023. <https://inta.gob.ar/documentos/lecheria-pampeana-resultados-productivos-ejercicio-2016-2017>.

Gastaldi, L., Litwin, G., Maekawa, M., Moretto, M., Marino, M., Engler, P., Cuatrin, A., Centeno, A. y Galetto, A. 2020. Encuesta Sectorial Lechera del INTA. Resultados del

ejercicio productivo 2018-2019. Informe Técnico. Publicación Miscelánea Año VIII N° 2.

ISSN en línea: 2314-3126

Gastaldi, L., Litwin, G., Maekawa, M., Centeno, A., Engler, P., Cuatrin, A., Chemicz, J., Ferrer, J. y Suero, M. 2015. El tambo argentino: una mirada integral a los sistemas de producción de leche de la Región Pampeana. Informe Técnico INTA [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_el\\_tambo\\_argentino\\_mirada\\_integral\\_sis\\_prod\\_leche\\_pamp\\_abril\\_2015.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_el_tambo_argentino_mirada_integral_sis_prod_leche_pamp_abril_2015.pdf)

Gil, S., Carbó, L. 2014. Capítulo3: Manejo de Nutrientes. En: La producción animal y el ambiente. Conceptos, interacciones y gestión. Ed. Herrero, María A.; Gil, Susana B.; Rebuelto, Marcela; Sardi, Graciela M.I. – 1a ed. – Cdad. Autónoma de Buenos Aires, editorial BM Press, pp 67 – 95. Enero 2014. ISBN: 978-987-1500-18-5.

González, J.H., Ammirevole, C., Allocati, P., Puhl, L. 2019. Productividad de los Sistemas Lecheros de la Cuenca Mar y Sierras: cambios tecnológicos asociados a la intensificación. Actas 50° Reunión Anual de Economía Agraria. Bs As, Argentina.

Gourley, C., Dougherty, W., Weaver, D., Aarons, S., Awty, I., Gibson, D., Hannah, M., Smith, A. y Peverill, K. 2012. Farm-scale nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur balances and use efficiencies on Australian dairy farms- Animal Production Science, Vol 52: 929–944.

Gustafson, G., Salomon, E., Jonsson, S., Steineck, S. 2003 Fluxes of K, P, and Zn in a conventional and an organic dairy farming system through feed, animals, manure, and urine\*/a case study at O` jebyn, Sweden. *Europ. J. Agronomy*, Vol 20: 89 – 99.

Gutman, G. y Ríos, P. (2010). Dinámica reciente de la industria láctea en Argentina. Estrategias de innovación y de integración regional. Informe final. Proyecto: Políticas regionales de innovación en el Mercosur: obstáculos y oportunidades. Buenos Aires: Redes/Centro de Formación para la Integración Regional.

Halberg, N. 1999. Indicators of resources use and environmental impact for use in a decisión ald for Danish livestock farmers. *Agriculture, ecosystem and environment*, Vol 76: 17-30.

Herrero, M.A., Gil, S., Sardi, G., Flores, M., Carbó, L., Orlando, A. 2006 a. Transferencia de nutrientes del área de pastoreo a la de ordeño en tambos semiextensivos en Buenos Aires, Argentina. *Revista InVet*, 8(1): 23-30.

Herrero, M.A., Gil, S., Flores, M.C., Sardi, G.M., Orlando, A.A. 2006 b. Balances de nitrógeno y fósforo a escala predial, en sistemas lecheros pastoriles en Argentina. *InVet*8, (1): 9-21.

Herrero, M.A., Gil, S. 2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. *Ecología Austral* 18:273-289.

Herrero, M.A., Carbó, L.I., Flores, M.C. 2009. Balances de nitrógeno y fósforo en

tambos de base pastoril con diferente nivel de intensificación. Rev. Arg. Prod. Animal. Vol 29 (Sup.1): 293-294 con referato.

Hogeveen H., Huijps, K. and Lam, T. 2011. Economic aspects of mastitis: new developments. New Zealand Veterinary Journal. Volume 59 - Issue 1

Holmes, C., Wilson, G., Mackenzie, D., Flux, D., Brookes, I., Davey, A. 2002. Milk production from pasture (3rd ed.). Butterworths of New Zealand Ltd., Wellington, New Zealand.

