



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA DEL NITRÓGENO DE LA
ALFALFA DORMANTE W350 EN MONOCULTIVO Y CULTIVO
ASOCIADO EN VACAS LECHERAS

TESIS

PRESENTADA POR:

RUTH ANALI GOMEL ALARCON

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA DEL NIT
RÓGENO DE LA ALFALFA DORMANTE W
350 EN MONOCULTIVO Y CULTIVO ASO
CIADO EN VACAS LECHERAS

AUTOR

RUTH ANALI GOMEL ALARCON

RECuento DE PALABRAS

28370 Words

RECuento DE CARACTERES

145044 Characters

RECuento DE PÁGINAS

108 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

13.3MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 14, 2024 12:01 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 14, 2024 12:05 PM GMT-5

● 4% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)


PhD Bernardo Roque Huanca
DOCENTE PRINCIPAL


Domingo Ruelas Calloapaza
MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA
C.M.V.P. 2023
MAGISTER EN SALUD ANIMAL
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA SALUD

Resumen



DEDICATORIA

El fruto de tanto esfuerzo dedico con mucho cariño a mis amados padres Odón y María por haberme dado la vida y enseñado el significado de la vida; a mis hermanos Juilmer, Bill, Bedith, Harol, Mireya, Jimmarck, por habernos visto crecer, con errores o aciertos, entre risas o lágrimas; y en especial a Shirley la compañera de las tantas situaciones buenas y malas, siempre juntas; a la memoria de mi adorado hijo Gustavo Andree Gomel 🐣, y a mi hija Zafira Kattaleya Gomel, por haberme dado las lecciones más importantes de la vida, con ellos aprendí, una y otra vez, la resiliencia y logré la fortaleza para afrontar las adversidades de la vida; a mi mamita Vicentina, por haberme dado el soporte emocional en los tantos años; a mis amigos que, a pesar de la distancia, estuvieron siempre junto conmigo; con todos ellos, quiero compartir este paso importante de mi vida, el de haber logrado esta meta, con un niño en mi corazón y una niña en mis brazos.

“Cuatro onzas pueden mover mil libras”

Ruth Anali



AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento, primero a Dios por haberme permitido llegar hasta hoy y verme cumplir mis metas.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por haberme formado como profesional, y a mis excelentes maestros que me inspiraron en lo académico y en la investigación.

Al PhD Bernardo Roque Huanca, por el soporte académico y logístico a través del Fondo Especial de Desarrollo Universitario (FEDU), siempre oportuno en la dirección de esta investigación que demandó bastante tiempo y esfuerzo.

A los miembros de jurado, PhD José Luis Bautista Pampa, MVZ Francisco Marino Ávila Felipe y Mg. Francisco Halley Rodríguez Huanca, por sus sugerencias y observaciones.

Al Centro Experimental Illpa de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por el apoyo con instalaciones, pastizales y animales, y en especial al Dr. Pablo Antonio Beltrán Barriga y el MVZ Edgar Esperilla Cayllahua, por su orientación.

A la Estación Experimental Illpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria, por el apoyo con instalaciones, pastizales y animales, y en especial al Mg. Sc. Rubén Herberht Mamani Cato y a la Ing. Martha Adela Coaquira Yucra, por su orientación.

Al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNA-Puno, por las facilidades para los análisis de humedad y materia seca, nitrógeno total y proteína total de las muestras de alfalfa y alfalfa-dactilis.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), por los servicios en el análisis de nitrógeno ureico en la leche (MUN) de las muestras de leche, y en especial al Mg. Sc. Jorge Rafael Vargas Morán y a la Mg. Sc. Teresa Haydee Alvarado Yacchi.

¡Gracias por ser mis fuentes de inspiración!

*“El maestro mediocre cuenta.
El maestro corriente explica.
El maestro bueno demuestra.
El maestro excelente inspira”*

W. Artur Ward (1921-1994)

Ruth Anali Gomel Alarcon



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVOS.....	17
1.1.1. Objetivo general.....	17
1.1.2. Objetivos específicos	18
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ALFALFA.....	19
2.1.1. Especie y subespecies	19
2.1.2. Cultivo de alfalfa.....	19
2.1.3. Estados fenológicos de la alfalfa.....	20
2.1.4. Producción forrajera de la alfalfa.....	21
2.1.5. Dormancia de la alfalfa	21
2.1.6. Alfalfa dormante W350.....	22



2.2.	PROTEÍNA EN LA ALFALFA	23
2.2.1.	Proteína total de la alfalfa	23
2.2.2.	Proteína degradable en rumen	24
2.2.3.	Eficiencia de conversión del nitrógeno en la vaca lechera.....	24
2.2.4.	Génesis de la urea en la vaca lechera	25
2.3.	DACTILIS	25
2.4.	ASOCIACIÓN ALFALFA-DACTILIS	26
2.5.	NITRÓGENO UREICO	27
2.5.1.	Nitrógeno ureico en la sangre	27
2.5.2.	Nitrógeno ureico en la leche	27
2.5.3.	Rangos normales de MUN	28
2.5.4.	Predicción de nitrógeno urinario (UN) a partir de MUN	29
2.5.5.	BUN y MUN en la reproducción	31
2.5.6.	Toxicidad amoniacal	31
2.6.	ENERGÍA NUTRIENTE LIMITANTE EN VACAS LECHERAS.....	32
2.7.	NITRÓGENO Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	32
2.7.1.	Amoníaco	33
2.7.2.	Óxido nitroso.....	33
2.7.3.	Nitratos	35

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	ÁMBITO EXPERIMENTAL	36
3.2.	PASTIZALES.....	36
3.3.	ANIMALES.....	37
3.3.1.	Requerimientos nutricionales de las vacas lecheras.....	37



3.3.2. Alimentación de las vacas lecheras.....	38
3.4. EQUIPOS Y MATERIALES	38
3.4.1. Equipos.....	38
3.4.2. Materiales	40
3.4.3. Reactivos	40
3.4.4. Procedimiento	42
3.5. METODOLOGÍA	44
3.5.1. Determinación de nitrógeno total en alfalfa y alfalfa-dactilis.....	44
3.5.2. Determinación del nitrógeno ureico en la leche.....	46
3.5.3. Estimación de la excreción de nitrógeno en la orina.....	46
3.5.4. Análisis estadístico	47

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. NITRÓGENO TOTAL Y PROTEÍNA TOTAL EN ALFALFA Y ALFALFA- DACTILIS	50
4.2. NITRÓGENO UREICO EN LA LECHE	57
4.3 EXCRECIÓN DE NITRÓGENO EN LA ORINA	61
V. CONCLUSIONES.....	68
VI. RECOMENDACIONES	69
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	88

ÁREA: Ciencias Biomédicas

TEMA: Dinámica del nitrógeno de la alfalfa dormante W350 en vacas lecheras

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 18 de noviembre de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Modelos de predicción de nitrógeno urinario en vacas lecheras	30
Tabla 2 Requerimientos de energía y proteína total de vacas lecheras adultas	37
Tabla 3 Producción forrajera, nitrógeno y proteína total en alfalfa y alfalfa-dactilis	50
Tabla 4 Nitrógeno ureico en la leche de vacas alimentadas con alfalfa y alfalfa-dactilis (ordeño 2X, marzo 2024)	57
Tabla 5 Nitrógeno en la orina (NU, g/día) de vacas alimentadas con alfalfa y alfalfa- dactilis, estimado a partir del nitrógeno ureico en la leche (MUN)	61



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Emisiones de óxido nitroso (N ₂ O) en sistemas de pastoreo, como parte del Ciclo del N. Las líneas discontinuas indican rutas de pérdidas indirectas de N ₂ O de los sistemas de pastoreo (de Klein et al., 2009).....	33
Figura 2 Producción de óxido nitroso a partir de amoníaco	34
Figura 3 Contenido de nitrógeno total (%) de la alfalfa y la alfalfa-dactilis, según estado fenológico.....	52



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Producción forrajera de alfalfa (CE-Illpa-UNA-Puno) y alfalfa-dactilis (EE-Illpa-INIA). Muestreo realizado desde 8 de noviembre 2023 hasta 19 de junio 2024 (5 ciclos de producción).....	88
ANEXO 2 Nitrógeno ureico en la leche (MUN) de vacas alimentadas con alfalfa y alfalfa-dactilis (Marzo 2024).....	97
ANEXO 3 Secuencia fotográfica de la alfalfa y alfalfa-dactilis (Nov. 2023 - Jun. 2024)	98
ANEXO 4 Análisis de varianza de doble vía de alfalfa y alfalfa-dactilis según estado fenológico [rebrote, crecimiento, inicio de floración (o punto de corte)]	106
ANEXO 5 Declaración jurada de autenticidad de tesis	107
ANEXO 6 Autorización para el depósito de tesis en el repositorio Institucional...	108



ACRÓNIMOS

2X:	Ordeño dos veces
ATP:	Adenosín trifosfato
B:	Bolsa de papel
BPl:	Bolsa de plástico
BUN:	Nitrógeno ureico en sangre
BW:	Peso corporal
g:	Gramo
H°:	Humedad
H ₂ SO ₄ :	Ácido sulfúrico
mg:	Miligramo
MS:	Materia seca
MUN:	Nitrógeno ureico en leche
MF:	Materia fresca
MV:	Materia verde
N:	Nitrógeno
N ₂ O:	Óxido nitroso
NH ₃ :	Amoníaco
NO ₂ ⁻ :	Nitrito
NO ₃ ⁻ :	Nitrato
NRC:	National Research Council
NT:	Nitrógeno total
NU:	Nitrógeno urinario
PV:	Peso vivo
RDP:	Proteína degradable en rumen



TMR:	Ración en mezcla total
UUN:	Nitrógeno ureico en la orina
VSP:	Volumen suficiente para
μg:	Micro gramo



RESUMEN

La alfalfa en monocultivo es una planta con un alto contenido de proteína total que excede el requerimiento proteico de las vacas lecheras. El trabajo tuvo como objetivo evaluar la dinámica del nitrógeno de alfalfa y alfalfa-dactilis en vacas lecheras, realizado en el Centro Experimental Illpa de la Universidad Nacional del Altiplano (con alfalfa), y en la Estación Experimental Illpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria (con alfalfa-dactilis), entre los meses de nov-2023 y jun-2024 (8 meses). Las variables evaluadas fueron el contenido y la producción de nitrógeno total (NT) y proteína total (PT) según cultivar y estado fenológico (rebrote, crecimiento y corte), por análisis Kjeldahl y producción de materia seca; el nitrógeno ureico en la leche (MUN), por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FOSS 4000); y la excreción de nitrógeno en la orina (NU), mediante modelo de predicción a partir de MUN. La investigación estuvo en enfoque cuantitativo, diseño experimental de doble vía para NT y MUN, y t-Student para NU. Todas las variables evaluadas fueron significativas ($p < 0.05$) entre alfalfa y alfalfa-dactilis, con NT (3.87 ± 0.50 vs $3.25 \pm 0.64\%$), equivalentes a PT (24.2 ± 3.10 vs $20.3 \pm 4.00\%$), respectivamente; con una producción de PT (0.99 ± 0.31 vs 0.77 ± 0.32 t/ha), por corte, y PT (4.95 ± 1.57 vs 3.84 ± 1.59 t/ha), por campaña de 5 cortes, respectivamente; una concentración de MUN (26.53 ± 3.64 vs 22.37 ± 2.71 mg/dL), respectivamente; y una excreción de NU (363.9 ± 76.0 vs 318.5 ± 50.6 g/día), respectivamente. Se concluye que la alfalfa produce mayor nivel de NT y PT que la alfalfa-dactilis, genera mayores niveles de MUN, y una mayor excreción de NU en vacas lecheras.

Palabras clave: Alfalfa dormante W350, Dactilis, Nitrógeno en la orina, Nitrógeno total, Nitrógeno ureico en la leche.



ABSTRACT

Alfalfa in monoculture is a plant with a high total protein content that exceeds the protein requirement of dairy cows. The research objective was to evaluate the nitrogen dynamics of alfalfa and alfalfa-dactylis in dairy cows, carried out at the Illpa Experimental Center of the National University of Altiplano (with alfalfa), and at the Illpa Experimental Station of the National Institute of Agrarian Innovation (with alfalfa-dactylis), between the months of Nov-2023 and Jun-2024 (8 months). The variables evaluated were the content and production of total nitrogen (TN) and total protein (TP) according to cultivar and phenological state (regrowth, growth and cutting), by Kjeldahl analysis and dry matter production; milk urea nitrogen (MUN), by Fourier transform infrared spectroscopy (FOSS 4000); and urinary nitrogen excretion (UN), using a prediction model from MUN. The research was in quantitative approach, two-way experimental design for TN and MUN, and t-Student for UN. All the variables evaluated were significant ($p < 0.05$) between alfalfa and alfalfa-dactylis, with TN (3.87 ± 0.50 vs $3.25 \pm 0.64\%$), equivalent to TP (24.2 ± 3.10 vs $20.3 \pm 4.00\%$), respectively; with a production of TP (0.99 ± 0.31 vs 0.77 ± 0.32 t/ha), per cutting, and TP (4.95 ± 1.57 vs 3.84 ± 1.59 t/ha), per 5-cut campaign, respectively; a MUN concentration (26.53 ± 3.64 vs 22.37 ± 2.71 mg/dL), respectively; and a UN excretion (363.9 ± 76.0 vs 318.5 ± 50.6 g/day), respectively. It is concluded that alfalfa produces higher levels of TN and TP than alfalfa-dactylis, generates higher levels of MUN, and a greater excretion of UN in dairy cows.

Keywords: Dactylis, Dormant alfalfa W350, Milk urea nitrogen, Total nitrogen, Urine urea nitrogen.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La alfalfa dormante W350, desde su introducción, se ha convertido en el pasto forrajero más extendido en el Altiplano de Perú. Actualmente, su cultivo está siendo impulsado por los gobiernos local, regional y nacional (Aruquipa, 2022), así como por los organismos de desarrollo y la iniciativa privada, como pasto o forraje para la alimentación del ganado, principalmente vacas lecheras, pero en monocultivo. La planta crece muy bien en las condiciones del Altiplano, con una altura de 38.7 cm, una cobertura de 91.7% (Argote et al., 2004), y una producción forrajera anual de hasta 120 t MV/ha, en cuatro cortes por campaña (Torres, 2021).

La planta tiene un alto contenido (24%) de proteína total (Caritas, 2015), que supera en 1.6 veces el requerimiento proteico (15%) de la vaca lechera de mediana producción de leche (Sinclair et al., 2014); sin embargo, la proteína disponible en la alfalfa es una proteína de alta solubilidad, con 80% de proteína degradable en rumen (RDP), con un uso ineficiente del N por parte de los microorganismos allí presentes y una pérdida del exceso de amoníaco (NH_3) a través de la absorción, la conversión en urea y la eventual excreción como N ureico en la orina, contaminando el medio ambiente (Getachew et al., 2006).

Las vacas lecheras son malas convertidoras del N de la alfalfa en N de la leche, con una eficiencia de conversión que rara vez supera el 30% (Nadeau et al., 2007), por lo que el 70% del N ingerido en la dieta se convierte en amoníaco (NH_3), luego en nitrógeno ureico en sangre (BUN) y en leche (MUN), con efectos adversos en la reproducción y el medio ambiente (Luo et al., 2010), por lo que es necesario desarrollar un manejo adecuado de la nutrición proteica a fin de lograr un desempeño reproductivo óptimo de las vacas y



reducir la excreción de N al medio ambiente (Sinclair et al., 2014), mediante el sincronismo de las proteínas y los carbohidratos fermentables a fin de optimizar la fermentación ruminal y minimizar la excreción urinaria (Castillo et al., 2001).

La evaluación de 797 establos y 6206 vacas lecheras alimentadas con alfalfa y algunos complementos de rastrojos de maíz y concentrado, realizada en la irrigación Majes de Arequipa, reportó una fertilidad global de 38.9% por establo, con 435.0 días de intervalo parto-parto, 141.4 días de intervalo parto-primer servicio y 2.14 servicios por concepción (Benavente, 2014), evidenciando el problema que constituye el exceso de nitrógeno en vacas alimentadas con alfalfa en monocultivo, con un evidente déficit de energía y la falta de sincronía entre ambos nutrientes (Zhang et al., 2020), lo que podría manifestarse también en la naciente cuenca lechera del Altiplano, si no se toman las medidas oportunas de prevención y corrección (Rivera & Vargas, 2016).

La energía es el primer factor limitante en la alimentación de vacas lecheras en pasturas de alta calidad, tales como la alfalfa en monocultivo (Bargo et al., 2002), donde a diferencia de las vacas alimentadas con TMR, las vacas al pastoreo sin una debida suplementación, consumen menos materia seca y energía neta de lactación, con una menor producción de leche (Kolver & Muller, 1998), siendo necesario la incorporación de fuentes de energía adicional en la dieta, tales como granos, henos de gramíneas, concentrados, o pastos asociados de gramínea y leguminosa para incrementar la producción y reproducción, y disminuir la contaminación (Popp et al., 2000; Papadopoulos et al., 2001; Golding et al., 2011).

Los indicadores más importantes de la nutrición proteica de la vaca lechera son el nitrógeno ureico en sangre (BUN) y el nitrógeno ureico en leche (MUN), ambas formas de N están estrechamente relacionadas (Sosa et al., 2010); sin embargo, la evaluación de



BUN es un procedimiento invasivo que requiere sangre obtenida por punción venosa (Lane & Campbell, 1966), con efectos adversos en los animales, puesto que incrementa la ansiedad después de la punción y reduce su actividad (Harikrishnan et al., 2018), por lo que MUN se ha convertido en la herramienta más importante en el monitoreo de la nutrición proteica de las vacas lecheras (Ranaweera et al., 2019).

La alfalfa dormante W350, a pesar de su amplia difusión en los sistemas de producción animal del Altiplano de Perú, no ha sido estudiada como planta ni como forraje, por lo que se dispone de información limitada sobre su dinámica de crecimiento y nitrógeno en la vaca lechera. Su alto contenido en nitrógeno y déficit en energía sugiere que tiene los mismos efectos que las dietas con exceso de proteína total, lo que podría manifestarse con efectos negativos en la naciente cuenca lechera del Altiplano (Rivera & Vargas, 2016), si no se toman las medidas oportunas de prevención y corrección.