Holmes, C.W., and J.F. Roche. 2007. Pasture and supplements in New Zealand Dairy Production Systems. In Pastures and Supplements for grazing animals Occ. Pub. No 14. New Zealand Society of Animal Production, Hamilton, New Zealand.

IRAM 14066, 1980. Leche. Método de determinación de la densidad relativa.

Jarvis, S. 1993. Nitrogen cycling and losses from dairy farms. Soil Use Manage. 9:99-105.

Kvolec, C. 2020. Efluentes en Establecimientos Lecheros. Orientación Gráfica Editora. (223 pp.)

Larriestra, A., 2016. Magnitud y variación de la mastitis clínica y sus costos asociados en rodeos lecheros de Argentina. Archivos de Medicina Veterinaria. 48 (pp, 15-20).

Lazzarini, B.; Baudracco, J.; Demarchi, E.; Lovino, D. y Jáuregui, J. 2014. Evolución de la suplementación, el consumo de pastura y la producción de leche en Sistemas Lecheros de Argentina. FAVE Sección Ciencias Agrarias. Volúmen 13, N° 1 y 2. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de Esperanza, Santa Fé. Argentina.

Lazzarini, B., Baudracco, J., Tuñón, G., Gastaldi, L., Lyons, N., Quattrochi, H., López Villalobos, N. 2019. Review: Milk production from dairy cows in Argentina: Current state and perspectives for the future. *Applied Animal Science* 35: 426-432.

Macdonald, K. A., Penno, J. W., Nicholas, P. K., Lile, J. A., Coulter, M., Lancaster, J. A. (2001). Farm systems - impact of stocking rate on dairy farm efficiency. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 63, 223-227.

Macdonald K.A., J.W. Penno, J.A.S. Lancaster, and J.R. Roche. 2008. Effect of stocking rate on pasture production, milk production, and reproduction of dairy cows in pasture-based systems. *Journal of Dairy Science* 91:2151- 2163.

Macdonald, K.A., D. Beca, J.W. Penno, J.A.S. Lancaster, and J.R. Roche. 2011. Effect of stocking rate on the economics of pasture based dairy farms. *Journal of Dairy Science* 94:2581–2586.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Dirección Nacional Láctea. Presidencia de la Nación. 2019. Estado de Situación de la Industria Láctea Argentina.

McDougall S., Abbeloos E., Piepers S., Rao A. S., Van Werven T., Statham J., Pérez-Villalobos N. 2016. Addition of meloxicam to the treatment of clinical mastitis improves subsequent reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 99:2026–2042.

Negri, L., Aimar, V. 2017. *Guía de Buenas Prácticas para Tambos*. Ediciones INTA. Buenos Aires. 87 pp.

OCLA (Observatorio de la Cadena Láctea). 2023

<https://www.ocla.org.ar/contents/newschart/portfolio/?categoryid=17#cbp=/Contents/NewsChart/Details?chartId=10080070>

OCLA (Observatorio de la Cadena Láctea). 2022.

<http://www.ocla.org.ar/contents/newschart/portfolio/?categoryid=17>

Paruelo J., Guerschman J., Verón S. R. 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia Hoy*, 15(87), pp, 14-23.

Perellada, G. y Schilder, E. 1999. Transformaciones cíclicas y estacionales de la Producción Lechera Argentina a partir del Plan de Convertibilidad (20 pp.).

Petrecolla, Diego, 2016. Estudio sobre las condiciones de competencia en el sector lechero de la República Argentina. Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria (78 pp).

Philpot, W., Nickerson C. 2000. Ganando la lucha contra la mastitis. Westfalia-Surge. Naperville. USA, pp. 10-18 (188 pp.)

Pol, M. 2018. Registro y análisis de la información de cuentas de células somáticas. Producir XXI, N° 320. <http://www.producirxxi.com.ar/uncategorized/registro-y-analisis/>

Reboratti, C. 2010. Un mar de soja: la nueva agricultura en Argentina y sus consecuencias. Revista de Geografía Norte Grande 2010, N° 45: (pp, 63-76).