La disminución de BUN y/o MUN podría ayudar en la eficiencia de la reproducción y el cuidado del medio ambiente (Jahnel et al., 2023), mientras que su exceso podría manifestarse con un incremento en la producción de leche, pero un decremento de la reproducción asociado con la contaminación (Grings et al., 1991). El trabajo tuvo como propósito evaluar la dinámica del N de la alfalfa y alfalfa-dactilis en vacas lecheras, con 8 meses de seguimiento, desde el primer rebrote posdormancia, hasta el último ciclo predormancia.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la dinámica del nitrógeno de la alfalfa dormante W350 en monocultivo y cultivo asociado en vacas lecheras.



1.1.2. Objetivos específicos

Determinar el contenido de nitrógeno total de la alfalfa y alfalfa-dactilis, según estado fenológico (rebrote, crecimiento y corte).

Determinar el nitrógeno ureico en la leche (MUN) de vacas lecheras alimentadas con cultivares de alfalfa y alfalfa-dactilis.

Estimar la excreción de nitrógeno en la orina de vacas lecheras alimentadas con cultivares de alfalfa y alfalfa-dactilis.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ALFALFA

2.1.1. Especie y subespecies

La alfalfa es una especie perenne del género *Medicago*, cuyo origen se le atribuye a Irán-Asia Menor. El nombre común “alfalfa” proviene de la raíz árabe, al-fisfisa; fue acuñado por el escritor agrícola medieval Ibn al-'Awwam para describir a aquella planta que sirve como el mejor forraje para caballos (o fuerza del caballo), que fue muy importante en Babilonia, Persia, Cachemira, Grecia y Roma, para la alimentación de los caballos de combate (Sun et al., 2019). La especie principal es *Medicago sativa* L. subsp. *sativa*, la alfalfa de flor púrpura o azul, pero también puede describir a la *Medicago sativa* L. subsp. *falcata*, la alfalfa de flor amarilla (Mendis et al., 1991).

2.1.2. Cultivo de alfalfa

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es uno de los cultivos forrajeros más importantes del mundo debido a su alto rendimiento, resistencia a la sequía, adaptación a diversas condiciones climáticas y de suelo, y alta calidad nutritiva, por lo que es considerada como la “reina” de las forrajeras (Shi et al., 2017), con características superiores, tales como resistencia al frío, tolerancia a la sal, amplia adaptabilidad, alto rendimiento, buena calidad del forraje, resistencia al corte frecuente, resiliencia, buena persistencia, estabilidad, mejoramiento del suelo y beneficio económico (Picasso et al., 2019).

El mundo cultiva unos 30 millones de hectáreas de alfalfa, con una



producción de 450 millones de toneladas, siendo América del Norte y del Sur, Europa y Asia, los principales productores, con una producción total del 41, 23, 25 y 8%, respectivamente (Latif et al., 2023), donde el desierto de Arizona (1200 m) es el área de la mayor producción de alfalfa en el mundo, con 9-12 cortes por año y una producción anual de 21 t MS/ha (Knowles & Winans, 1997).

2.1.3. Estados fenológicos de la alfalfa

La alfalfa tiene cuatro estados: vegetativo, prefloración (botón floral), floración y semilla (Juan et al., 1995), o cuatro fases fenológicas: emergencia, botón floral, floración y maduración (Yzarra & López, 2011), y varios ciclos de crecimiento anual. La alfalfa, una vez establecida, forma una corona resistente en la parte superior de la raíz donde almacena sus reservas de energía y aloja los brotes basales para el nuevo crecimiento después de cada corte o pastoreo, crece hasta alcanzar 15 a 20 centímetros, agotando sus reservas, pero luego inicia con una nueva recarga de reservas.

La alfalfa es una planta perenne que se puede cortar o pastorear varias veces al año, dependiendo de su grado de dormancia. El momento más adecuado de corte o pastoreo está dado por dos indicadores específicos precisos del crecimiento de la planta: la aparición de los brotes basales y la aparición de los botones florales. El primer corte debe hacerse en la etapa de brote, y los cortes posteriores justo cuando el campo comienza a florecer, o una décima parte de la floración porque los carbohidratos están en su punto más alto (Rebuffo, 2005). El momento de corte es muy importante ya que existe una compensación entre la cantidad y la calidad. El corte temprano tiene mayor valor nutricional pero menor biomasa y menor reserva de energía que puede afectar el rebrote y la longevidad



de la planta, mientras que el corte tardío tiene mayor biomasa pero menor valor nutricional (Lorenzo et al., 2020). La alfalfa es una planta con buena resiliencia, gracias a sus dos atributos: la resistencia y la recuperación (Oliver et al., 2015); es decir, buena capacidad para soportar una perturbación de corto plazo, sequía, corte o pastoreo, luego recuperarse (Picasso et al., 2019).

2.1.4. Producción forrajera de la alfalfa

La alfalfa es una planta de fotosíntesis C_3 de ciclo primavero-estivo-otoñal que, además del suelo y manejo, depende del fotoperiodo, la temperatura y el agua para un activo crecimiento; es decir, retarda su crecimiento cuando los días se acortan. A partir del 21 de diciembre crece menos hasta llegar a la época de frío de otoño-invierno (primeras heladas), que entra en reposo de invierno si tiene la característica genética para la dormancia, hasta que las condiciones de oferta ambiental sean las adecuadas (Gallego, 2015).

La planta es una fuente de proteína extremadamente productiva, con un rendimiento de proteína que supera al de los cultivos C_4 (maíz, sorgo) y los cultivos C_3 (soja, trigo, arroz) (Platt & Bassham, 1978), siendo una de las leguminosas forrajeras de alto rendimiento y más nutritiva (Tang et al., 2022), pero con una baja eficiencia en el uso del agua que varía de 0,06 a 3,30 kg/m³ (Djaman et al., 2020), con perspectiva de convertirse para el año 2050 en una de las fuentes de proteína para la alimentación humana, gracias a su proteína de alta calidad (Hadidi et al., 2023).

2.1.5. Dormancia de la alfalfa

La dormancia (o latencia) es la capacidad de la alfalfa de pasar la estación de invierno en reposo, sin actividad ni crecimiento visible, hasta que las



condiciones climáticas sean las óptimas (Soppe & Bentsink, 2016). La dormancia se clasifica en una escala del 1 al 11, según la capacidad de la planta para sobrevivir durante el invierno y rebrotar, siendo 1 la más dormante y 11 la menos dormante (Undersander, 2016). Los índices de dormancia se agrupan en: muy dormante (1-2), dormante (3-4), moderadamente dormante (5), semi-dormante (6-7), no dormante (8-9), y muy activo (10-11). La alfalfa pasa el otoño almacenando carbohidratos y proteínas en la raíz principal y cambiando su estructura y fisiología siendo la que más pueden sobrevivir a las bajas temperaturas donde las dormancias de 1 y 2 son muy resistentes al invierno y las dormancias de 10 y 11 no tienen la capacidad de sobrevivir al clima frío (Djaman et al., 2020).

2.1.6. Alfalfa dormante W350

La alfalfa dormante W350 es una de las especies leguminosas forrajeras perennes de porte erecto más importantes, nutritivas y de alto rendimiento que se cultiva en el Perú, muy preferido por el ganado en comparación con las gramíneas, siendo una planta de alta calidad forrajera, con alto contenido de proteína y calcio de uso en la alimentación de vacunos, ovinos, cuyes y conejos, muy apreciada, tanto por la cantidad obtenida de forraje por superficie cultivada, como por su valor nutritivo. El Ministerio de Agricultura y Riego indica que en el Perú se siembra unas 172 mil hectáreas (ha), con 55,4 mil ha en las zonas altas de Puno, 37,3 mil ha en Arequipa y 11,1 mil ha en Tacna (Ministerio del Ambiente, 2019).

Caritas del Perú codificó la alfalfa W350 con dormancia 3.8, introducida en el Altiplano como alternativa clave para el desarrollo ganadero sostenible; muy resistente a la sequía y la helada, permanece en dormancia por 4 meses (o más) en condiciones desfavorables (junio-octubre), luego brota cuando las condiciones



son favorables. La planta, una vez instalada en el terreno y con un manejo adecuado, puede permanecer de 15 a 20 años, con rendimientos de 100 t MV/ha año en secano y 140 t MV/ha año con riego, 25 a 30 t MV/ha por corte, hasta 5 cortes por año con agua de lluvia, y 8 cortes con riego, sin expresar su dormancia; muy nutritiva, con un 24% de proteína total (Caritas, 2015).

La alfalfa dormante W350 sobrevive en dormancia en las condiciones climáticas adversas de la época seca (mayo-octubre), luego comienza a crecer nuevamente durante la temporada de lluvias (noviembre-abril), siendo una ayuda para los productores lecheros del Altiplano de Perú, brinda la seguridad alimentaria y aumenta los ingresos de las familias, donde la ganadería es la principal actividad económica de la región, siendo Puno el quinto productor de leche en el Perú, donde la lechería se ha desarrollado a un ritmo acelerado durante la última década, con una producción promedio de 8.0, 9.9 y 10.2 L/vaca, a un costo de 0,27, 0,24 y 0,23 €/L para el pequeño, mediano y gran productor, respectivamente (Rivera et al., 2017).

2.2. PROTEÍNA EN LA ALFALFA

2.2.1. Proteína total de la alfalfa

La proteína y la fibra son dos características vitales de calidad de la alfalfa, donde la proteína representa el valor nutricional y la fibra la palatabilidad (Hu et al., 2021). La alfalfa es una planta de alto rendimiento y altamente nutritiva para los animales rumiantes, debido a su alto contenido de proteína total que puede variar según la madurez, el momento de corte, la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua, donde los tallos pueden contener hasta 15.1% y las hojas hasta 35.8% (Cupic et al., 2001).



2.2.2. Proteína degradable en rumen

El 80% de la proteína total de la alfalfa es proteína soluble, es decir, proteína degradable en rumen (RDP), la misma que se descompone muy rápido en amoníaco, desperdiciándose sin ser utilizado por los microorganismos del rumen. El exceso de amoníaco se absorbe en el rumen, luego se convierte en urea en el hígado y se excreta por los riñones a través de la orina (Getachew et al., 2006).

La RDP es el sustrato disponible para los microbios del rumen que está conformada por proteínas de alta solubilidad y compuestos nitrogenados no proteicos de uso como fuente de nitrógeno para el crecimiento microbiano y la síntesis de proteína microbiana (Hanigan et al., 2021). La RDP que excede la cantidad requerida por los microorganismos ruminales es degradada a nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$), se absorbe en el rumen, pasa al hígado donde se metaboliza a urea y se excreta en la orina (Bach et al., 2005).

2.2.3. Eficiencia de conversión del nitrógeno en la vaca lechera

La vaca lechera es mala convertidora del nitrógeno de la dieta en leche, puesto que utiliza solo 5-30% del nitrógeno ingerido, excretando el 70-95% a través de heces y orina (Luo et al., 2010). El nitrógeno excretado en heces y orina sirve como fuente de nitrógeno para las plantas; sin embargo, el exceso se pierde por lixiviación como nitratos o volatilización como óxido nitroso (Selbie et al., 2015). La excreción de nitrógeno en la orina aumenta en relación directa con el consumo de nitrógeno en la dieta, mientras que la excreción en las heces se mantiene relativamente constante (Dijkstra et al., 2013).

La mejor forma de maximizar la eficiencia de la alimentación es maximizando al mismo tiempo la eficiencia de uso del nitrógeno y la energía (Phuong et al., 2013); es decir, sincronizando la tasa de suministro y liberación de energía y nitrógeno en el rumen para maximizar la fermentación microbiana ruminal y la captura de RDP (Kolver et al., 1998). La disminución de la cantidad de proteína total en la dieta a unos 150 g/kg de MS con relación a los 200 g/kg MS, puede ser una estrategia para reducir en 21% la excreción de nitrógeno en las heces y en 66% en la orina (Castillo et al., 2000).

2.2.4. Génesis de la urea en la vaca lechera

El amoníaco (NH_3) es un gas tóxico, neurotóxico para el animal, puesto que inhibe el ciclo de Krebs y disminuye la producción de energía (Haliburton & Morgan, 1989), por lo que la síntesis de urea o ureagénesis es el principal mecanismo protector de la intoxicación por NH_3 en los mamíferos y en especial en los rumiantes. El proceso ocurre en el hígado, intestinos y riñones (Wu, 1995). El NH_3 ingresa a la circulación sanguínea desde el rumen y los tejidos, llega al hígado donde se combina con el dióxido de carbono (CO_2), convirtiéndose en urea que es un compuesto neutro menos tóxico (Obitsu & Taniguchi, 2009). La urea difunde en la sangre, leche, saliva y riñones, se equilibra rápidamente en los líquidos corporales, excretándose en orina, heces y sudor (Marshall et al., 2022).

2.3. DACTILIS

Las gramíneas son generalmente el grupo funcional con el mayor impacto en el rendimiento y la calidad del forraje, siendo Lolium, Festuca, Dactylis y Phleum los géneros más importantes en las regiones templadas.



El dactilis (*Dactylis glomerata* L.) pertenece al grupo de especies tolerantes a la sequía, con una menor calidad de forraje que el raigrás perenne (*Lolium perenne*), pero con altos rendimientos incluso en los meses de verano y es más tolerante al estrés abiótico. El dactilis, desde su origen en Eurasia y el norte de África, fue introducido en todo el mundo por colonos europeos en los siglos XIX y XX, habiéndose extendido en todo el mundo, incluido las poblaciones diploides, tetraploides y algunas hexaploides que ocurren naturalmente, siendo una especie con buena tolerancia a la sequía (Gaier et al., 2024); tiene un contenido de 10.4% de proteína total y una digestibilidad de la materia seca de 60.5% (Naydenova & Vasileva, 2016).

2.4. ASOCIACIÓN ALFALFA-DACTILIS

La asociación forrajera de alfalfa con raigrás italiano o inglés no es recomendable debido a la gran agresividad de estos en la fase de establecimiento, mientras que la mezcla con dactilis se establece adecuadamente (Piñeiro, 1986). La condición de luz tiene efecto sobre la producción forrajera de la asociación alfalfa-dactilis.

La producción forrajera de materia seca del cultivar bajo sombra arbórea (*Salix alba* L. y *Schinus molle* L.) y la exposición directa al sol durante la estación de primavera, fue diferente, con 5886 y 7145 kg/ha, respectivamente; sin embargo, el dactilis bajo sombra desarrolló 19.6% mayor cantidad de hojas y una mayor relación hoja:tallo. Las asociaciones superan el rendimiento de los pastos en monocultivo, existiendo diferencias también en la distribución estacional de la producción de forraje (Ríos et al., 2023).



2.5. NITRÓGENO UREICO

2.5.1. Nitrógeno ureico en la sangre

El nitrógeno ureico en la sangre (BUN) es uno de los indicadores más importantes para evaluar la nutrición proteica de la vaca. Un BUN alto refleja exceso de proteína en la dieta. El BUN difunde rápidamente en los líquidos corporales, la glándula mamaria y la leche, secretándose como nitrógeno ureico en la leche (MUN), siendo muy similares los niveles de BUN y MUN en la vaca, por lo que una vaca con alto BUN puede tener alto MUN (Gustafsson & Palmquist, 1993). El BUN también se usa para evaluar la función renal. Los riñones sanos filtran la urea, eliminándola a través de la orina. Las concentraciones elevadas de BUN pueden deberse a la dificultad de los riñones para la filtración.

2.5.2. Nitrógeno ureico en la leche

El dosaje de BUN es un procedimiento invasivo que requiere la obtención de muestras de sangre por punción de la vena yugular o coxígea (Lane & Campbell, 1966), la misma que dificulta la investigación, por lo que el nitrógeno ureico en la leche (MUN) se ha convertido en la herramienta útil no invasiva para monitorear la nutrición proteica de las vacas lecheras (Hof et al., 1997) .

El MUN refleja la cantidad de urea que se encuentra en la leche, la misma que está estrechamente relacionada con la concentración de BUN, por lo que BUN y MUN están estrechamente relacionados (Gustafsson & Palmquist, 1993).



Los análisis de MUN se pueden usar como señal o “bandera roja” para detectar posibles problemas en el programa de nutrición de la vaca lechera, donde los valores bajos de MUN reflejan deficiencia de proteína total en la dieta, mientras que los valores altos indican un exceso de proteína, o un déficit de carbohidratos degradables en rumen (Drudik et al., 2007).

El MUN varía entre y dentro de las razas de ganado lechero, con una media general de 14,0 mg/dL (14,4, 13,2 y 13,9 mg/dL para las vacas Holstein Friesian (HF), Jersey (J) y el cruce HF x J (XBd), respectivamente) (Beatson et al., 2019). Así mismo, la ingesta de agua, la producción de orina, el nivel de proteína en la dieta, el peso corporal, el tiempo y la frecuencia de la alimentación y el ordeño afectan el MUN y su relación con el UUN (Spek et al., 2013a).

En forma similar, el MUN varía según las sesiones de ordeño. Las vacas con ordeño 3X tienen niveles más bajos en el ordeño de la mañana, y similares entre el ordeño de la tarde y la noche. Por el contrario, las vacas con ordeño 2X, tienen niveles más altos de MUN en el ordeño de la mañana, mientras que en las muestras proporcionales y compuestas, las concentraciones de urea fueron similares, independientemente del número diario de ordeños (Bondan et al., 2019).

2.5.3. Rangos normales de MUN

Los niveles normales de MUN son de 12 a 16 mg/dL, donde los valores menores de 12 mg/dL indican deficiencia de proteína en la dieta, mientras que los valores mayores de 16 mg/dL indican exceso de proteína. Los valores de MUN superiores a 19 o 20 mg/dL están asociados con el deterioro del rendimiento reproductivo (Hammond, 1998).



La literatura reporta una variedad de rangos de MUN, tales como 10-14 mg/dL o 12-16 mg/dL, que puede causar confusión en la interpretación. Algunos indican que el rango 12-16 mg/dL es normal, para otros es erróneo, siendo 8-12 mg/dL el recomendado, el mismo que está asociado con 16% de proteína en la ración (Kohn et al., 2002).

Hay un cambio de 2 mg/dL por el cambio de cada unidad porcentual de proteína total, cuando las raciones contienen de 15 a 18,5% de proteína total. Los hatos con un MUN superior a 12-14 mg/dL tienen mayor excreción de N en la orina (Hof et al., 1997).

La concentración de MUN depende de varios factores, tales como el peso corporal, la ingesta de agua, la producción de orina, el nivel de proteínas en la dieta y el tiempo, así como la frecuencia de la alimentación y el ordeño (Spek et al., 2013a).