Ryan, W., Hennessy, D., Murphy, J., Boland, T. and Shalloo, L. 2011. A model of nitrogen efficiency in contrasting grass-based dairy systems. J. Dairy Sci. 94 :1032–1044.

Sanchez, C., Suero, M., Castignani, H., Terán, J. y Marino, M. 2012. La lechería argentina: estado actual y su evolución (2008 a 2011). Trabajo de investigación presentado en XLIII Reunión Anual de Economía Agraria. Corrientes, Argentina.

Sarandón, S. y Flores, C. 2014. La insustentabilidad del modelo agrícola actual. En: S.J. Sarandón y C.C. Flores (eds.) Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables (pp: 13-41).

Satorre, E. 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. Ciencia Hoy N° 87: (pp 24-31).

Schroeder, J. 2012. Mastitis Control Programs. Bovine Mastitis and Milking Management. North Dakota State University.

<https://www.clemson.edu/extension/scaged/scffa/career-development-events/files/dairy-evaluation/mastitis-control-programs.pdf>

Terán J.C. 2007. Caracterización de la Cadena Láctea Argentina. Revista IDIA XXI, pp. 10-17. INTA.

Teubal, M. 2006. Expansión del modelo sojero en la Argentina. De la Producción de alimentos a los commodities. Revista Realidad Económica N° 220. IADE. Buenos Aires, Argentina.

Teubal, M, y Rodriguez, J. 2002. Agro y alimentos en la globalización: una perspectiva crítica. La Colmena. Buenos Aires. 208 pp.

Tieri, M., Charlón, V., Comerón, E. y Mascotti, M. 2017. La sustentabilidad de nuestros tambos. Estrategias productivas e indicadores ambientales. Boletín Informativo: Lechería Sustentable. Año II- N°5.

Tieri, M., Comerón, E., Pece, M., Herrero, M., Engler, P., Charlón, V., García, K. 2014. Indicadores utilizados para evaluar la sustentabilidad integral de los sistemas de producción de leche con énfasis en el impacto ambiental. En: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), publicación miscelánea. ISSN: 2314-3126. Año 2 – N° 1.

Van Horn, H., Newton, G., Kunkle, W. 1996. Ruminant Nutrition from an Environmental Perspective: Factors Affecting Whole Farm Nutrient Balance. *Journal. Animal Science* 74 (12): 3082-3102.

Velarde, I. 2022. Sistemas Agroalimentarios Localizados y procesos de patrimonialización en territorios de la provincia de Buenos Aires, Argentina: posibilidades y contradicciones. *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad*.

Viglizzo, E., y Jobbágy, E. 2010. Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ecológico-ambiental. Buenos Aires: Ediciones INTA.

Viglizzo, E. y Roberto Z. 1997. El componente ambiental en la intensificación ganadera. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17 (N° 3): 271-292.

White, S., Sheffield, R., Washburn, S., King, L., Green, J. 2001. Spatial and time distribution on dairy cattle excreta in an intensive pasture system. *J. Environ. Qual.* 30: 2180-2187.

Wilson D., Das H., González R., Sears P. 1997. Association between management practices, dairy herd characteristics, and somatic cell count of bulk tank milk, *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 210 (10): 1499–1502

## ANEXO 1

**Cuadro 1. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilks**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
PI_L/dia.VO	25	21,20	3,70	0,94	0,3513
PROD. - LTS/Ha.VT	25	11478,86	4257,77	0,94	0,3667
UFC	25	23965,64	30659,30	0,47	<0,0001
CCS	25	271,08	78,28	0,95	0,6096
KG SU/Ha.VT	25	862,16	343,29	0,93	0,3041
CARGA - VT/HaVT	25	1,82	0,63	0,92	0,1436
VT PROM.	25	416,92	256,98	0,91	0,1031

**Cuadro 2. Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
LTS/Ha.VT.año	25	0,77	0,75	5595205,56	458,98	463,86

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
CpMallows	VIF					
const	-6027,13	3798,01	-13903,72	1849,45	-1,59	0,1268
CARGA - VT/HaVT	14388,92	4412,94	5237,05	23540,79	3,26	0,0036
	11,63	41,29				
CARGA - VT/HaVT <sup>2</sup>	-2346,59	1182,45	-4798,83	105,66	-1,98	0,0598
	4,94	41,29				