El rango objetivo de MUN para vacas Holstein es de 12 a 16 mg/dL; sin embargo, este rango fue generado con cálculos hechos con el software de los laboratorios DHIA, que al parecer tuvo error en los cálculos, por lo que el rango actual, con la corrección del error, sería de 8 a 12 mg/dL para la mayoría de los hatos lecheros (Kohn et al., 2002).

2.5.4. Predicción de nitrógeno urinario (UN) a partir de MUN

La orina y las heces son las vías principales de excreción de N en los rumiantes. La cantidad de urea excretada en la orina está en relación lineal con los niveles de MUN; por tanto, MUN puede ser útil para monitorear la excreción de N en las vacas lecheras (Jonker et al., 1998).

El nitrógeno de la orina (UN) y el nitrógeno ureico de la orina (UUN) son difíciles de medir, mientras que MUN se puede medir con relativa facilidad. Los estudios indican que UN y UUN de vacas lecheras se pueden estimar a partir de MUN (Spek et al., 2013).

Tabla 1

Modelos de predicción de nitrógeno urinario en vacas lecheras

Modelo de predicción	Fuente
$NU, \text{g/día} = 12.54 \times MUN \text{ (mg/dL)}$	(Jonker et al., 1998)
$NU, \text{g/día} = 0.0259 \times MUN \text{ (mg/dL)} \times BW \text{ (kg)}$	(Kauffman & St-Pierre, 2001)
$NU, \text{g/día} = 0.0283 \times MUN \text{ (mg/dL)} \times BW \text{ (kg)}$	(Wattiaux & Karg, 2004)
$NU, \text{g/día} = 14.4 \times MUN \text{ (mg/dL)} - 23.1$	(Burgos et al., 2007)
$NU, \text{g/día} = 16.23 \times MUN \text{ (mg/dL)} - 34.2$	(Powell et al., 2011)
$NU, \text{g/día} = 148.8 + 8.79 \times MUN \text{ (mg/dL)} + 11.97 \times CP + 1.58 \times DMI$	(Spek et al., 2013a)
$NU, \text{g/día} = 0.25 NI + 4.1 MUN - 8.2$	(Bougouin et al., 2022)

La predicción de UN o UUN a nivel de finca se puede mejorar sustancialmente utilizando MUN y PT, que con MUN o PT solos, pudiendo ayudar en el monitoreo y en la adopción de medidas para la reducción de las pérdidas ambientales de N (Spek et al., 2013).

Varios modelos podrían ser de utilidad para estimar la excreción de UN o UUN, dependiendo de la disponibilidad de datos. El siguiente modelo podría ser de utilidad para estimar la excreción de UN si se tiene datos de peso vivo (BW) y MUN (Kohn et al., 2002):

$$NU, \text{g/día} = 0.0259 \times BW \text{ (kg)} \times MUN \text{ (mg/dL)}$$

Un metaanálisis realizado a nivel mundial indica que la excreción de nitrógeno urinario por vaca (NU, g/d) se puede calcular a partir de nitrógeno



ingerido (NI, g/d) y la concentración de nitrógeno ureico en la leche (MUN, mg/dL), mediante la siguiente ecuación (Bougouin et al., 2022):

$$NU, \text{ g/d} = 0.25 \text{ NI} + 4.1 \text{ MUN} - 8.2$$

2.5.5. BUN y MUN en la reproducción

El alto consumo de proteína en la dieta estimula la producción de leche, pero aumenta también las concentraciones de BUN y MUN, con pérdida de N por el animal (Grings et al., 1991), altera la composición del fluido uterino, disminuye el pH uterino, disminuye el colesterol plasmático (Moharrery, 2004), disminuye la progesterona plasmática (Jordan & Swanson, 1979) y disminuye la tasa de concepción (Rhoads et al., 2004).

Las concentraciones de BUN que exceden los 20 mg/dL se asocian con reducidas tasas de concepción en vacas lactantes (Ferguson et al., 1993).

2.5.6. Toxicidad amoniacal

Las leguminosas contienen altos niveles de proteína total ($\geq 18\%$ MS), siendo esta altamente degradable en rumen (70-80% de la proteína total). Los microbios del rumen tienen una baja eficiencia de uso del nitrógeno si no tienen disponibilidad de carbohidratos altamente fermentables para la “captura” del amoníaco en el rumen.

El exceso de amoníaco se absorbe en el rumen, ingresa a la circulación sanguínea, llega al hígado y se convierte en urea. El hígado es capaz de remover 70-95% del NH_3 portal a un alto costo energético (4 ATP \equiv 29.2 kcal/mol de urea elaborada); sin embargo, la absorción de una alta cantidad de NH_3 excede la capacidad de detoxificación del hígado, causando una sobrecarga en el ciclo de la



urea, conocida como toxicidad amoniacal, que demanda una gran cantidad de α -cetoglutarato y oxalacetato para producir glutamato y aspartato, a costa de la producción de leche (Noro & Wittwer, 2012).

2.6. ENERGÍA NUTRIENTE LIMITANTE EN VACAS LECHERAS

La energía es el primer nutriente limitante para vacas lecheras, sobre todo para las de alta producción al pastoreo en pasturas de alta calidad como único alimento (Bargo et al., 2002).

A diferencia de las vacas alimentadas con TMR, las vacas en inicio de lactación y en pastoreo en pastos de alta calidad sin suplementación tienen menor consumo de materia seca (19,0 vs 23,4 kg/d), energía neta de lactación (32,4 vs 40,2 Mcal/d) y menor producción de leche (29,6 vs 44,1 kg/d), a pesar de un similar consumo de PT y FDN, siendo evidente la necesidad de energía adicional para alcanzar su potencial genético para la producción de leche (Kolver & Muller, 1998).

El sincronismo entre la tasa de degradación ruminal de N de los pastos frescos y la tasa de degradación de los carbohidratos suplementarios aumentaría la cantidad de N retenido para el crecimiento y la producción de leche (Kolver et al., 1998).

2.7. NITRÓGENO Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La descomposición del estiércol y la orina emite N al medio ambiente en forma de amoníaco y óxido nitroso que volatilizan al atmósfera, o nitrato que lixivia al agua superficial o subterránea (Aguirre-Villegas & Larson, 2017), por lo que la reducción de la excreción de nitrógeno (N) en las operaciones lecheras se ha convertido en un área importante de interés a fin de reducir su efecto ambiental (Wattiaux et al., 2019).

2.7.1. Amoníaco

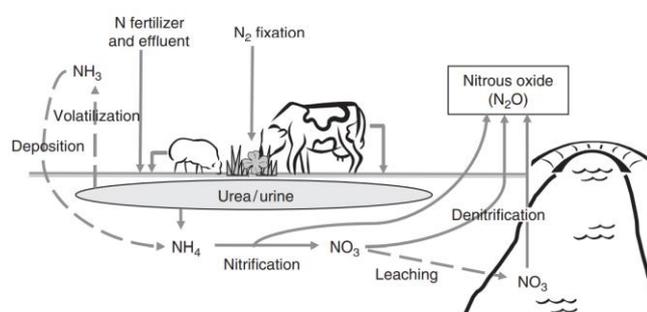
El amoníaco (NH_3) es el principal gas que desprende la descomposición de las excretas animales, en una relación directa con la evaporación del agua, siendo el estiércol líquido el que evapora 4 veces más NH_3 que el estiércol sólido. El NH_3 contamina el aire y daña la salud del ganado en los establos, incluso a bajas concentraciones (10 mg m^{-3}), con efecto irritante sobre las membranas mucosas del tracto respiratorio y los ojos, por lo que se debe reducir si la concentración supera 20 mg m^{-3} (Bleizgys & Naujokienė, 2023).

2.7.2. Óxido nítrico

El óxido nítrico (N_2O) resulta de la transformación del N de las excretas animales que se depositan en el suelo; es un gas contaminante del aire de gran preocupación ambiental, por su contribución al calentamiento global (López-Aizpún et al., 2020).

Figura 1

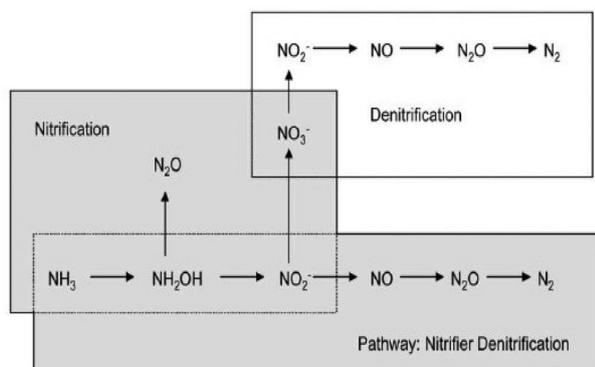
Emisiones de óxido nítrico (N_2O) en sistemas de pastoreo, como parte del Ciclo del N. Las líneas discontinuas indican rutas de pérdidas indirectas de N_2O de los sistemas de pastoreo (de Klein et al., 2009)



La concentración de N_2O en la atmósfera es de 334.5 ppb (Japan Meteorological Agency, 2023); sin embargo, esa pequeña concentración ejerce un poderoso potencial radiativo de 300 en un horizonte de 100 años, con una vida media de ~ 120 años y una gran contribución al calentamiento global, además de contribuir al agotamiento del O_3 de la estratósfera (Griffis et al., 2017).

Figura 2

Producción de óxido nitroso a partir de amoníaco



El N_2O se origina de diferentes fuentes, siendo los parches de orina del ganado en pastoreo, más que las heces, las mayores fuentes de emisión (Chadwick et al., 2018), donde los microorganismos del suelo, a través de procesos de nitrificación y desnitrificación del ciclo del N, transforman los compuestos nitrogenados en óxido nitroso.

El óxido nitroso se produce biológicamente en los suelos principalmente durante los procesos de nitrificación y desnitrificación (Wrage et al., 2001; Abdalla et al., 2011; Thers et al., 2020; Xu et al., 2020).



2.7.3. Nitratos

Los desechos ganaderos contienen compuestos de nitrógeno tanto orgánicos como inorgánicos. La acción microbiana descompone los desechos que contienen nitrógeno en amoníaco (NH_3), que luego se convierte en nitrito y nitrato. El nitrito se oxida fácilmente a nitrato, por lo que el nitrato predomina en los desechos descompuestos (Kumar, 2013). El nitrato es el contaminante más extendido en las aguas subterráneas debido a su alta solubilidad en el agua y la dificultad de fijarse en el suelo, por lo que puede migrar fácilmente a través de las capas del suelo (Bhatnagar & Sillanpää, 2011), por lo que una gestión inadecuada de los desechos ganaderos puede representar graves amenazas para las aguas subterráneas (Abascal et al., 2022), por lo que la normativa internacional ha establecido 50 mg/L de ion nitrato (NO_3^-) (equivalente a 11,3 mg/L de nitrógeno-nitrato, N- NO_3^-), como máximo nivel de contaminación para el agua potable (WHO, 2008) y 10 mg/L de N- NO_3^- (EPA, 2024), por lo que la ganadería intensiva, más que la extensiva, contamina con nitratos (NO_3^-) las aguas superficiales y subterráneas, con efecto adverso directo sobre la salud humana a través del agua potable (Sahoo et al., 2016).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó en el Centro Experimental Illpa (CE-Illpa) de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno (UNA-Puno), con alfalfa; y en la Estación Experimental Illpa (EE-Illpa) del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), con alfalfa-dactilis; entre los meses de noviembre 2023 y junio 2024, con un seguimiento de 8 meses, desde el primer ciclo de crecimiento posdormancia hasta el último ciclo de crecimiento predormancia.

Antes del primer ciclo de crecimiento posdormancia, los pastos fueron consumidos por el ganado, al que le hemos denominado como ciclo cero (0), sin muestreo ni evaluación.

Ambos centros o estaciones experimentales están ubicados en el distrito de Paucarcolla, provincia y Dpto. de Puno, a una altitud de 3818 m, 16°14'50"S y 69°05'30"O.

3.2. PASTIZALES

Para el trabajo se utilizaron dos tipos de pastizales, uno en el Centro Experimental Illpa de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, conformado por alfalfa dormante W350 en monocultivo, instalado en un área de 5 ha, y otro en la Estación Experimental Illpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria, instalado también en un área de 5 ha. A estos pastizales, se les denominará, por simplicidad como alfalfa y alfalfa-dactilis, respectivamente.

3.3. ANIMALES

Para el estudio se utilizaron 30 vacas lecheras Brown Swiss de primera, segunda y tercera lactación, en distintas etapas del ciclo productivo, donde 15 vacas fueron alimentadas con alfalfa (CE-Illpa-UNA-Puno) y 15 vacas con alfalfa-dactilis (EE-Illpa-INIA). Las vacas estuvieron en ambiente termoneutro, sistema mixto (pastoreo y estabulación).

3.3.1. Requerimientos nutricionales de las vacas lecheras

Los requerimientos nutricionales estuvieron conformados básicamente por energía y proteína, los mismos que fueron estimados factorialmente mediante modelos de predicción, con referencia a una vaca lechera adulta de 500 kg de peso vivo, produciendo 15 kg de leche con 3.8% de grasa y un cambio de peso predicho de 0.25 kg/día.

Tabla 2

Requerimientos de energía y proteína total de vacas lecheras adultas

Requerimiento	Modelo de predicción	ENL (kcal/d)
Requerimientos de energía		
Mantenimiento	$ENL_M = 96 * W^{0.75}$ (Ellis et al., 2006)	10151
Actividad física	$ENL_{AF} = 1.2 * h * W^{0.75}$ (Rochinotti, 1998)	761
Lactación	$ENL_L = 749 * LCG\ 4\%$ (NRC, 2001)	10898
Cambio de peso	$ENL_{\Delta W} = 5100 * kg\ \Delta W$ (NRC, 2001)	1275
Total		23085
Requerimientos de proteína total (Silva & Oliveira, 2023)		
PN de mantenimiento	$PN_M, g/d = 6.32 * W^{0.75}$	668.3
PM de mantenimiento	$PM_M, g/d = PN_M / k_{PN/PM}$	947.9
PN de lactación	$PN_L, g/d = PL_{kg/d} * PTL_{g/kg\ leche}$	515.7
PM de lactación	$PM_L, g/d = PN_L / k_{PN/PM}$	731.5
Total		1679.4

ENL: energía neta de lactación; W: peso vivo del animal (kg); h: horas de pastoreo; LCG: leche corregida a grasa (kg); ΔW : cambio de peso vivo. LCG 4% = $(0.4 + 0.15 G) * kg$ de leche (Gaines, 1927). PN_M : proteína neta de mantenimiento; PM_M : proteína metabolizable de mantenimiento; PN_L : proteína neta de lactación; PM_L : proteína metabolizable de lactación; $k_{(PN/PM)}=0.705$: eficiencia de conversión de proteína metabolizable (PM) a proteína neta (PN). PL: producción de leche (kg/d); PTL, proteína total en la leche (g/kg de leche) = PC leche x 0.955 (g/kg de leche). Contenido de proteína en la leche: 3.5% (35 g/L).



Los requerimientos calculados fueron mantenimiento, actividad física, producción de leche y cambio de peso. El requerimiento energético de producción de leche fue calculado con leche corregida al 4% de grasa (Gaines, 1927).

3.3.2. Alimentación de las vacas lecheras

La alimentación de las vacas lecheras estuvo sujeta al sistema de manejo de cada centro. Ambos centros utilizaron el sistema mixto, es decir, pastoreo y estabulación, donde las vacas del CE-Illpa-UNA-Puno fueron alimentadas básicamente con pastos cultivados de alfalfa en monocultivo durante 8 horas de pastoreo por día, heno de avena, heno de alfalfa y concentrado fibroso de elaboración local, en el ordeño de la mañana, mientras que, las vacas de la EE-Illpa-INIA fueron alimentadas con heno de avena durante el ordeño de la mañana y la tarde, y pastos cultivados de alfalfa asociada con dactilis durante 6 horas por día (Tabla 2).

3.4. EQUIPOS Y MATERIALES

3.4.1. Equipos

Balanza digital tipo plataforma x 1000/0.1 kg: para el registro de los pesos vivos de las vacas lecheras.

Balanza de precisión: para el registro de los pesos de muestras de materia fresca y materia seca de alfalfa y alfalfa-dactilis.

Balanza analítica: para el registro de los pesos de muestras para análisis de nitrógeno Kjeldahl.



Espectrómetro infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR): MilkoScan FOSS 4000 para el análisis de nitrógeno ureico en la leche (MUN). El equipo está conformado por los siguientes elementos: 1) fuente de radiación infrarroja, que puede ser un láser o una lámpara de halógeno, que emite radiación en el rango infrarrojo del espectro electromagnético; 2) interferómetro, que divide el haz de radiación en dos caminos, uno de referencia y otro que pasa por la muestra; 3) muestra, el material que se analiza, que puede ser sólido, líquido o gas; 4) detector, que convierte la radiación en señales eléctricas que se pueden registrar y medir; y 5) ordenador y software, que controla el sistema y analiza los datos. El principio del FTIR se basa en la vibración y rotación de los átomos de las moléculas de la muestra. La FTIR mide la absorción de luz infrarroja en la región media del espectro electromagnético de la mayoría de las moléculas de la muestra de uso para detectar las estructuras moleculares internas en todo tipo de campos. Cuando se aplica un haz de luz infrarroja con una longitud de onda continua a las moléculas objetivo, las longitudes de onda específicas son absorbidas por la vibración de los átomos o grupos atómicos de la sustancia. El espectro resultante representa la absorción y transmisión molecular, creando una huella molecular (como huella digital) de la muestra con picos de absorción que corresponden a las frecuencias de vibraciones entre los enlaces de los átomos que forman el material (Gong et al., 2024).

Equipo microkjeldahl: conformado por un digestor de 6 cuerpos, un destilador y un titulador, para el análisis de nitrógeno total en muestras de alfalfa y alfalfa-dactilis.



3.4.2. Materiales

- Balones Kjeldahl x 100 ml (boca simple y boca esmerilada).
- Matraces Erlenmeyer x 100 ml.
- Frasco lavador x 500 ml.

3.4.3. Reactivos

- Ácido sulfúrico (H_2SO_4).
- Sulfato de sodio (Na_2SO_4).
- Sulfato de potasio (K_2SO_4).
- Sulfato de cobre ($CuSO_4$).
- Selenito de sodio (Na_2SeO_3).
- Hidróxido de sodio ($NaOH$).
- Ácido Bórico (H_3BO_3).
- Rojo de Metilo.
- Azul de Metileno.
- Alcohol Absoluto.
- **Solución catalizadora:**
 - Sulfato de sodio 12.5 g.
 - Sulfato de potasio 12.5 g.
 - Selenito de sodio 5 g.
 - Solución de sulfato de cobre saturado 25 ml.
 - Agua destilada, VSP 150 ml.