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	335118673,22	2	167559336,61	36,87	<0,0001
CARGA - VT/HaVT	317223029,48	1	317223029,48	69,81	<0,0001
CARGA - VT/HaVT <sup>2</sup>	17895643,74	1	17895643,74	3,94	0,0598
Error	99967818,87	22	4543991,77		
Total	435086492,09	24			

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	335118673,22	2	167559336,61	36,87	<0,0001
CARGA - VT/HaVT	335118673,22	2	167559336,61	36,87	<0,0001
Error	99967818,87	22	4543991,77		
Total	435086492,09	24			

**Cuadro 3. Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
KG SU/Ha.VT.año	25	0,88	0,88	17360,65	314,73	318,39

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-62,78	75,05	-218,04	92,48	-0,84	0,4115		
CARGA - VT/HaVT	508,43	39,05	427,66	589,20	13,02	<0,0001	169,56	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2490570,18	1	2490570,18	169,56	<0,0001
CARGA - VT/HaVT	2490570,18	1	2490570,18	169,56	<0,0001
Error	337831,58	23	14688,33		
Total	2828401,76	24			

**Cuadro 4. Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
PROD. - LTS/Ha.VT	25	0,35	0,32	14622296,38	483,07	486,72

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	6849,56	1496,83	3753,14	9945,99	4,58	0,0001		
Total Suplem	2,74	0,78	1,12	4,35	3,50	0,0019	12,27	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	151335902,30	1	151335902,30	12,27	0,0019
Total Suplem	151335902,30	1	151335902,30	12,27	0,0019
Error	283750589,80	23	12336982,17		
Total	435086492,09	24			

**Cuadro 5. Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
PI - Lts/VO/d	24	0,42	0,40	9,26	120,19	123,73

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	13,14	2,16	8,67	17,61	6,09	<0,0001		
KgMSSupl/VTdia	0,79	0,20	0,38	1,20	4,01	0,0006	16,43	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	119,76	1	119,76	16,09	0,0006
KgMSSupl/VTdia	119,76	1	119,76	16,09	0,0006
Error	163,74	22	7,44		
Total	283,50	23			

**Cuadro 6. Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Total Suplem	25	0,42	0,40	588284,10	403,21	406,87

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-72,26	451,15	-1005,53	861,00	-0,16	0,8741		
CARGA	964,97	234,11	480,69	1449,26	4,12	0,0004	16,99	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8594247,58	1	8594247,58	16,99	0,0004
CARGA	8594247,58	1	8594247,58	16,99	0,0004
Error	11634058,66	23	505828,64		
Total	20228306,24	24			