NOTA: Mezclar todos estos componentes, calentar la solución y mover con una bagueta hasta su disolución completa.



- **Solución digestora**

- Solución catalizadora (todo) 150 ml.
- Ácido sulfúrico, VSP 1 L.

NOTA: Agregue con mucho cuidado y poco a poco el ácido sulfúrico puro a la solución catalizadora que contiene agua destilada.

La mezcla genera bastante calor. Tenga la mayor precaución. Colóquese anteojos y máscara antigases.

- **Solución desplazante (Hidróxido de sodio al 50%)**

- Hidróxido de sodio PA 500 g.
- Agua destilada, VSP 1 L.

NOTA: Agregar poco a poco el hidróxido de sodio en el agua destilada. La mezcla genera bastante calor. Tenga el mayor cuidado. Colóquese anteojos y máscara antigases.

- **Solución indicadora (Tashiro: T)**

- Rojo de metilo 450 mg.
- Azul de metileno 250 mg.
- Alcohol absoluto 250 ml.

- **Solución receptora (ácido bórico al 2%)**

- Ácido bórico 20 g.
- Agua destilada, VSP 1 L.

- **Solución tituladora (H₂SO₄ al 0.025 N)**



- Ácido sulfúrico (D 1.84, 98 %) 0.68 ml.
- Agua destilada, VSP 1.00 L.

3.4.4. Procedimiento

Digestión. Envuelva 0.2 g de muestra seca y finamente molida en un papel de celulosa libre de nitrógeno. Coloque el paquetito de la muestra en un balón Kjeldahl de 100 ml y agregue 3.5 ml de la mezcla digestora. Utilice una pipeta de 10 ml con dosificador automático. Coloque el balón Kjeldahl con muestra en la hornilla. Haga hervir la muestra durante un máximo de 3 horas. Gire el balón Kjeldahl cada media hora. Agítelo con cuidado para lavar el material que se impregna en sus paredes, a fin de garantizar una buena digestión. La solución debe hervir hasta que tome color verde claro. En forma paralela corra un blanco sin muestra a fin descartar la posible contaminación de nitrógeno de los materiales y reactivos.

Destilación: Coloque en un frasco de Erlenmeyer 15 ml de ácido bórico al 2 % como receptor de amoníaco. Agregue 5 gotas del indicador T. Coloque el frasco en el pico de descarga del destilador Kjeldahl. Agregue con cuidado una pequeña cantidad de agua destilada en el balón Kjeldahl que contiene la solución de sulfato de amonio. Agregue 7 ml de hidróxido de sodio al 50 % en el destilador. Un ligero exceso es mejor (8 ml) para garantizar una total destilación. Cierre los ductos de entrada del destilador. Circule agua fría por el refrigerante del destilador. Destile el amoníaco hasta obtener 50 ml de destilado. El cambio de color del receptor ácido bórico indica el inicio de la destilación.



NOTA: El caldero generador de vapor siempre debe contener agua destilada. El agua de caño contiene bastante carbonato, lo cual precipita formando sarro en las paredes del frasco.

Titulación: Cargue una bureta graduada de 50 ml con la solución tituladora (ácido sulfúrico 0.025 N). Anote la marca inicial a menisco inferior. Titule con cuidado el destilado hasta lograr viraje de color (de verde a azul gris). Anote la marca final. Calcule por diferencia el gasto de la solución. Titule también la muestra blanco.

NOTA 1: Acumule los residuos químicos en un recipiente de seguridad para su desecho controlado, a fin de evitar la contaminación del lago Titicaca.

Cálculos de nitrógeno total (NT) y proteína total (PT)

El nitrógeno total fue calculado considerando el volumen de gasto de ácido sulfúrico (H_2SO_4) en la titulación, la normalidad del ácido, que en este caso fue de 0.025N, el miliequivalente del nitrógeno (mEq N) que es 0.014, y el peso de muestra en gramos, mediante la siguiente fórmula (Hayes, 2020):

$$NT, \% = \frac{\text{Volumen (ml } H_2SO_4) * \text{Normalidad (0.025 N)} * \text{mEq N}}{\text{Peso de muestra (g)}} * 100$$

El contenido de proteína total fue calculado tomando en consideración que las proteínas en los forrajes contienen 16% de N en su composición, mediante la siguiente fórmula (Krul, 2019):

$$PT, \% = NT \times 6.25$$

3.5. METODOLOGÍA

3.5.1. Determinación de nitrógeno total en alfalfa y alfalfa-dactilis

El contenido de nitrógeno total (NT) de la alfalfa y de la alfalfa-dactilis se determinó mediante el método Kjeldahl, a partir de muestras obtenidas de la producción forrajera de los pastizales, mediante corte en cuadrante en transecto lineal. La técnica consistió en trazar una línea transversal, con puntos de corte a intervalos aleatorios (Buckland et al., 2007), obteniéndose muestras de los dos cultivares (alfalfa y alfalfa-dactilis) en sus tres estados fenológicos [rebrote, crecimiento y floración inicial (o punto de corte)], durante cinco ciclos de crecimiento de los cultivares (Nov. 2023-Jun. 2024), con 8 meses de seguimiento. El proceso consistió en la remoción de la biomasa aérea presente dentro del cuadrante (0.25 m^2) en 6 puntos aleatorios de muestreo (réplicas), el registro de su peso fresco y la remisión al laboratorio (Zanella et al., 2017), para el análisis del contenido de humedad y materia seca, mediante secado en horno de convección a 60°C , por un mínimo de 72 horas (Donnelly et al., 2018).

El proceso consistió en los siguientes pasos:

- Colocar aleatoriamente el cuadrante de 0.25 m^2 en el potrero.
- Registrar la altura de planta y la cobertura vegetal del cuadrante.
- Cortar la biomasa aérea del cuadrante a 2.5 cm del suelo.
- Empaquetar la biomasa en bolsas de plástico, registrar el peso fresco.
- Seleccionar las plantas y descartar las malas yerbas y material senescente.
- Pesar una bolsa de papel libre de humedad debidamente identificado.
- Colocar 200 g de muestra fresca en la bolsa de papel (peso 1).
- Secar la muestra en el horno de convección, a 60°C por 72 horas.



- Registrar el peso de la bolsa + la muestra seca (peso 2).

La materia seca (MS) corresponde a la cantidad de material residual que queda en la bolsa, después de la remoción de la humedad.

$$\text{MS, \%} = \frac{\text{Materia seca obtenida}}{\text{Peso de materia verde analizada}} * 100$$

La humedad corresponde a la diferencia entre la materia seca y el total.

$$\text{H}^\circ, \% = 100 - \% \text{MS}$$

La producción forrajera de materia fresca (kg/ha) se calculó a través de la siguiente fórmula (Kosmowski et al., 2021):

$$\text{MV, kg/ha} = \text{MV(kg) del cuadrante} * 4 * 10000$$

Donde la producción forrajera de materia seca corresponde a la biomasa total de materia fresca por el contenido de materia seca.

$$\text{MS, kg/ha} = \text{MV(kg)} * \% \text{MS}$$

El método Kjeldahl estuvo conformado por tres etapas (digestión, destilación y titulación). La digestión se realizó por combustión húmeda de las muestras en ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), en presencia de catalizadores (Na_2SO_4 , K_2SO_4 , CuSO_4 y Na_2SeO_3) (Sáez-Plaza et al., 2013); la destilación, por transferencia del amoníaco (NH_3) hacia el ácido bórico diluido (H_3BO_3 , 2%), en condiciones alcalinas; y la titulación, por adición de solución diluida de ácido sulfúrico (H_2SO_4 , 0.25 N), hasta el punto de viraje de color en presencia del indicador T.



3.5.2. Determinación del nitrógeno ureico en la leche

El nitrógeno ureico en la leche (MUN) se determinó en el Laboratorio de Leches de la Universidad Nacional Agraria La Molina, a partir de muestras de leche obtenidas del ordeño 2X (4 a.m. y 4 p.m.) de las vacas de CE-Illpa y EE-Illpa, mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) FOSS 4000 (MilkoScan) que analiza además grasa, proteínas, lactosa, sólidos totales, sólidos no grasos, punto de congelación (Oliveira et al., 2012; Weeks & Hristov, 2017).

El muestreo se realizó en envases transparentes de polietileno (plástico) de 120 ml de capacidad, en un volumen de 100 ml, luego de la mezcla realizada en la leche ordeñada, 15 muestras del ordeño de la mañana y 15 muestras del ordeño de la tarde (2X) por cada centro, en un total de 60 muestras. A cada frasco se agregó 4 gotas de formol al 40%, a fin de preservar la leche durante su transporte a la ciudad de Lima, por vía aérea.

El rango objetivo para MUN fue de 8-12 mg/dL, desarrollada para vacas lecheras Holstein (Kohn et al., 2002), dado que en condiciones de producción normales, la mayoría de los hatos lecheros deberían tener este rango de MUN, considerando además, que las vacas con las que se realizó la investigación fueron de una mediana producción de leche.

3.5.3. Estimación de la excreción de nitrógeno en la orina

La excreción de nitrógeno en la orina (NU) se estimó mediante modelos de predicción, a partir del peso vivo de las vacas y el nitrógeno ureico en la leche (MUN), con el modelo de mayor aproximación (Kohn et al., 2002).

$$\text{NU, g/día} = 0.0259 \times \text{PV (kg)} \times \text{MUN (mg/dL)}.$$

Donde:

NU, nitrógeno urinario (N total en la orina); PV, peso vivo de las vacas;
MUN, nitrógeno ureico en la leche.

3.5.4. Análisis estadístico

Los datos del nitrógeno total en alfalfa y alfalfa-dactilis fueron evaluados mediante el análisis de varianza de dos vías (experimento factorial 2 x 3), en diseño completamente al azar, con dos cultivares (alfalfa y alfalfa-dactilis) y tres estados fenológicos [rebrote, crecimiento, inicio de floración (o punto de corte)]. Los datos del nitrógeno ureico en la leche (MUN) fue evaluado mediante el análisis de varianza de dos vías (experimento factorial de 2 x 2), en diseño completamente al azar, con dos cultivares (alfalfa y alfalfa-dactilis) y ordeño 2X (mañana y tarde), sujetos a pruebas de hipótesis de contraste unilateral, con los supuestos de que los datos están normalmente distribuidos, con media y varianza conocidas, según el siguiente modelo aditivo lineal fijo (Sawyer, 2017).

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

con $i = 1, 2, \dots, a$; $j = 1, 2, \dots, b$

Donde:

y_{ijk} : Variable respuesta (N en cultivares, o MUN en leche).

μ : Media general (N en cultivares, o MUN en leche).

α_i : Variación entre cultivares (alfalfa y alfalfa-dactilis).



β_j : Variación entre estados fenológicos o momento de ordeño.

$\alpha\beta_{ij}$: Interacción entre cultivares y estados fenológicos (o momento de ordeño).

ε_{ijk} : Variación entre observaciones.

Los datos del nitrógeno en la orina (NU) fueron analizados mediante la prueba de comparación de medias, t-Student, con dos grupos de vacas alimentadas con alfalfa y alfalfa-dactilis y sus réplicas, sujeto a los supuestos de variable dependiente continua, las observaciones son independientes, datos normalmente distribuidos en cada grupo, con una media y varianza, como una distribución t con $v = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad (Fradette et al., 2003), sujeta a pruebas de hipótesis de contraste bilateral ($\alpha = 0.05$).

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

La varianza ponderada (o varianza común compartida entre las dos variables) se calculó con la siguiente fórmula (Fradette et al., 2003):

$$S_p^2 = \frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}$$

Donde:

t : estadístico t de Student.



\bar{x}_1 : media de vacas alimentadas con alfalfa.

\bar{x}_2 : media de vacas alimentadas con alfalfa-dactilis.

n_1 : tamaño de muestra de vacas alimentadas con alfalfa.

n_2 : tamaño de muestra de vacas alimentadas con alfalfa-dactilis.

S_p^2 : varianza ponderada (o común) de los dos grupos de vacas.

S_1^2 : varianza de vacas alimentadas con alfalfa.

S_2^2 : varianza de vacas alimentadas con alfalfa-dactilis.

Las medias de nitrógeno total en alfalfa y alfalfa-dactilis, así como de MUN en la leche, fueron comparadas mediante la prueba de Tukey. La normalidad de los datos se evaluó utilizando la prueba de Shapiro-Wilks (Mishra et al., 2019). Las significancias se calcularon con el paquete estadístico VassarStat de acceso libre.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. NITRÓGENO TOTAL Y PROTEÍNA TOTAL EN ALFALFA Y ALFALFA-DACTILIS

La Tabla 3 resume la producción forrajera referencial y el contenido y la producción de nitrógeno total y proteína total de la alfalfa en monocultivo (alfalfa) y alfalfa asociada con dactilis (alfalfa-dactilis) que fueron determinados durante los 8 meses de seguimiento a los cultivares entre los meses de Nov. 2023 y Jun. 2024, en sus cinco ciclos de crecimiento (o producción) y tres fases fenológicas por ciclo [rebrote, crecimiento, inicio de floración (o punto de corte)].

Tabla 3

Producción forrajera, nitrógeno y proteína total en alfalfa y alfalfa-dactilis

Estado fenológico	Alfalfa	Alfalfa-dactilis	Promedio	C	F	C * F
4A. Producción de materia seca por corte (t/ha)						
Rebrote	2.9 ± 1.1	2.3 ± 1.0	2.7 ± 1.1 ^c			
Crecimiento	4.4 ± 1.1	3.2 ± 0.7	4.2 ± 1.1 ^b			
Inicio floración (corte)	4.9 ± 1.3	5.1 ± 1.9	5.0 ± 1.6 ^a			
Promedio	4.2 ± 1.4	4.0 ± 1.9	4.1 ± 1.6	0.0142	<.0001	0.0227
4B. Producción de materia seca por campaña de 5 cortes (t/ha)						
Rebrote	14.5 ± 5.3	11.4 ± 4.9	13.3 ± 5.3 ^c			
Crecimiento	22.0 ± 5.4	16.0 ± 3.6	20.8 ± 5.3 ^b			
Inicio floración (corte)	24.5 ± 6.4	25.7 ± 9.2	25.1 ± 7.9 ^a			
Promedio	20.8 ± 6.9	20.0 ± 9.8	20.5 ± 8.1	0.0142	<.0001	0.0227
4C. Contenido de nitrógeno total (% MS)						
Rebrote	4.27 ± 0.58	3.83 ± 0.38	4.11 ± 0.55 ^a			
Crecimiento	3.78 ± 0.42	3.58 ± 0.22	3.74 ± 0.39 ^b			
Inicio floración (corte)	3.66 ± 0.31	2.85 ± 0.55	3.26 ± 0.61 ^c			
Promedio	3.87 ± 0.50	3.25 ± 0.64	3.64 ± 0.63	<.0001	<.0001	0.0037

PT: proteína total; C: cultivar (alfalfa, alfalfa-dactilis); F: fenología [rebrote, crecimiento, inicio de floración (o punto de corte)]; C*F interacción (cultivar*fenología). Los números en negrita son promedios generales de las variables en evaluación. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia ($p < 0.05$).



Estado fenológico	Alfalfa	Alfalfa-dactilis	Promedio	C	F	C * F
4D. Contenido de proteína total (% MS)						
Rebrote	26.71 ± 3.6	23.95 ± 3.34	25.68 ± 3.44 ^a			
Crecimiento	23.61 ± 2.61	22.37 ± 1.35	23.36 ± 2.45 ^b			
Inicio floración (corte)	22.89 ± 1.94	17.81 ± 3.47	20.35 ± 3.79 ^c			
Promedio	24.20 ± 3.11	20.31 ± 4.01	22.77 ± 3.94	<.0001	<.0001	0.0036
4E. Producción de nitrógeno total por corte (t/ha)						
Rebrote	0.11 ± 0.04	0.08 ± 0.03	0.11 ± 0.04 ^b			
Crecimiento	0.16 ± 0.05	0.11 ± 0.03	0.15 ± 0.05 ^a			
Corte	0.17 ± 0.05	0.14 ± 0.05	0.16 ± 0.05 ^a			
Promedio	0.16 ± 0.05	0.12 ± 0.05	0.14 ± 0.05	<.0001	<.0001	0.5610
4F. Producción de proteína total por corte (t/ha)						
Rebrote	0.75 ± 0.24	0.53 ± 0.2	0.66 ± 0.25 ^b			
Crecimiento	1.04 ± 0.28	0.71 ± 0.15	0.97 ± 0.29 ^a			
Corte	1.11 ± 0.30	0.90 ± 0.35	1.01 ± 0.34 ^a			
Promedio	0.99 ± 0.31	0.77 ± 0.32	0.91 ± 0.33	<.0001	<.0001	0.5233
4G. Producción de nitrógeno total por campaña de 5 cortes (t/ha)						
Rebrote	0.60 ± 0.19	0.43 ± 0.16	0.53 ± 0.20 ^c			
Crecimiento	0.83 ± 0.23	0.57 ± 0.12	0.78 ± 0.23 ^b			
Inicio floración (corte)	0.90 ± 0.24	0.72 ± 0.27	0.81 ± 0.27 ^a			
Promedio	0.79 ± 0.25	0.61 ± 0.25	0.73 ± 0.27	<.0001	<.0001	0.5029
4H. Producción de proteína total por campaña de 5 cortes (t/ha)						
Rebrote	3.75 ± 1.21	2.66 ± 0.98	3.34 ± 1.24 ^b			
Crecimiento	5.21 ± 1.41	3.55 ± 0.74	4.87 ± 1.46 ^a			
Inicio floración (corte)	5.60 ± 1.52	4.53 ± 1.68	5.06 ± 1.68 ^a			
Promedio	4.95 ± 1.57	3.84 ± 1.59	4.54 ± 1.66	<.0001	<.0001	0.5080

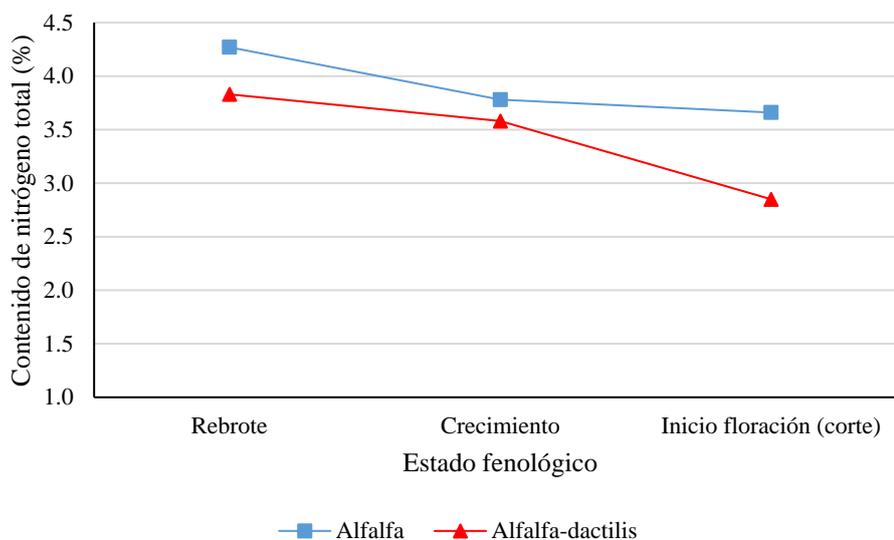
PT: proteína total; C: cultivar (alfalfa, alfalfa-dactilis); F: fenología [rebrote, crecimiento, inicio de floración (o punto de corte)]; C*F interacción (cultivar*fenología). Los números en negrita son promedios generales de las variables en evaluación. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia ($p < 0.05$).

A nivel general, los efectos principales indican que el contenido de nitrógeno total fue diferente entre cultivares ($p < 0.05$), siendo mayor en alfalfa que en alfalfa-dactilis (3.87 ± 0.50 vs 3.25 ± 0.64 g/100 g MS). En forma similar, el contenido de nitrógeno total varía ($p < 0.05$) con el estado fenológico de las plantas, siendo mayor en el rebrote (4.11 ± 0.55 g/100 g MS), seguido de crecimiento (3.74 ± 0.39 g/100 g MS) y prefloración o punto de corte (3.26 ± 0.61 g/100 g MS).

El contenido de nitrógeno total multiplicado por el factor 6.25 da como resultado el contenido de proteína total (PT), el mismo que fue mayor ($p < 0.05$) en alfalfa (24.20 ± 3.11 g/100 g MS) con relación a alfalfa-dactilis (20.31 ± 4.01 g/100 g MS). El estado fenológico también tuvo efecto en el contenido de proteína total, siendo mayor en el rebrote (25.68 ± 3.44 g/100 g MS), seguido de crecimiento (23.36 ± 2.45 g/100 g MS), y corte (20.35 ± 3.79 g/100 g MS) (Tabla 3, 3D).

Figura 3

Contenido de nitrógeno total (%) de la alfalfa y la alfalfa-dactilis, según estado fenológico



Los efectos simples del análisis de varianza (ANOVA) de los datos indican que el contenido de nitrógeno disminuye ($p < 0.05$) con el estado fenológico, tanto en alfalfa como en alfalfa-dactilis, debido a que el crecimiento de la planta afecta las concentraciones de proteína y fibra en hojas y tallos (Cupic et al., 2001).

El año 2023, la alfalfa rebrotó a mediados del mes de setiembre, después de una precipitación pluvial y cuando la temperatura del aire alcanzó a $19^{\circ}\text{C}/6^{\circ}\text{C}$ (Fotos 1 y 2, Anexo), incrementando lentamente la altura de planta, hasta que el 8 de noviembre se



hizo el primer muestreo pos-dormancia, con una altura de planta de 15.5 ± 2.3 cm, $24.6 \pm 2.9\%$ de materia seca, y un contenido de nitrógeno total de $4.0 \pm 0.1\%$, equivalente a $24.8 \pm 0.7\%$ de proteína total. La asociación alfalfa-dactilis tuvo el mismo comportamiento de rebrote, con una altura de planta de 13.0 ± 1.9 cm, $24.6 \pm 2.9\%$ de materia seca, y un contenido de nitrógeno total de $3.8 \pm 0.2\%$, equivalente a $24.0 \pm 1.1\%$ de proteína total.

Los productores, ante la escases de alimentos, ingresaron las vacas al pastoreo de este primer rebrote de alfalfa, cuya proteína, como se sabe, es de alta solubilidad, con un 80% de la proteína que degrada en rumen, generando una ingente cantidad de amoníaco, el mismo que en déficit de fuentes de energía, es ineficientemente utilizado por los microorganismos del rumen, perdiéndose el exceso por absorción en el rumen, la conversión dependiente de energía en urea en el hígado, elevándose los niveles de BUN en la sangre y MUN en la leche con la eventual excreción de N en la orina, con efectos negativos en la reproducción y el medio ambiente (Getachew et al., 2006).

El muestreo de biomasa aérea por corte en cuadrante mostró que la alfalfa y la alfalfa-dactilis son cultivares de alto rendimiento forrajero, que a los 42 días de crecimiento, en el estado de inicio de floración (o punto de corte), tuvieron una diferente producción de materia seca ($p < 0.05$), con un promedio de 4.9 ± 1.3 t/ha para alfalfa, y 5.1 ± 1.9 t/ha para alfalfa-dactilis, las mismas que en 5 cortes de la campaña agrícola, como se evidenció en este estudio, tuvieron una producción de materia seca de 24.5 ± 6.4 t/ha para alfalfa, y 25.7 ± 9.2 t/ha para alfalfa-dactilis.

Con base a la producción de materia seca, la producción de nitrógeno total por cada corte fue de 0.17 ± 0.05 t/ha para alfalfa, y 0.14 ± 0.05 t/ha para alfalfa-dactilis, equivalente a una producción de 1.11 ± 0.30 t/ha y 0.90 ± 0.35 t/ha de proteína total por



corte, respectivamente, y un total de 5.60 ± 1.52 t/ha, y 4.53 ± 1.68 t/ha de proteína total en campaña de 5 cortes, evidenciando el enorme potencial de ambos cultivares para la producción de proteína total.

El contenido de proteína total varía según el cultivar y el estado fenológico, siendo mayor en alfalfa que en alfalfa-dactilis, y mayor en rebrote que en crecimiento y floración inicial (o punto de corte), los mismos que son concordantes con los datos reportados para estas especies de plantas, cuyos valores varían según la madurez, el momento de corte, la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua, donde los tallos pueden contener hasta 15.1% y las hojas hasta 35.8% (Cupic et al., 2001), siendo la proteína total el componente principal de sus valores nutricionales, que varía según el estado fenológico de la planta (Hu et al., 2021), donde el 80% de esta proteína total es proteína soluble, o proteína degradable en rumen (RDP), la misma que se descompone demasiado rápido en amoníaco, cuyo exceso se absorbe en el rumen, luego se convierte en urea en el hígado y se excreta por los riñones a través de la orina, desperdiciándose sin uso por los microorganismos del rumen (Getachew et al., 2006).

La proteína degradable en rumen (RDP) es el substrato disponible para los microorganismos del rumen, conformada por proteínas de alta solubilidad y compuestos nitrogenados no proteicos de uso como fuentes de nitrógeno para el crecimiento microbiano y la síntesis de proteína microbiana (Hanigan et al., 2021); sin embargo, la RDP que excede la cantidad requerida por los microorganismos ruminales es degradada a N-amoniaco ($N-NH_3$), se absorbe en el rumen, pasa al hígado donde se convierte en urea y se excreta en la orina (Bach et al., 2005).

La vaca lechera es una mala convertidora del nitrógeno de la dieta en leche, puesto que utiliza solo el 5-30% del nitrógeno ingerido en el alimento, excretándolo el 70-95%



a través de heces y orina (Luo et al., 2010). La excreción de nitrógeno en heces se mantiene en niveles relativamente constantes, mientras que la excreción de nitrógeno en orina aumenta en relación directa con el consumo de nitrógeno en la dieta (Dijkstra et al., 2013). El nitrógeno excretado en heces y orina sirve como fuente de nitrógeno para las plantas; sin embargo, el exceso se pierde por volatilización como amoníaco y óxido nítrico que contaminan el aire, o por lixiviación como nitratos que contaminan las aguas subterráneas (Selbie et al. 2015).

Las bacterias *Peptostreptococcus anaerobius*, *Clostridium sticklandii* y *Clostridium aminophilum* son las responsables de degradar las proteínas en amoníaco, generando hiperamoníaco 20 veces más que otras bacterias ruminales productoras de amoníaco (Paster et al., 1993), por lo que el amoníaco siempre está presente en el líquido ruminal, en una concentración dependiente del tipo de proteína en la dieta, el mismo que debe ser incorporado en el esqueleto carbonado (α -cetoglutarato) de las bacterias del rumen, para producir glutamina y glutamato, que son importantes donantes de nitrógeno en el metabolismo de los compuestos nitrogenados en las células microbianas (Chen et al., 2018). Las investigaciones evidenciaron que la adición de grano rico en almidón a raciones ricas en proteínas disminuye la concentración de amoníaco en el rumen (Phillipson et al., 1959), por lo que la alfalfa debe ser acompañada con alguna gramínea o sus granos como fuentes de carbohidratos o azúcares, cuya fermentación genere los cetoácidos necesarios para la asimilación del amoníaco para la biosíntesis de aminoácidos y proteína microbiana (Hristov et al., 2005).

La práctica común en la alimentación de vacas lecheras es el suministro de forraje en forma de heno de avena durante el ordeño, tanto en el ordeño de la mañana como en el ordeño de la tarde. El suministro de heno por la mañana tiene un objetivo preventivo del timpanismo, sobre todo con la alfalfa en estado de rebrote, que es el estado que puede



causar la mayor frecuencia de timpanismo en las vacas, algunas veces con consecuencias fatales. Las vacas, después del ordeño de la mañana, permanecen en el pasto, sea alfalfa o alfalfa-dactilis, durante un tiempo mínimo de 6 horas, consumiendo la biomasa aérea fresca disponible en el pastizal, como único alimento.

La alta degradabilidad ruminal de la proteína de la alfalfa que alcanza hasta 880 g kg⁻¹, sugiere que durante las 6 horas de pastoreo, casi toda la proteína es degradada en amoníaco (Hristov & Sandev, 1998), por lo que el consumo de heno de avena, antes y después del pastoreo en alfalfa, tendría poco efecto en la eficiencia de uso del nitrógeno, con relación al consumo simultáneo como ocurre con la alfalfa-dactilis. La alimentación sincrónica con pastos de alto contenido de proteína (PT 22.6%) y concentrado de alta energía (ENL 1.85 Mcal/kg MS), administrados a vacas lecheras tuvieron efecto positivo en la eficiencia de uso del N. El concentrado administrado en simultáneo durante las horas de consumo de pastos, 9:00-17:00 h (dieta sincrónica), redujo en 32.4% los valores de amoníaco ruminal con relación al concentrado administrado 4 h después del consumo de pastos, 13:00-21:00 h (dieta asincrónica), con valores de 19.9 vs 25.5 mg/dL a las 3 h, y 13.5 vs 23.6 mg/dL a las 5 h después de la alimentación matutina con pasto (Kolver et al., 1998).

Es bastante evidente que la alimentación sincrónica (o simultánea) de fuentes de nitrógeno (proteína) con fuentes de carbono (energía) en el ganado lechero maximiza la eficiencia de uso del nitrógeno y la energía (Phuong et al., 2013); es decir, el sincronismo de la tasa de suministro y liberación de nitrógeno y energía en el rumen maximiza la eficiencia de la fermentación microbiana en el rumen y la captura de RDP por los microorganismos (Kolver et al., 1998). Los niveles mayores de 200 g de PT/kg MS (20%), como los encontrados en la alfalfa en monocultivo, son relativamente altos para la nutrición de la vaca lechera, mientras que una cantidad de 150 g/kg de MS (15%), como

las que tiene la alfalfa asociada con dactilis, puede ser una estrategia útil para reducir en 21% la excreción de nitrógeno en las heces y en 66% en la orina (Castillo et al., 2000).

4.2. NITRÓGENO UREICO EN LA LECHE

La Tabla 4 resume los datos del contenido de nitrógeno ureico en la leche (MUN) de vacas alimentadas con alfalfa y alfalfa-dactilis, determinadas en el mes de marzo 2024, el mismo que varía ($p < 0.05$) según el tipo de cultivar.

Tabla 4

Nitrógeno ureico en la leche de vacas alimentadas con alfalfa y alfalfa-dactilis (ordeño 2X, marzo 2024)

Ordeño 2X	Nitrógeno ureico en la leche (MUN, mg/dL)			p-valor		
	Alfalfa	Alfalfa- Dactilis	Promedio	C	M	C*M
Mañana	27.40 ± 4.98	20.72 ± 2.98	23.31 ± 6.12			
Tarde	25.65 ± 4.01	24.03 ± 3.08	24.84 ± 3.61			
Promedio	26.53 ± 3.64	22.37 ± 2.71	24.12 ± 5.03	<.0001	<.1816	0.0042

C: cultivar (alfalfa y alfalfa-dactilis), M: momento de ordeño (mañana y tarde), C*M: interacción entre cultivar y momento de ordeño.

A nivel general, con base a los efectos principales se indica que la concentración de nitrógeno ureico en leche (MUN) varía según el cultivar ($p < 0.05$), con valores mayores en alfalfa (26.53 ± 3.64 mg/dL) que en alfalfa-dactilis (22.37 ± 2.71 mg/dL) (Tabla 4).

Los valores de MUN encontrados son 2.6 veces mayores con alfalfa y 2.2 veces mayores con alfalfa-dactilis que los reportados (8-12 mg/dL) para vacas lecheras alimentadas con raciones balanceadas en proteína total de 16% y carbohidratos que posibilitan la captura del exceso de amoníaco ruminal (Kohn et al., 2002), evidenciando



que con raciones de alfalfa y alfalfa-dactilis, los niveles de MUN son altos, donde la energía es el nutriente limitante.

El nitrógeno ureico en sangre (BUN) es uno de los indicadores más importantes en la nutrición proteica de las vacas lecheras, puesto que refleja el nivel de producción de urea en el hígado, siendo bajo cuando la proteína en dieta es deficiente y alto cuando ocurre lo contrario (Fadel et al., 2014), siendo la sangre el sistema de transporte que comunica los sistemas de órganos (Russell et al., 1982), y por donde difunde la urea producida por el hígado (BUN) en los líquidos corporales, la glándula mamaria y la leche, secretándose en esta última como nitrógeno ureico en la leche (MUN), con niveles muy similares a los de BUN, por lo que una vaca con alto nivel de BUN puede tener también un alto nivel de MUN (Gustafsson & Palmquist, 1993).

El carácter invasivo del dosaje tradicional de BUN por la punción venosa (yugular o coxígea) para la obtención de muestras de sangre ha hecho de esta técnica una dificultad práctica en la evaluación rutinaria de la nutrición proteica de la vaca lechera; sin embargo, la alta correlación entre BUN y MUN en la concentración del nitrógeno ureico, han hecho de la leche un medio de diagnóstico para el monitoreo de la nutrición proteica de vacas lecheras (Hof et al., 1997), donde los valores altos de MUN están asociados al exceso de proteína en la dieta, o un déficit de carbohidratos degradables en rumen, mientras que los valores bajos indican lo contrario (Drudik et al., 2007).

La literatura reporta que MUN varía entre y dentro de razas de ganado lechero, con una media general de 14.0 mg/dL, con variaciones de 14.4, 13.2, 13.9 mg/dL para las vacas HF, J y HF×J (XBd), respectivamente (Beatson et al., 2019); así mismo, indica una variedad de rangos de MUN, tales como 10-14 mg/dL o 12-16 mg/dL. Para algunos, el rango 12-16 mg/dL es erróneo, por lo que plantean un rango de 8-12 mg/dL (Kohn et al.,



2002), el mismo que está asociado con 16% de proteína total en la ración. Hay un cambio de 2 mg/dL por el cambio de cada unidad porcentual de proteína total, cuando las raciones contienen de 15 a 18.5% de proteína total. Los hatos con un MUN superior a 12-14 mg/dL tienen mayor excreción de N en la orina (Hof et al., 1997).

A diferencia de las referencias que reportan un efecto de la sesión de ordeño de vacas con ordeño 2X o 3X sobre las concentraciones de MUN (Bondan et al., 2019), en el presente trabajo, la sesión de ordeño no tuvo efecto sobre las concentraciones de MUN de vacas con ordeño 2X, puesto que MUN fue similar tanto en el ordeño de la mañana como en el ordeño de la tarde.

Los estudios establecieron referentes de niveles normales de MUN en 12-16 mg/dL, donde los valores menores de 12 mg/dL indican deficiencia de proteína en la dieta, y los valores mayores de 16 mg/dL indican exceso de proteína, mientras que los valores superiores a 19 o 20 mg/dL están asociados con el deterioro del rendimiento reproductivo (Hammond, 1998).

La urea producida por el hígado ingresa en la sangre y se difunde fácilmente en los líquidos corporales y en casi todos los tejidos, incluido la glándula mamaria, por lo que MUN es uno de los componentes normales de la leche y constituye alrededor del 20 al 75 % del nitrógeno no proteico en la leche (Müller et al., 2021). El BUN está altamente correlacionado con el MUN, de manera que a una alta concentración de BUN le corresponde una alta concentración de MUN (Broderick & Clayton, 1997), y ambos están correlacionados con el estado proteico del animal (Kohn et al., 2002) y la excreción de N en la orina (Jonker et al., 1998), por lo que MUN se puede utilizar como una herramienta para monitorear la gestión de la alimentación y las emisiones de N en las operaciones lecheras. La concentración de MUN depende de varios factores, tales como el peso



corporal, la ingesta de agua, la producción de orina, el nivel de proteínas en la dieta y el tiempo, así como la frecuencia de la alimentación y el ordeño (Spek et al., 2013).

El rango objetivo de MUN para vacas Holstein es de 12 a 16 mg/dL; sin embargo, este rango fue generado con los cálculos hechos con el software de los laboratorios DHIA, que al parecer tuvo error de cálculo, por lo que el rango actual, con la corrección del error, sería de 8 a 12 mg/dL para la mayoría de los hatos lecheros (Kohn et al., 2002).

Un reporte sobre BUN y MUN en vacas lecheras de establos más representativos de Santa Rita de Sigüas Arequipa, alimentadas con forraje: concentrado (50:50, 60:40 y 80:20) encontró similares valores entre dietas y lactaciones, con un promedio de 13.6 mg/dL para BUN, pero las concentraciones de MUN se dispararon hasta 69.7 mg/dL para MUN, sin evidenciar relación entre BUN y MUN (Béjar, 2014). Los referidos valores son discrepantes a otros reportes que evidenciaron una alta correlación entre BUN y MUN (Broderick & Clayton, 1997; (Kauffman & St-Pierre, 2001).