## ANEXO 2

**Cuadro 1. Ingresos y egresos totales de N/año en cada tambo bajo estudio**

Tambo	Grupo	Sup.	VT	Egresos Kg/ha			Ingresos Kg/ha				Alim	FBN	Tot IN	Bal N	EUN N	leUN N
				Lech	Anim	Tot EN	Pp	Anim	Fert							
1	1	84	160	89,5	14	103,5	5,04	5,71	43,5	88,99	64,17	207,45	103,9	49,9	50,1	
2	1	86	74	39,75	4,21	43,96	5,04	1,76	0	47,63	23,34	77,76	33,81	56,52	43,48	
3	1	120	201	65,21	7,87	73,07	5,04	6,03	77,7	103,04	28,72	220,56	147,5	33,13	66,87	
4	2	125	219	65,91	6,01	71,92	5,04	3,63	88	98,3	43,39	238,37	166,5	30,17	69,83	
5	1	148	120	38,43	4,4	42,83	5,04	2,34	40,6	60,54	21,92	130,45	87,62	32,83	67,17	
6	2	202	290	48,3	8,31	56,61	5,04	5,61	62,6	79,33	78	230,54	173,9	24,55	75,45	
7	3	205	592	78,04	11	89,07	5,04	9,48	115	109,89	42,23	281,42	192,3	31,65	68,35	
8	3	220	404	59,29	12,9	72,23	5,04	8,59	115	88,67	40,56	257,91	185,7	28,01	71,99	
9	1	220	200	22,17	7,67	29,84	5,04	2,95	47,8	33,98	55,41	140,16	110,3	21,29	78,71	
10	2	225	308	44,36	17,2	61,57	5,04	5,33	115	69,75	22,79	217,75	156,2	28,28	71,72	
11	3	226	564	78,98	15,9	94,89	5,04	8,84	67,9	99,79	86,55	268,15	173,3	35,39	64,61	
12	3	234	558	71,76	10,5	82,23	5,04	6,55	77,7	93,32	40,46	223,1	140,9	36,86	63,14	
13	3	246	505	42,1	6,01	48,12	5,04	2,63	96,1	75,43	44,06	218,22	170,1	22,05	77,95	
14	4	249	665	80,04	12,8	92,14	5,04	6,77	60	86,57	37,53	195,93	103,1	47,39	52,61	
15	2	250	375	41,23	9,52	50,75	5,04	5,1	76,9	61,85	33,15	182,04	131,3	27,88	72,12	
16	4	258	613	67,17	12,5	79,64	5,04	6,28	80,4	88,41	54,76	234,83	155,2	33,91	66,09	
17	4	280	635	61,97	12,9	74,86	5,04	9,99	57,9	86,77	40,02	199,66	124,8	37,5	62,5	
18	2	283	378	52,08	6,6	58,68	5,04	3,05	32,9	72,27	43,55	151,78	93,1	38,66	61,34	
19	4	300	876	83,46	15,3	98,72	5,04	9,32	97,6	118,36	70,13	300,45	201,7	32,86	67,14	
20	2	330	370	38,29	7,45	45,73	5,04	3,99	41,5	58,34	43,64	152,52	106,8	29,99	70,01	
21	3	332	484	52,98	7,94	60,93	5,04	3,38	42	87,26	51,09	183,77	122,8	33,15	66,85	
22	4	340	761	53,14	10,9	64,02	5,04	4,61	60,5	108,8	86,55	265,47	201,4	24,12	75,88	
23	4	364	815	83,18	13,4	96,55	5,04	8,63	60,5	187,57	94,73	356,45	259,9	27,09	72,91	
24	4	377	766	51,88	7,72	59,6	5,04	6,9	77,5	75,85	67,46	232,77	133,2	25,61	74,34	

**Cuadro 2. Ingresos y egresos de N/ha/año en cada tambo bajo estudio**

Tambo	Grupo	Sup.	VT	Ingreso Anual (Ton)					Egreso Anual (Ton)					I/E N
				Anim	Alim	Fert	FBN	Pp	Tot Ing N	Lech	Anim	Tot Eg N	Bal N	
1	1	84	160	0,48	7,48	3,66	5,39	0,42	17,43	7,52	1,18	8,69	8,73	2,00
2	1	86	74	0,15	4,10	0,00	2,01	0,43	6,69	3,42	0,36	3,78	2,91	1,77
3	1	120	201	0,72	12,36	9,33	3,45	0,60	26,47	7,83	0,94	8,77	17,70	3,02
4	2	125	219	0,45	12,29	11,00	5,42	0,63	29,80	8,24	0,75	8,99	20,81	3,31
5	1	148	120	0,35	8,96	6,01	3,24	0,75	19,31	5,69	0,65	6,34	12,97	3,05
6	2	202	290	1,13	16,02	12,64	15,76	1,02	46,57	9,76	1,68	11,44	35,13	4,07
7	3	205	592	1,94	22,53	23,53	8,66	1,03	57,69	16,00	2,26	18,26	39,43	3,16
8	3	220	404	1,89	19,51	25,27	8,92	1,11	56,74	13,04	2,85	15,89	40,85	3,57
9	1	220	200	0,65	7,48	10,52	12,19	1,11	31,94	4,88	1,69	6,56	25,38	4,87
10	2	225	308	1,20	15,69	25,84	5,13	1,13	48,99	9,98	3,87	13,86	35,14	3,54
11	3	226	564	2,00	22,55	15,35	19,56	1,14	60,60	17,85	3,59	21,44	39,16	2,83
12	3	234	558	1,53	21,84	18,19	9,47	1,18	52,21	16,79	2,45	19,24	32,96	2,71
13	3	246	505	0,65	18,56	23,64	10,84	1,24	54,92	10,36	1,48	11,84	43,09	4,64
14	4	249	665	1,69	21,56	14,94	9,34	1,25	48,79	19,93	3,19	23,12	25,67	2,11
15	2	250	375	1,28	15,46	19,23	8,29	1,26	45,51	10,31	2,38	12,69	32,82	3,59
16	4	258	613	1,62	22,81	20,73	14,13	1,30	60,59	17,33	3,22	20,55	40,04	2,95
17	4	280	635	2,80	24,30	16,20	11,21	1,41	55,90	17,35	3,61	20,96	34,94	2,67
18	2	283	378	0,86	20,45	9,31	12,32	1,43	44,38	14,74	1,87	16,61	27,77	2,67
19	4	300	876	2,80	35,51	29,28	21,04	1,51	90,14	25,04	4,58	29,62	60,52	3,04
20	2	330	370	1,32	19,25	13,70	14,40	1,66	50,33	12,64	2,46	15,09	35,24	3,33
21	3	332	484	1,12	28,97	13,96	16,96	1,67	62,68	17,59	2,64	20,23	42,46	3,10
22	4	340	761	1,57	36,99	20,56	29,43	1,71	90,26	18,07	3,70	21,77	68,49	4,15
23	4	364	815	3,14	68,28	22,01	34,48	1,83	129,75	30,28	4,87	35,14	94,60	3,69
24	4	377	766	2,60	28,60	29,23	25,43	1,90	87,75	19,56	2,91	22,47	65,29	3,91

**Cuadro 3. Ingresos y egresos totales de P/año en cada tambo bajo estudio**

Tambo	Grupo	Sup.	Ingresos Predio Anual (Ton)				Egresos Predio Anual(Ton)			Bal P	I/E_P
			Anim	Fertil	Alim	Tot Ing P	Lech	Anim	Tot Eg P		
1	1	84	0,13	1,36	1,02	2,51	1,31	0,31	1,62	0,89	1,55
2	1	86	0,04	0,00	0,56	0,60	0,59	0,10	0,69	-0,09	0,87
3	1	120	0,19	2,37	1,69	4,25	1,36	0,25	1,61	2,64	2,64
4	2	125	0,12	2,00	1,68	3,80	1,43	0,20	1,63	2,17	2,33
5	1	148	0,09	2,08	1,23	3,40	0,99	0,17	1,16	2,23	2,93
6	2	202	0,30	4,84	2,19	7,33	1,69	0,44	2,14	5,20	3,43
7	3	205	0,51	3,89	3,08	7,48	2,78	0,59	3,37	4,11	2,22
8	3	220	0,50	4,18	2,67	7,34	2,27	0,75	3,01	4,33	2,44
9	1	220	0,17	2,90	1,02	4,09	0,85	0,44	1,29	2,80	3,17
10	2	225	0,32	4,28	2,15	6,74	1,73	1,02	2,75	3,98	2,45
11	3	226	0,52	6,05	3,08	9,65	3,10	0,94	4,05	5,61	2,39
12	3	234	0,40	4,62	2,99	8,01	2,92	0,64	3,56	4,45	2,25
13	3	246	0,17	4,80	2,54	7,51	1,80	0,39	2,19	5,32	3,43
14	4	249	0,44	4,79	2,95	8,18	3,46	0,84	4,30	3,88	1,90
15	2	250	0,34	4,75	2,12	7,20	1,79	0,63	2,42	4,79	2,98
16	4	258	0,43	4,90	3,12	8,45	3,01	0,85	3,86	4,59	2,19
17	4	280	0,74	5,53	3,32	9,59	3,02	0,95	3,96	5,62	2,42
18	2	283	0,23	2,96	2,78	5,97	2,56	0,49	3,05	2,91	1,95
19	4	300	0,74	5,70	4,85	11,29	4,35	1,20	5,55	5,74	2,03
20	2	330	0,34	5,00	2,87	8,21	2,19	0,65	2,84	5,37	2,89
21	3	332	0,30	4,76	4,48	9,54	3,06	0,69	3,75	5,79	2,54
22	4	340	0,41	6,72	5,06	12,19	3,14	0,97	4,11	8,08	2,96
23	4	364	0,83	7,19	9,33	17,35	5,26	1,28	6,54	10,81	2,65
24	4	377	0,69	7,43	3,91	12,02	3,40	0,77	4,16	7,86	2,89