La alfalfa asociada con dactilis puede considerarse como una dieta sincrona que posibilita disminuir la concentración de MUN en la vaca lechera, con una mejor utilización del nitrógeno de la proteína. El alto contenido (15%) de azúcares totales de alta solubilidad del dactilis hace que su presencia en la asociación forrajera contribuya con la energía necesaria para una mejor utilización del nitrógeno de la alfalfa (Malysheva et al., 2023). Además, su alto contenido de lévanos, conformados por unidades de fructosa como carbohidratos de reserva, presentes en los tallos y las vainas de las hojas (Öner et al., 2016), constituye una fuente de energía importante para los microorganismos del rumen que mejora la fermentación ruminal (Hall & Weimer, 2016), con una mayor eficiencia en el ganado vacuno que en el ovino, posibilitando un mejor uso del nitrógeno de la dieta (Weinert-Nelson et al., 2023).

4.3. EXCRECIÓN DE NITRÓGENO EN LA ORINA

El peso vivo fue similar entre ambos grupos de vacas, con un promedio de 528.4 ± 58.9 kg para las vacas alimentadas con alfalfa y 555.0 ± 49.5 kg para las alimentadas con alfalfa-dactilis, mientras que la concentración de MUN fue diferente, 26.4 ± 4.2 mg/dL y 22.2 ± 2.8 mg/dL, respectivamente.

A partir de la información previa y el modelo de predicción utilizado, la excreción del nitrógeno en la orina fue diferente ($p < 0.05$) entre las vacas consumiendo los cultivares, con un promedio de 363.9 ± 76.0 g/día para las vacas alimentadas con alfalfa y 318.5 ± 50.6 g/día para las alimentadas con alfalfa-dactilis, con un evidente efecto del tipo de cultivar en la excreción de NU.

Tabla 5

Nitrógeno en la orina (NU, g/día) de vacas alimentadas con alfalfa y alfalfa-dactilis, estimado a partir del nitrógeno ureico en la leche (MUN)

Variables	Alfalfa	Alfalfa-dactilis	p-valor
Peso de las vacas, kg	528.4 ± 58.9	555.0 ± 49.5	0.1910
IMS, kg/día	14.21 ± 1.31	16.77 ± 1.10	<.0001
PC, g/100 g MS	24.2 ± 3.1	20.3 ± 4.0	<.0001
NU, g/día (N total)	363.9 ± 76.0	318.5 ± 50.6	0.0319

NU: nitrógeno en la orina (N total).

La orina es la principal vía de excreción del exceso de N en el organismo de la vaca lechera, cuya cantidad puede variar de 6.8 a 21.6 g/L, la mayor parte de este N (entre 50% y más del 90%) se encuentra en forma de urea, cuya excreción disminuye cuando se reduce la ingesta de nitrógeno o se incrementa la ingesta de energía; el restante incluye los derivados de purina, relacionada con la síntesis de proteínas microbianas del rumen, ácido hipúrico, relacionado con la concentración dietética de ácidos fenólicos



degradables, creatina y creatinina (Dijkstra et al., 2013). Una simple micción de una vaquilla contiene 4.4 (0.9-13.2) g Nkg⁻¹, formado por nitrógeno ureico (UUN, 69%), alantoína (7.3%), ácido hipúrico (5.8%), creatinina (3.7%), creatina (2.5%), ácido úrico (1.3%), xantina más hipoxantina (0.5%), N de aminoácidos libres (1.3%) y N de amoníaco (2.8%) (Hoogendoorn et al., 2010).

Las vacas lecheras tienen dos vías principales fuentes que generan N-NH₃ en su organismo. La primera corresponde al exceso de N-NH₃ absorbido en el rumen, como consecuencia del ineficiente uso microbiano; la segunda, al N-NH₃ que desprende la desaminación de los aminoácidos absorbidos, para su uso como fuentes de energía (Tan & Murphy, 2004). Ambas fuentes de N-NH₃ son convertidas en urea por el hígado, siendo la urea el producto circulante en la sangre como BUN, que en vacas lecheras se excreta por tres vías: 1) el reciclaje de urea por saliva y rumen, las mismas que retornan N al organismo para su reutilización; 2) la excreción de urea por la leche, lo que se denomina el nitrógeno ureico en la leche (MUN), que en vacas lecheras representa menos del 1% de la urea circulante en la sangre, pero altamente correlacionada al contenido de proteína de la ración (Maskal'ová et al., 2022); y 3) la excreción de urea por los riñones, lo que se denomina nitrógeno ureico en la orina (UUN), siendo esta la principal vía de excreción del exceso de nitrógeno del metabolismo (Schrade et al., 2023). La magnitud de la producción de urea en el hígado depende del consumo de proteína en la dieta, mientras que el egreso renal como UUN es proporcional a las concentraciones de BUN, MUN y el contenido de PC en la dieta (Burgos et al., 2007), muy inestable en la orina y, por lo general, representa alrededor del 77 % del nitrógeno total en la orina de una vaca lechera en período de lactancia (Bougouin et al., 2022).

Las dietas deficientes en N, por ausencia de concentrados ricos en proteínas, se manifiestan con bajo consumo de materia seca, baja producción de leche, y pérdidas



mínimas de N en heces y orina (Ferreira et al., 2023); mientras que las dietas bien balanceadas, tienen pérdidas de N, cuantitativamente importantes, siendo mayor cuando la ingesta excede los requerimientos. Los sistemas lecheros daneses evidenciaron el flujo anual de N en vacas lecheras, donde una vaca que produce anualmente 6250 kg de leche, consume 175 kg de N en la dieta, incorpora 33 kg en la leche y 4 kg en los tejidos, y excreta 55 kg en heces y 88 kg en orina (Tamminga, 1992), evidenciando que solo el 21% del N ingerido en la dieta se incorpora en la leche y los tejidos, excretándose el restante 79% (29% en heces y 50% en orina), siendo la orina la mayor vía de excreción.

Las heces y la orina son las vías principales de excreción del N en los rumiantes, siendo la excreción fecal relativamente constante, mientras que la excreción en la orina es directamente proporcional a los niveles de MUN; por lo que MUN se constituye en un predictor útil para el monitoreo de la excreción de N en las vacas lecheras (Jonker et al., 1998).

El exceso de N excretado por los animales es un gran problema aun cuando estas excretas son utilizadas en el campo ya que más de un tercio del N aplicado en forma de estiércol se pierde en forma de NH_3 , HNO_3 y N_2O entonces estos causan acidificación, eutrofización y muchos cambios en el medio ambiente que van aumentando cada vez más y más, por tanto surge la idea necesaria de hacer una optimización reductora del uso de N en la nutrición y también por supuesto en el uso de fertilizantes (Lautrou et al., 2022).

El estudio no consideró las pérdidas de nitrógeno en heces; sin embargo, los estudios realizados por métodos de balance de masa de nitrógeno, estimaron para las vacas lecheras y ganado de engorde, pérdidas diarias de nitrógeno amoniacal (N-NH_3) que varía entre el 25 y el 50% del nitrógeno excretado en el estiércol; así mismo, el ganado alimentado con dietas típicas de engorde excreta más N en la orina (40–70%) que en las



heces (30–50%) (Hristov et al., 2011), las mismas que representan ineficiencia de uso del N, y que aumentan en una relación directa con el consumo de N en la dieta, formando parte de la contaminación del aire, agua y suelo (Dijkstra et al., 2013).

Las excretas del ganado contribuyen a las emisiones de amoníaco (NH_3) y óxido nitroso (N_2O) que contaminan el aire atmosférico, y la lixiviación de nitratos (NO_3) en el suelo que contaminan las aguas subterráneas; sin embargo, las mediciones a gran escala de las emisiones de nitrógeno en las excretas del ganado de las granjas lecheras, o la medición de UUN es una tarea laboriosa, costosa y poco práctica, por lo que MUN se considera como un buen predictor de la excreción de UUN de las vacas lecheras (Ciszuk & Gebregziabher, 1994), y el uso de modelos de predicción se constituye en una herramienta útil para las estimaciones de las excreciones de N en orina y heces (Bougouin et al., 2022), por lo que las estimaciones realizadas de NU en este trabajo pueden considerarse de utilidad, aunque pueden variar por efecto del consumo de agua, la producción de orina, el nivel de proteína en la dieta, el peso corporal y el tiempo y la frecuencia de la alimentación y el ordeño (Spek et al., 2013).

La alfalfa en monocultivo, como se evidenció, tiene exceso de nitrógeno y limitada disponibilidad de energía, por lo que las bacterias del rumen no pueden capturar el nitrógeno amoniacal (N-NH_3) que genera la fermentación de la proteína, ni convertirlo en proteína microbiana, absorbiéndose el exceso a través del rumen (Tan & Murphy, 2004): La alfalfa asociada con dactilis en cambio, por la presencia del dactilis, contribuye con un alto contenido de azúcares totales de alta solubilidad (15%), como fuente de energía para la fermentación microbiana en el rumen, mejorando la utilización del N de la alfalfa (Malysheva et al., 2023), disminuyendo la concentración de MUN y la excreción de UUN en la orina, con lo que mejora la eficiencia de uso del N (Weinert-Nelson et al., 2023).



El exceso de amoníaco circulante en la sangre puede ser tóxico, por lo que el hígado lo convierte en urea, a fin de prevenir la toxicidad. La urea formada en el hígado ingresa a la circulación sanguínea y se difunde a los líquidos corporales, formando BUN y MUN, luego se excreta a través de la orina y la leche. Ambos niveles de BUN y MUN están altamente correlacionados, siendo los valores de MUN representativos de los niveles de BUN, por lo que MUN es un indicador clave para el monitoreo de la nutrición proteica de las vacas y la excreción de N al medio ambiente (Dijkstra et al., 2007).

Los estudios indican que la dieta tiene efectos sobre la composición de la orina de las vacas y las emisiones de N_2O . Los altos niveles de minerales en la dieta aumentan el volumen de orina que conduce a una menor concentración de nitrógeno en la orina, así como a una menor concentración de urea en el plasma y la leche. En el ganado lechero en lactación, la variación en el volumen de orina afecta la relación entre la urea en la leche y la excreción urinaria de nitrógeno, lo que dificulta el uso de la urea en la leche como un indicador preciso de la excreción urinaria de nitrógeno (Dijkstra et al., 2013).

La medición de UN, más que UUN, es quizá la más preferida para la evaluación de las pérdidas urinarias de nitrógeno; sin embargo, su determinación es un procedimiento poco frecuente en los entornos clínicos, puesto que requiere del método Kjeldahl o la Quimioluminiscencia, cuyas posibilidades logísticas limitadas debidas a las restricciones del uso de reactivos controlados dificultan su uso (Spek et al., 2013a), por lo que la medición de UUN es un buen referente para el monitoreo de la nutrición proteica de la vaca lechera.

La descomposición de la urea en el suelo contribuye con las emisiones de N que volatiliza como amoníaco (NH_3), óxido nitroso (N_2O), y dinitrógeno (N_2) al aire atmosférico, lixivia nitrato (NO_3) a las aguas subterráneas y partículas de N a las aguas



superficiales (Aguirre-Villegas & Larson, 2017), por lo que la reducción de la excreción de nitrógeno (N) en las operaciones lecheras se ha convertido en un área importante de interés a fin de reducir su efecto ambiental (Wattiaux et al., 2019).

El amoníaco (NH_3) es el principal gas que desprende de la descomposición de las excretas animales, en una relación directa con la evaporación del agua, siendo el estiércol líquido el que evapora 4 veces más NH_3 que el estiércol sólido. El NH_3 contamina el aire y daña la salud del ganado en los establos, incluso a bajas concentraciones (10 mg m^{-3}), con efecto irritante sobre las membranas mucosas del tracto respiratorio y los ojos, por lo que se debe reducir si la concentración supera 20 mg m^{-3} (Bleizgys & Naujokienė, 2023).

El óxido nitroso (N_2O) es el gas de efecto invernadero que desprende la fermentación del nitrógeno ureico de las excretas animales en el suelo, donde los parches de orina del ganado rumiante en pastoreo son las mayores fuentes de emisión (Chadwick et al., 2018), y los microorganismos del suelo, a través de procesos de nitrificación y desnitrificación del ciclo del N, transforman la urea en óxido nitroso (Thers et al., 2020; Xu et al., 2020); y como tal, es un gas que contamina el atmósfera, cuya concentración el año 2021 alcanzó 334.5 ppb, con un incremento de 124% con relación a los niveles preindustriales, antes de que las actividades humanas comenzaran a alterar el equilibrio natural de estos gases en la atmósfera (WMO, 2022), contribuyendo al calentamiento global, con una vida media de ~ 120 años y un potencial radiativo de 300 en un horizonte de 100 años, además de contribuir con el agotamiento del O_3 de la estratósfera (Griffis et al., 2017).

La excreción de nitrógeno en la orina varía tremendamente a la excreción de nitrógeno en las heces, por lo que se puede manipular las dietas para reducir la excreción urinaria de nitrógeno. La reducción del contenido de nitrógeno en la dieta y una mejor



adecuación entre el nitrógeno en la dieta y la disponibilidad de energía son factibles para mitigar las pérdidas urinarias de nitrógeno, por lo que la reducción de la producción de nitrógeno en la orina del ganado es fundamental para reducir las emisiones de N_2O y lograr una producción ambientalmente sostenible (Dijkstra et al., 2013).

El tipo de suelo y el régimen hídrico de los suelos son los otros factores con efecto en las emisiones de N_2O . Los suelos del altiplano están formados por carbonato de calcio ($CaCO_3$) procedente de la descomposición de la roca madre formada por piedra caliza, con una humedad asociada a la época de lluvias, siendo esta la de mayores emisiones de N_2O que la época seca y fría (Bahram et al., 2022), dado que las emisiones de óxido nitroso son impulsadas por la interacción entre la humedad y la temperatura del suelo (Brickman et al., 2024).

La alfalfa es una planta muy importante en la alimentación de vacas lecheras, el desarrollo ganadero la prosperidad económica y el bienestar social de la población del altiplano de los Andes de Perú; sin embargo, en monocultivo, tiene un alto contenido de N que supera las demandas nutricionales de las vacas, elevando los niveles de MUN, aumentando la excreción de N en la orina que contamina el medio ambiente con óxido nitroso (N_2O), un poderoso gas de efecto invernadero de larga duración, que está acumulándose en el aire atmosférico, con una tasa de $1,3 \text{ ppb año}^{-1}$, habiendo incrementado desde 270 ppb en el año 1750, hasta 336 ppb en el 2022 (Tian et al., 2024).

Estos resultados son concordantes con trabajos donde la asociación raigrás-trébol rojo constituye en una estrategia de alimentación para reducir la excreción de N y lograr una mayor eficiencia en el uso de N para sistemas lecheros a pequeña escala (Celis-Alvarez et al., 2021).

V. CONCLUSIONES

- PRIMERA:** El nitrógeno total (NT) varía según el cultivar y el estado fenológico de la planta, cuya materia seca contiene en promedio de $3.87 \pm 0.50\%$ en alfalfa y $3.25 \pm 0.64\%$ en alfalfa-dactilis, equivalentes a 24.2 ± 3.1 y $20.3 \pm 4.0\%$ de proteína total, respectivamente; con una producción de proteína total de 0.99 ± 0.31 t/ha para alfalfa y 0.77 ± 0.32 t/ha para alfalfa-dactilis, por corte, respectivamente; con 4.95 ± 1.57 t/ha para alfalfa, y 3.84 ± 1.59 t/ha para alfalfa-dactilis, por campaña de 5 ciclos, respectivamente.
- SEGUNDA:** El contenido de nitrógeno ureico en la leche (MUN) de las vacas lecheras varía según el tipo de cultivar consumido, con valores de 26.53 ± 3.64 mg/dL para alfalfa, y 22.37 ± 2.71 mg/dL para alfalfa-dactilis, los mismos que son 1.9 y 1.6 veces más altos que los niveles recomendados en vacas lecheras, respectivamente.
- TERCERA:** El nitrógeno de la orina (NU) de las vacas lecheras varía según el tipo de cultivar consumido, con valores de 363.9 ± 76.0 g/día para alfalfa, y 318.5 ± 50.6 g/día para alfalfa-dactilis, los mismos que son contaminantes potenciales para las emisiones de amoníaco, óxido nitroso y nitratos.
- CUARTA:** A nivel general se concluye que la alfalfa en monocultivo contiene mayores niveles de nitrógeno total que la alfalfa asociada con dactilis, genera mayores niveles de MUN en vacas lecheras y una mayor excreción de nitrógeno en la orina, que puede afectar la reproducción de las vacas lecheras y la salud del medio ambiente.



VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Investigar el efecto del nitrógeno de la alfalfa dormante W350 en el desempeño productivo de las vacas lecheras.
- SEGUNDA:** Investigar el efecto del nitrógeno de la alfalfa dormante W350 en el desempeño reproductivo de las vacas lecheras.
- TERCERA:** Investigar el efecto del nitrógeno de la alfalfa dormante W350 en las emisiones de amoníaco, óxido nitroso y nitratos.
- CUARTA:** Alimentar vacas lecheras con alfalfa asociada con dactilis a fin de optimizar el uso del nitrógeno por los animales.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abascal, E., Gómez-Coma, L., Ortiz, I., & Ortiz, A. (2022). Global diagnosis of nitrate pollution in groundwater and review of removal technologies. *Science of the Total Environment*, 810, 152233. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152233>
- Abdalla, M., Smith, P., & Williams, M. (2011). Emissions of nitrous oxide from agriculture: Responses to management and climate change. In *ACS Symposium Series* (Vol. 1072, pp. 343–370). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2011-1072.ch018>
- Aguirre-Villegas, H. A., & Larson, R. A. (2017). Evaluating greenhouse gas emissions from dairy manure management practices using survey data and lifecycle tools. *Journal of Cleaner Production*, 143, 169–179. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.133>
- Argote, G., Halanoca, M., & Cabrera, P. (2004). Comparativo y adaptación de variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) en el altiplano de Puno. In *Artículos preliminares*. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/598>
- Aruquipa, L. (2022). Productores reciben picadoras, semillas de alfalfa, vicia, avena e insumos para preparación de alimento balanceado. *Gobierno Regional Puno*. <https://www.gob.pe/institucion/regionpuno/noticias/635803-productores-reciben-picadoras-semillas-de-alfalfa-vicia-avena-e-insumos-para-preparacion-de-alimento-balanceado>
- Bach, A., Calsamiglia, S., & Stern, M. D. (2005). Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 88(E. Suppl.), E9–E21. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73133-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7)
- Bahram, M., Espenberg, M., Pärn, J., Lehtovirta-Morley, L., Anslan, S., Kasak, K., Kõljalg, U., Liira, J., Maddison, M., Moora, M., Niinemets, Ü., Öpik, M., Pärtel, M., Soosaar, K., Zobel, M., Hildebrand, F., Tedersoo, L., & Mander, Ü. (2022). Structure and function of the soil microbiome underlying N₂O emissions from global wetlands. *Nature Communications*, 13(1), 1430. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29161-3>



- Bargo, F., Muller, L. D., Delahoy, J. E., & Cassidy, T. W. (2002). Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, 85(11), 2948–2963. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74381-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74381-6)
- Beatson, P. R., Meier, S., Cullen, N. G., & Eding, H. (2019). Genetic variation in milk urea nitrogen concentration of dairy cattle and its implications for reducing urinary nitrogen excretion. *Animal*, 13(10), 2164–2171. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000235>
- Béjar, I. E. (2014). *Evaluación de proteínas séricas totales y urea en sangre y leche de vacas alimentadas con raciones de diferente relación forraje-concentrado en Santa Rita de Siguanas-Arequipa 2013* [Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/4377/68.0715.VZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Benavente, S. (2014). *Evaluación de parámetros reproductivos de vacas Holstein de las secciones A, B, C, D, E, del distrito de Majes, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa 2012*. Universidad Católica de Santa María.
- Bhatnagar, A., & Sillanpää, M. (2011). A review of emerging adsorbents for nitrate removal from water. *Chemical Engineering Journal*, 168(2), 493–504. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.01.103>
- Bleizgys, R., & Naujokienė, V. (2023). Ammonia emissions from cattle manure under variable moisture exchange between the manure and the environment. *Agronomy*, 13(6), 1555. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061555>
- Bondan, C., Folchini, J. A., Noro, M., Martini, K., Muhls, E., & Diaz, F. H. (2019). Variation of cow's milk composition across different daily milking sessions and feasibility of using a composite sampling. *Ciência Rural*, 49(6), e20181004. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20181004>
- Bougouin, A., Hristov, A., Dijkstra, J., Aguerre, M. J., Ahvenjärvi, S., Arndt, C., Bannink, A., Bayat, A. R., Benchaar, C., Boland, T., Brown, W. E., Crompton, L. A., Dehareng, F., Dufrasne, I., Eugène, M., Froidmont, E., van Gastelen, S., Garnsworthy, P. C., Halmemies-Beauchet-Filleau, A., ... Kebreab, E. (2022).



- Prediction of nitrogen excretion from data on dairy cows fed a wide range of diets compiled in an intercontinental database: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 105(9), 7462–7481. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20885>
- Brickman, S., Darby, H., Ruhl, L., & Adair, E. C. (2024). Nitrous oxide emissions are driven by environmental conditions rather than nitrogen application methods in a perennial hayfield. *Journal of Environmental Quality*, 53(2), 133–146. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20536>
- Broderick, G. A., & Clayton, M. K. (1997). A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science*, 80(11), 2964–2971. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76262-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76262-3)
- Buckland, S. T., Borchers, D. L., Johnston, A., Henrys, P. A., & Marques, T. A. (2007). Line transect methods for plant surveys. *Biometrics*, 63(4), 989–998. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2007.00798.x>
- Burgos, S. A., Fadel, J. G., & DePeters, E. J. (2007). Prediction of ammonia emission from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen: Relation of milk urea nitrogen to urine urea nitrogen excretion. *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5499–5508. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0299>
- Caritas. (2015). Alfalfa Alto andina-W350. In *Agrobanco*.
- Castillo, A. R., Kebreab, E., Beever, D. E., Barbi, J. H., Sutton, J. D., Kirby, H. C., & France, J. (2001). The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. *J. Anim. Sci*, 79, 247–253. <https://doi.org/10.2527/2001.791247x>
- Castillo, A. R., Kebreab, E., Beever, D. E., & France, J. (2000). A review of efficiency of nitrogen utilisation in lactating dairy cows and its relationship with environmental pollution. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 9(1), 1–32. <https://doi.org/10.22358/jafs/68025/2000>
- Celis-Alvarez, M. D., Arriaga-Jordán, C. M., González-Ronquillo, M., Sainz-Ramírez, A., Flores-Calvete, G., & López-Gonzalez, F. (2021). Milk production and nitrogen excretion by dairy cows in late lactation fed cut pastures of different



- ryegrass-clover species in small-scale dairy systems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(86), 1–10.
<https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3490/1641>
- Chadwick, D. R., Cardenas, L. M., Dhanoa, M. S., Donovan, N., Misselbrook, T., Williams, J. R., Thorman, R. E., McGeough, K. L., Watson, C. J., Bell, M., Anthony, S. G., & Rees, R. M. (2018). The contribution of cattle urine and dung to nitrous oxide emissions: Quantification of country specific emission factors and implications for national inventories. *Science of the Total Environment*, 635, 607–617. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.152>
- Chen, J., Kang, B., Jiang, Q., Han, M., Zhao, Y., Long, L., Fu, C., & Yao, K. (2018). Alpha-ketoglutarate in low-protein diets for growing pigs: Effects on cecal microbial communities and parameters of microbial metabolism. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1057. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01057>
- Ciszek, P., & Gebregziabher, T. (1994). Milk urea as an estimate of urine nitrogen of dairy cows and goats. *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences*, 44(2), 87–95. <https://doi.org/10.1080/09064709409410187>
- Cupic, T., Grljusic, S., Popovic, S., Stjepanovic, M., & Tucak, M. (2001). Protein and fiber contents in alfalfa leaves and stems. In *CIHEAM* (Vol. 45, pp. 215–218). <https://www.researchgate.net/publication/237218048>
- de Klein, C. A., Pinares-Patiño, C., & Waghorn, G. (2009). Greenhouse Gas Emissions. In R. W. McDowell (Ed.), *Environmental Impacts of Pasture-Based Farming* (pp. 1–32). AgResearch.
- Dijkstra, J., Bannink, A., & Kebreab, E. (2007). Nutritional control to reduce environmental impacts of intensive dairy cattle systems. *China Agricultural University Press The VII International Symposium on the Nutrition of Herbivores*, 2007-09-17/2007-09-22, 1–27.
<https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/361280>
- Dijkstra, J., Oenema, O., van Groenigen, J. W., Spek, J. W., van Vuuren, A. M., & Bannink, A. (2013). Diet effects on urine composition of cattle and N₂O



- emissions. *Animal*, 7(Supp 2), 292–302. <https://doi.org/10.1017/S1751731113000578>
- Djaman, K., Owen, C., Koudahe, K., & O’Neill, M. (2020). Evaluation of different fall dormancy-rating alfalfa cultivars for forage yield in a semiarid environment. *Agronomy*, 10(1), 146. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010146>
- Djaman, K., Smeal, D., Koudahe, K., & Allen, S. (2020). Hay yield and water use efficiency of alfalfa under different irrigation and fungicide regimes in a semiarid climate. *Water*, 12, 1721. <https://doi.org/10.3390/w12061721>
- Donnelly, D. M., Dórea, J. R. R., Yang, H., & Combs, D. K. (2018). Technical note: Comparison of dry matter measurements from handheld near-infrared units with oven drying at 60°C for 48 hours and other on-farm methods. *Journal of Dairy Science*, 101(11), 9971–9977. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14027>
- Drudik, D., Manager, D., & Dhia, A. (2007). Milk urea nitrogen testing. In *University of Nebraska Lincoln* (G1661). <https://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1661.pdf>
- Ellis, J. L., Qiao, F., & Cant, J. P. (2006). Evaluation of net energy expenditures of dairy cows according to body weight changes over a full lactation. *Journal of Dairy Science*, 89(5), 1546–1557. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72222-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72222-6)
- EPA. (2024). *National Primary Drinking Water Regulations*. <https://epa.gov/dwreginfo/surface-water-treatment-rules>
- Fadel, A. M. A., Mohammed, N. A., & Atta, B. A. (2014). Milk urea nitrogen as a monitoring tool for assessing protein nutritional status of lactating dairy cows in Khartoum North, Sudan. *International Journal of Development and Sustainability*, 3(4), 917–922. <https://isdsnet.com/ijds-v3n4-21.pdf>
- Ferguson, J. D., Galligan, D. T., Blanchard, T., & Reeves, M. (1993). Serum urea nitrogen and conception rate: The usefulness of test information. *Journal of Dairy Science*, 76(12), 3742–3746. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77716-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77716-4)



- Ferreira, M., Delagarde, R., & Edouard, N. (2023). Nitrogen balance in dairy cows fed low-nitrogen diets based on various proportions of fresh grass and maize silage. *Animal*, *17*, 100976. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100976>
- Fradette, K., Keselman, H. J., Lix, L., Algina, J., & Wilcox, R. R. (2003). Conventional and robust paired and independent-samples t tests: Type I error and power rates. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, *2*(2), 481–496. <https://doi.org/10.22237/jmasm/1067646120>
- Gaier, L., Poetsch, E. M., Graiss, W., Klingler, A., Herndl, M., & Krautzer, B. (2024). The Effect of drought on agronomic and plant physiological characteristics of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) cultivars. *Agriculture (Switzerland)*, *14*(7), 1116. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071116>
- Gaines, W. L. (1927). The Energy basis of measuring milk yields. *Journal of Animal Science*, *1927*(1), 33–36. <https://doi.org/10.2527/jas1927.1927133x>
- Gallego, J. J. (2015). Alfalfa: la forrajera perenne por excelencia. *Inta*, *11*.
- Getachew, G., Depeters, E. J., Pittroff, W., Putnam, D. H., & Dandekar, A. M. (2006). Review: Does protein in alfalfa need protection from rumen microbes? *Professional Animal Scientist*, *22*(5), 364–373. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31129-3](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31129-3)
- Golding, K. P., Wilson, E. D., Kemp, P. D., Pain, S. J., Kenyon, P. R., Morris, S. T., & Hutton, P. G. (2011). Mixed herb and legume pasture improves the growth of lambs post-weaning. *Animal Production Science*, *51*(8), 717–723. <https://doi.org/10.1071/AN11027>
- Gong, Y., Chen, X., & Wu, W. (2024). Application of fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy in sample preparation: Material characterization and mechanism investigation. *Advances in Sample Preparation*, *11*, 100122. <https://doi.org/10.1016/j.sampre.2024.100122>
- Griffis, T. J., Chen, Z., Baker, J. M., Wood, J. D., Millet, D. B., Lee, X., Venterea, R. T., & Turner, P. A. (2017). Nitrous oxide emissions are enhanced in a warmer and wetter world. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United*



States of America, 114(45), 12081–12085.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1704552114>

- Grings, E. E., Roffler, R. E., & Deitelhoff, D. P. (1991). Response of dairy cows in early lactation to additions of cottonseed meal in alfalfa-based diets. *Journal of Dairy Science*, 74(8), 2580–2587. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78436-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78436-1)
- Gustafsson, A. H., & Palmquist, D. L. (1993). Diurnal variation of rumen ammonia, serum urea, and milk urea in dairy cows at high and low yields. *Journal of Dairy Science*, 76(2), 475–484. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77368-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77368-3)
- Hadidi, M., Orellana, J. C., McClements, D. J., Mahfouzi, M., & Moreno, A. (2023). Alfalfa as a sustainable source of plant-based food proteins Author links open overlay panel. *Trends in Food Science & Technology*, 135, 202–214.
- Haliburton, J. C., & Morgan, S. E. (1989). Nonprotein nitrogen-induced ammonia toxicosis and ammoniated feed toxicity syndrome. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 5(2), 237–249. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30974-9](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30974-9)
- Hall, M. B., & Weimer, P. J. (2016). Divergent utilization patterns of grass fructan, inulin, and other nonfiber carbohydrates by ruminal microbes. *Journal of Dairy Science*, 99(1), 245–257. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10417>
- Hammond, A. C. (1998). Use of BUN and MUN as guides for protein and energy supplementation in cattle. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 2(2), 44–48.
- Hanigan, M. D., Souza, V. C., Martineau, R., Daley, V. L., & Kononoff, P. (2021). Predicting ruminally undegraded and microbial protein flows from the rumen. *Journal of Dairy Science*, 104(8), 8685–8707. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19672>
- Harikrishnan, V. S., Hansen, A. K., Abelson, K. S. P., & Sørensen, D. B. (2018). A comparison of various methods of blood sampling in mice and rats: Effects on animal welfare. *Laboratory Animals*, 52(3), 253–264. <https://doi.org/10.1177/0023677217741332>



- Hayes, M. (2020). Measuring protein content in food: An overview of methods. *Foods*, 9(10), 1340. <https://doi.org/10.3390/foods9101340>
- Hof, G., Vervoorn, M. D., Lenaers, P. J., & Tamminga, S. (1997). Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80(12), 3333–3340. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76309-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76309-4)
- Hoogendoorn, C. J., Betteridge, K., Costall, D. A., & Ledgard, S. F. (2010). Nitrogen concentration in the urine of cattle, sheep and deer grazing a common ryegrass/cocksfoot/white clover pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 53(3), 235–243. <https://doi.org/10.1080/00288233.2010.499899>
- Hristov, A. N., Hanigan, M., Cole, A., Todd, R., McAllister, T. A., Ndegwa, P. M., & Rotz, A. (2011). Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Canadian Journal of Animal Science*, 91(1), 1–35. <https://doi.org/10.4141/CJAS10034>
- Hristov, A. N., Ropp, J. K., Grandeem, K. L., Abedi, S., Etter, R. P., Melgar, A., & Foley, A. E. (2005). Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci*, 83, 408–421. <https://doi.org/10.2527/2005.832408x>
- Hristov, A. N., & Sandev, S. G. (1998). Proteolysis and rumen degradability of protein in alfalfa preserved as silage, wilted silage or hay. *Animal Feed Science Technology*, 72, 175–181. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00177-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00177-6)
- Hu, Y., Kang, S., Ding, R., & Zhao, Q. (2021). A crude protein and fiber model of alfalfa incorporating growth age under water and salt stress. *Agricultural Water Management*, 255, 107037. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107037>
- Jahnel, R. E., Blunk, I., Wittenburg, D., & Reinsch, N. (2023). Relationship between milk urea content and important milk traits in Holstein cattle. *Animal*, 17(5), 100767. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100767>
- Japan Meteorological Agency. (2023). *Nitrous oxide (N₂O)*. News Releases. https://www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/n2o_e.html
- Jonker, J. S., Kohn, R. A., & Erdman, R. A. (1998). Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *Journal of*



Dairy Science, 81(10), 2681–2692. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75825-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75825-4)

Jordan, E. R., & Swanson, L. V. (1979). Serum progesterone and luteinizing hormone in dairy cattle fed varying levels of crude protein. *J Anim Sci*, 48(5), 1154–1158. <https://doi.org/10.2527/jas1979.4851154x>

Kauffman, A. J., & St-Pierre, N. R. (2001). The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in holstein and jersey cows. *Journal of Dairy Science*, 84(10), 2284–2294. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74675-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74675-9)

Knowles, T. C., & Winans, S. S. (1997). Overview of alfalfa production and market trends in La Paz county. *Forage and Grain: A College of Agriculture Report*, 6.

Kohn, R. A., Kalscheur, K. F., & Russek-Cohen, E. (2002). Evaluation of models to estimate urinary nitrogen and expected milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science*, 85(1), 227–233. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74071-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74071-X)

Kolver, E., Muller, L. D., Varga, G. A., & Cassidy, T. J. (1998). Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 81(7), 2017–2028. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75776-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75776-5)

Kolver, E. S., & Muller, L. D. (1998). Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, 81(5), 1403–1411. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75704-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75704-2)

Kosmowski, F., Chamberlin, J., Ayalew, H., Sida, T., Abay, K., & Craufurd, P. (2021). How accurate are yield estimates from crop cuts? Evidence from smallholder maize farms in Ethiopia. *Food Policy*, 102, 102122. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102122>

Krul, E. S. (2019). Calculation of nitrogen-to-protein conversion factors: A review with a focus on soy protein. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(4), 339–364. <https://doi.org/10.1002/aocs.12196>



- Kumar, L. (2013). A study of nitrate contamination in ground water of Delhi, India. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 10(2), 91–94. <https://journals.sagepub.com>
- Lane, A. G., & Campbell, J. R. (1966). Blood urea nitrogen in Guernsey cattle. *Journal of Dairy Science*, 49(2), 193–194. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(66\)87824-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(66)87824-4)
- Latif, A., Sun, Y., & Noman, A. (2023). Herbaceous Alfalfa plant as a multipurpose crop and predominant forage specie in Pakistan. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1126151>
- Lautrou, M., Cappelaere, L., & Létourneau Montminy, M.-P. (2022). Phosphorus and nitrogen nutrition in swine production. *Animal Frontiers*, 12(6), 23–29. <https://doi.org/10.1093/af/vfac068>
- López-Aizpún, M., Horrocks, C. A., Charteris, A. F., Marsden, K. A., Ciganda, V. S., Evans, J. R., Chadwick, D. R., & Cárdenas, L. M. (2020). Meta-analysis of global livestock urine-derived nitrous oxide emissions from agricultural soils. *Global Change Biology*, 26(4), 2002–2013. <https://doi.org/10.1111/gcb.15012>
- Lorenzo, C. D., García-Gagliardi, P., Antonietti, M. S., Sánchez-Lamas, M., Mancini, E., Dezar, C. A., Vazquez, M., Watson, G., Yanovsky, M. J., & Cerdán, P. D. (2020). Improvement of alfalfa forage quality and management through the down-regulation of MsFTa1. *Plant Biotechnology Journal*, 18(4), 944–954. <https://doi.org/10.1111/pbi.13258>
- Luo, J., de Klein, C. A. M., Ledgard, S. F., & Saggar, S. (2010). Management options to reduce nitrous oxide emissions from intensively grazed pastures: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 136(3–4), 282–291. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.12.003>
- Malysheva, N. Y., Shelenga, T. V., Solovyeva, A. E., Nagiev, T. B., Kovaleva, N. V., & Malyshev, L. L. (2023). Metabolomic approach to investigate *Dactylis glomerata* L. from the VIR collection. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii*, 27(2), 111–118. <https://doi.org/10.18699/VJGB-23-16>