**Cuadro 4. Ingresos y egresos de P/ha/año en cada tambo bajo estudio**

Tambo	Grupo	Sup.	Egresos Kg P/ha				Ingresos Kg/ha			Bal P	EUN P	leUN P
			Lech	Anim	Tot EP	Anim	Fert	Alim	Total IP			
1	1	84	15,6	3,69	19,23	1,5	16,19	12,17	29,86	10,62	64,42	35,28
2	1	86	6,91	1,11	8,01	0,46	0	6,51	6,97	-1,04	114,89	-14,89
3	1	120	11,3	2,07	13,4	1,59	19,75	14,09	35,42	22,03	37,82	62,18
4	2	125	11,5	1,58	13,03	0,95	16	13,44	30,39	17,36	42,87	57,13
5	1	148	6,68	1,16	7,83	0,61	14,05	8,28	22,95	15,11	34,14	65,86
6	2	202	8,39	2,18	10,58	1,48	23,96	10,85	36,28	25,71	29,15	70,85
7	3	205	13,6	2,9	16,46	2,49	18,99	15,02	36,5	20,04	45,09	54,91
8	3	220	10,3	3,4	13,7	2,26	19	12,12	33,38	19,68	41,05	58,95
9	1	220	3,85	2,02	5,87	0,77	13,18	4,65	18,6	12,73	31,55	68,45
10	2	225	7,71	4,53	12,23	1,4	19	9,54	29,94	17,7	40,86	59,14
11	3	226	13,7	4,18	17,9	2,32	26,75	13,64	42,72	24,81	41,91	58,09
12	3	234	12,5	2,75	15,22	1,72	19,75	12,76	34,23	19,01	44,46	55,54
13	3	246	7,32	1,58	8,9	0,69	19,51	10,31	30,52	21,62	29,15	70,85
14	4	249	13,9	3,37	17,27	1,78	19,25	11,84	32,86	15,59	52,56	47,44
15	2	250	7,16	2,5	9,67	1,34	19	8,46	28,8	19,13	33,57	63,43
16	4	258	11,7	3,28	14,95	1,65	19	12,09	32,74	17,79	45,66	54,34
17	4	280	10,8	3,39	14,16	2,63	19,75	11,86	34,24	20,08	41,35	58,65
18	2	283	9,05	1,74	10,78	0,8	10,47	9,81	21,09	10,3	51,14	48,86
19	4	300	14,5	4,01	18,51	2,45	19	16,18	37,63	19,12	49,19	50,81
20	2	330	6,65	1,96	8,61	1,04	15,15	8,69	24,89	16,28	34,59	65,41
21	3	332	9,21	2,09	11,29	0,89	14,34	13,5	28,73	17,43	39,32	60,68
22	4	340	9,23	2,86	12,09	1,21	19,75	14,88	35,84	23,74	33,75	66,25
23	4	364	14,5	3,51	17,97	2,27	19,75	25,64	47,66	29,7	37,69	62,31
24	4	377	9,01	2,03	11,04	1,82	19,7	10,37	31,88	20,84	34,64	65,36

### Cuadro 5. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Bal N	24	144,81	47,62	0,99	0,9983
EUN N	24	32,87	8,62	0,90	0,0470
IeUN N	24	67,13	8,62	0,90	0,0470
I/E_N	24	3,24	0,76	0,97	0,8316
Bal_N Pred	24	36,69	20,24	0,93	0,2875
Bal_gN/L	24	12,77	4,75	0,97	0,8570

### Cuadro 6. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Bal P Predial	24	4,54	2,34	0,97	0,8174
Bal P	24	18,14	6,08	0,94	0,3936
EUN P	24	43,78	17,21	0,68	<0,0001
IeUN P	24	56,08	17,16	0,67	<0,0001
Bal_gP/L	24	1,59	0,65	0,98	0,9464
I/E_P	24	2,48	0,59	0,96	0,6815