- Marshall, C. J., Beck, M. R., Garrett, K., Barrell, G. K., Al-Marashdeh, O., & Gregorini, P. (2022). Urine and fecal excretion patterns of dairy cows divergent for milk urea nitrogen breeding values consuming either a plantain or ryegrass diet. *Journal of Dairy Science*, *105*(5), 4218–4236. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21490>
- Maskařová, I., Vajda, V., & Timkovičová, P. (2022). Evaluation of urine nitrogen excretion as the measure of the environmental load and the efficiency of nitrogen utilization. *Folia Veterinaria*, *66*(4), 40–48. <https://doi.org/10.2478/fv-2022-0036>
- Mendis, M. H., Power, J. B., & Davey, M. R. (1991). Somatic hybrids of the forage legumes *Medicago sativa* L. and *M. falcata* L. *Journal of Experimental Botany*, *42*(245), 1565–1574. <https://doi.org/10.1093/jxb/42.12.1565>
- Ministerio del Ambiente. (2019). Línea de base de la alfalfa con fines de bioseguridad en el Perú. In *Minan*.
- Mishra, P., Pandey, C. M., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, *22*(1), 67–72. https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18
- Moharrery, A. (2004). Investigation of different levels of RDP in the rations of lactating cows and their effects on MUN, BUN and urinary N excretion. *Italian Journal of Animal Science*, *3*(2), 157–165. <https://doi.org/10.4081/ijas.2004.157>
- Müller, C. B. M., Görs, S., Derno, M., Tuchscherer, A., Wimmers, K., Zeyner, A., & Kuhla, B. (2021). Differences between Holstein dairy cows in renal clearance rate of urea affect milk urea concentration and the relationship between milk urea and urinary nitrogen excretion. *Science of the Total Environment*, *755*, 143198. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143198>
- Nadeau, E., Englund, J. E., & Gustafsson, A. H. (2007). Nitrogen efficiency of dairy cows as affected by diet and milk yield. *Livestock Science*, *111*(1–2), 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.11.016>



- Naydenova, Y., & Vasileva, V. (2016). Analysis of forage quality of grass mixtures-perennial grasses with subterranean clover. *J. Basic Appl. Res*, 2(4), 534–540. <https://jbarbiomed.com/index.php/home/article/view/128>
- Noro, M., & Wittwer, F. (2012). Interrelaciones entre ureagénesis y gluconeogénesis hepática en rumiantes alimentados con elevado contenido de nitrógeno. *Vet. Méx.*, 43(2), 143–154. <https://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2012/vm122f.pdf>
- NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. In *Dietary Nutrients, Additives and Fish Health* (Seventh Re). National Academy Press. <https://doi.org/10.1002/9781119005568.ch9>
- Obitsu, T., & Taniguchi, K. (2009). Quantitative comparison of diversity and conformity in nitrogen recycling of ruminants. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 22(3), 440–447. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.r.03>
- Oliveira, M., Silva, N., Bastos, L., Fonseca, L., Cerqueira, M., Leite, M., & Conrado, R. (2012). Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) for MUN analysis in normal and adulterated Milk. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 64(5), 1360–1366.
- Oliver, T. H., Heard, M. S., Isaac, N. J. B., Roy, D. B., Procter, D., Eigenbrod, F., Freckleton, R., Hector, A., Orme, C. D. L., Petchey, O. L., Proença, V., Raffaelli, D., Suttle, K. B., Mace, G. M., Martín-López, B., Woodcock, B. A., & Bullock, J. M. (2015). Biodiversity and Resilience of Ecosystem Functions. *Trends in Ecology and Evolution*, 30(11), 673–684. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.009>
- Öner, E. T., Hernández, L., & Combie, J. (2016). Review of Levan polysaccharide: From a century of past experiences to future prospects. *Biotechnology Advances*, 34(5), 827–844. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2016.05.002>
- Papadopoulos, Y. A., Charmley, E., McRae, K. B., Farid, A., & Price, M. A. (2001). Addition of white clover to orchardgrass pasture improves the performance of grazing lambs, but not herbage production. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(4), 517–523. <https://doi.org/10.4141/A97-061>



- Paster, B. J., Russell, J. B., Yang, C. M. J., Chow, J. M., Woese, C. R., & Tanner, R. (1993). Phylogeny of the ammonia-producing ruminal bacteria *Peptostreptococcus anaerobius*, *Clostridium sticklandii*, and *Clostridium aminophilum* sp. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 43(1), 107–110. <https://doi.org/10.1099/00207713-43-1-107>
- Phillipson, A. T., Dobson, M. J., & Blackburn, T. H. (1959). Assimilation of Ammonia Nitrogen by Rumen Bacteria. *Nature*, 183(4658). <https://doi.org/10.1038/183402a0>
- Phuong, H. N., Friggens, N. C., de Boer, I. J. M., & Schmidely, P. (2013). Factors affecting energy and nitrogen efficiency of dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 96(11), 7245–7259. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6977>
- Picasso, V. D., Casler, M. D., & Undersander, D. (2019). Resilience, stability, and productivity of Alfalfa cultivars in rainfed regions of North America. *Crop Science*, 59, 800–810. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.06.0372>
- Piñeiro, J. (1986). La alfalfa y sus mezclas con gramíneas en pastoreo. *Pastos*, 16(1–2), 133–141. <https://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1138>
- Platt, S. G., & Bassham, J. A. (1978). Photosynthesis and increased production of protein. In F. Mendel (Ed.), *Nutritional Improvement of Food and Feed Proteins* (pp. 195–274). https://doi.org/10.1007/978-1-4684-3366-1_12
- Popp, J. D., McCaughey, W. P., Cohen, R. D. H., McAllister, T. A., & Majak, W. (2000). Enhancing pasture productivity with alfalfa: A review. *Canadian Journal of Plant Science*, 80(3), 513–519. <https://doi.org/10.4141/P99-049>
- Powell, J. M., Aguerre, M. J., & Wattiaux, M. A. (2011). Dietary crude protein and tannin impact dairy manure chemistry and ammonia emissions from incubated soils. *Journal of Environmental Quality*, 40(6), 1767–1774. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0085>
- Ranaweera, K. K. T. N., Kurukulasuriya, M. S., Priyankarage, N., & Mangalika, U. L. P. (2019). Milk urea nitrogen: A tool to evaluate dairy cow rations milk urea nitrogen: A tool to evaluate dairy cow rations. *International Journal of Research in Agricultural Sciences*, 4(6), 300–303.



- Rebuffo, M. (2005). Alfalfa: Principios de manejo del pastoreo. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 5, 1–3.
http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ara/ara_126.pdf
- Rhoads, M. L., Gilbert, R. O., Lucy, M. C., & Butler, W. R. (2004). Effects of urea infusion on the uterine luminal environment of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(9), 2896–2901. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73420-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73420-7)
- Ríos, J. J., Mendoza, S. I., Rojas, A. R., Hidalgo, C. M. I., Ramírez, J. E., Pro, A., & González, F. (2023). Rendimiento del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo sombra. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 27(Suplemento II), 37–38.
<https://doi.org/10.53897/revaia.23.27.47>
- Rivera, R., & Vargas, J. (2016). *Caracterización de los sistemas de producción de leche con alfalfa dormante (Medicago sativa L.) en la región Puno* (Issue 6). https://www.researchgate.net/profile/Raul-Rivera-3/publication/308208601_Caracterizacion_de_los_Sistemas_de_Produccion_de_Leche_con_Alfalfa_Dormante_Medicago_sativa_L_en_la_Region_Puno/links/57de6ed808aeea19593a5a2b/Caracterizacion-de-los-Sistemas-de-Prod
- Rivera, R., Vargas, J., Gomez, C. A., & Salazar-Cubillas, K. (2017). Increasing milk production using dormant alfalfa (*Medicago Sativa* L.) in the peruvian high plain (Puno). In *Tropentag*.
- Rochinotti, D. (1998). *Model components of forage-fed cattle systems: energy expenditure of grazing cattle and prediction of intake in dairy cows* [University of Florida]. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.111593>
- Russell, N. J., Powell, G. M., Jones, J. G., Winterburn, P. J., & Basford, J. M. (1982). Blood as a transport system. In *Blood Biochemistry* (pp. 137–146). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-7892-1_11
- Sáez-Plaza, P., Navas, M. J., Wybraniec, S., Michałowski, T., & García, A. (2013). An overview of the Kjeldahl method of nitrogen determination. Part II. Sample preparation, working scale, instrumental finish, and quality control. *Critical*



- Reviews in Analytical Chemistry*, 43, 224–272.
<https://doi.org/10.1080/10408347.2012.751787>
- Sahoo, P. K., Kim, K., & Powell, M. A. (2016). Managing groundwater nitrate contamination from livestock farms: Implication for nitrate management guidelines. *Current Pollution Reports*, 2(3), 178–187.
<https://doi.org/10.1007/s40726-016-0033-5>
- Sawyer, S. (2017). Analysis of variance: The fundamental concepts. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 17(2), 27E–38E.
<https://doi.org/10.1179/jmt.2009.17.2.27E>
- Schrade, S., Zeyer, K., Mohn, J., & Zähler, M. (2023). Effect of diets with different crude protein levels on ammonia and greenhouse gas emissions from a naturally ventilated dairy housing. *Science of the Total Environment*, 896, 165027.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165027>
- Selbie, D. R., Buckthought, L. E., & Shepherd, M. A. (2015). The challenge of the urine patch for managing nitrogen in grazed pasture systems. In *Advances in Agronomy* (Vol. 129). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.09.004>
- Shi, S., Nan, L., & Smith, K. F. (2017). The current status, problems, and prospects of alfalfa (*Medicago Sativa* L.) breeding in China. *Agronomy*, 7(1), 1–11.
<https://doi.org/10.3390/agronomy7010001>
- Silva, H. M. da, & Oliveira, A. S. de. (2023). A new protein requirement system for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 106(3), 1757–1772.
<https://doi.org/10.3168/jds.2022-22348>
- Sinclair, K. D., Garnsworthy, P. C., Mann, G. E., & Sinclair, L. A. (2014). Reducing dietary protein in dairy cow diets: Implications for nitrogen utilization, milk production, welfare and fertility. *Animal*, 8(2), 262–274.
<https://doi.org/10.1017/S1751731113002139>
- Sosa, I., Leyton, L., Corea, E., & Elizondo-Salazar, J. (2010). *Correlation between milk and blood urea nitrogen in high and low yielding dairy cows*. 79–82.
<https://www.researchgate.net/publication/270508916>



- Spek, J. W., Dijkstra, J., Van Duinkerken, G., & Bannink, A. (2013a). A review of factors influencing milk urea concentration and its relationship with urinary urea excretion in lactating dairy cattle. *Journal of Agricultural Science*, *151*, 407–423. <https://doi.org/10.1017/S0021859612000561>
- Spek, J. W., Dijkstra, J., Van Duinkerken, G., & Bannink, A. (2013b). A review of factors influencing milk urea concentration and its relationship with urinary urea excretion in lactating dairy cattle. *Journal of Agricultural Science*, *151*, 407–423. <https://doi.org/10.1017/S0021859612000561>
- Spek, J. W., Dijkstra, J., van Duinkerken, G., Hendriks, W. H., & Bannink, A. (2013). Prediction of urinary nitrogen and urinary urea nitrogen excretion by lactating dairy cattle in northwestern Europe and North America: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, *96*(7), 4310–4322. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6265>
- Sun, Q., Liu, Q., Li, F., Tao, Y., & Xu, L. (2019). Abrief review of the origin and dissemination of Alfalfa. *Acta Prataculturae Sinica*, *28*(6), 204–212. <https://doi.org/10.11686/cyxb2018324>
- Tamminga, S. (1992). Nutrition Management of Dairy Cows as a Contribution to Pollution Control. *Journal of Dairy Science*, *75*(1), 345–357. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77770-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77770-4)
- Tan, Z., & Murphy, M. R. (2004). Ammonia production, ammonia absorption, and urea recycling in ruminants. A review. *Journal of Animal and Feed Sciences*, *13*, 389–404. <https://doi.org/10.22358/jafs/67425/2004>
- Tang, W., Guo, H., Baskin, C. C., Xiong, W., Yang, C., Li, Z., Song, H., Wang, T., Yin, J., Wu, X., Miao, F., Zhong, S., Tao, Q., Zhao, Y., & Sun, J. (2022). Effect of light intensity on morphology, photosynthesis and carbon metabolism of alfalfa (*Medicago sativa*) seedlings. *Plants*, *11*, 1688.
- Thers, H., Abalos, D., Dörsch, P., & Elsgaard, L. (2020). *Science of the Total Environment Nitrous oxide emissions from oilseed rape cultivation were unaffected by fl ash pyrolysis biochar of different type , rate and fi eld ageing.* *724*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138140>



- Tian, H., Pan, N., Thompson, R. L., Canadell, J. G., Suntharalingam, P., Regnier, P., Davidson, E. A., Prather, M., Ciais, P., Muntean, M., Pan, S., Winiwarter, W., Zaehle, S., Zhou, F., Jackson, R. B., Bange, H. W., Berthet, S., Bian, Z., Bianchi, D., ... Zhu, Q. (2024). Global nitrous oxide budget (1980-2020). *Earth System Science Data*, 16(6), 2543–2604. <https://doi.org/10.5194/essd-16-2543-2024>
- Torres, V. H. (2021, August). Siembra de alfalfas orgánicas en Puno. *Agro Perú*, 2.
- Wattiaux, M. A., & Karg, K. L. (2004). Protein level for alfalfa and corn silage-based diets: II. Nitrogen balance and manure characteristics. *Journal of Dairy Science*, 87(10), 3492–3502. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73484-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73484-0)
- Wattiaux, M. A., Uddin, M. E., Letelier, P., Jackson, R. D., & Larson, R. A. (2019). Invited Review: Emission and mitigation of greenhouse gases from dairy farms: The cow, the manure, and the field. *Applied Animal Science*, 35(2), 238–254. <https://doi.org/10.15232/aas.2018-01803>
- Weeks, H. L., & Hristov, A. N. (2017). Short communication: Analytical method and amount of preservative added to milk samples may alter milk urea nitrogen measurements. *Journal of Dairy Science*, 100(2), 1502–1506. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11277>
- Weinert-Nelson, J. R., Kagan, I. A., Ely, D. G., Flythe, M. D., & Davis, B. E. (2023). Fructan catabolism by rumen microbiota of cattle and sheep. *Fermentation*, 9(11), 925. <https://doi.org/10.3390/fermentation9110925>
- WHO. (2008). *Guidelines for drinking-water quality* (Vol. 1). https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-03/documents/guidelines_for_drinking_water_quality_3v.pdf
- WMO. (2022). *MMO oxido nitroso*. <https://wmo.int/news/media-centre/more-bad-news-planet-greenhouse-gas-levels-hit-new-highs>
- Wrage, N., Velthof, G. L., van Beusichem, M. L., & Oenema, O. (2001). Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. *Soil Biology & Biochemistry*, 33(12–13), 1723–1732. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00096-7](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00096-7)



- Wu, G. (1995). Urea synthesis in enterocytes of developing pigs. *Biochem. J.*, 312(3), 717–723. <https://doi.org/10.1042/bj3120717>
- Xu, D., Carswell, A., Zhu, Q., Zhang, F., & Vries, W. De. (2020). Science of the Total Environment Modelling long-term impacts of fertilization and liming on soil acidification at Rothamsted experimental station. *Science of the Total Environment*, 713, 136249. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136249>
- Yzarra, W., & López, F. M. (2011). *Manual de observaciones fenológicas*.
- Zanella, P. G., De Carvalho, C. A. B., Ribeiro, E. T., Madeiro, A. S., & Dos Santos Gomes, R. (2017). Optimal quadrat area and sample size to estimate the forage mass of stargrass. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(5), 3165–3172. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n5p3165>
- Zhang, J., Zheng, N., Shen, W., Zhao, S., & Wang, J. (2020). Synchrony degree of dietary energy and nitrogen release influences microbial community, fermentation, and protein synthesis in a rumen simulation system. *Microorganisms*, 8(2), 231. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020231>



A 2	22	80	620.4	5.9	20.3	263.1	58.3	242.8	204.8	84.3	157	24.816	3.884	124.080	19.419		0.2180	19.9	3.19	19.97	124.1	775.6	620.4	3877.8	
A 3	17	60	311.6	5.9	20.1	267.9	66.3	247.8	201.6	81.4	186	12.464	2.324	62.320	11.619		0.2110	23.0	3.82	23.84	88.7	554.1	443.3	2770.5	
A 4	23	75	512.4	4.8	20.1	264.9	67.2	244.8	197.7	80.8	192	20.496	3.943	102.480	19.717		0.2191	22.2	3.55	22.16	139.8	874.1	699.2	4370.3	
A 5	23	80	416.5	4.8	20.4	264.6	66.6	244.2	198.0	81.1	189	16.660	3.152	83.300	15.759		0.2134	23.0	3.77	23.58	118.9	743.1	594.5	3715.5	
A 6	24	85	540.1	5.3	20.9	268.9	66.7	248.0	202.2	81.5	185	21.604	3.990	108.020	19.949		0.2167	19.0	3.07	19.18	122.4	765.2	612.2	3826.1	
Muestreo 2: 22 noviembre 2023. Alfalfa INIA: Ciclo 1 - Crecimiento																									
A 1	21	90	367.8	6.8	20.1	261.8	76.9	241.7	184.9	76.5	235	14.712	3.457	73.560	17.287		0.2122	22.2	3.66	22.89	126.6	791.2	633.0	3956.1	
A 2	25	50	332.0	6.0	20.3	265.7	86.5	245.4	179.2	73.0	270	13.280	3.582	66.400	17.912		0.2108	19.1	3.17	19.82	113.6	710.1	568.0	3550.3	
A 3	24	70	401.7	6.4	20.3	255.7	87.6	235.4	168.1	71.4	286	16.068	4.594	80.340	22.969		0.2134	22.9	3.76	23.47	172.5	1078.3	862.7	5391.7	
A 4	22	85	463.4	7.2	20.2	262.0	87.5	241.8	174.5	72.2	278	18.536	5.159	92.680	25.796		0.2134	25.2	4.13	25.83	213.2	1332.7	1066.2	6663.4	
A 5	20	85	372.9	6.9	20.2	257.7	86.7	237.5	171.0	72.0	280	14.916	4.176	74.580	20.882		0.2140	24.0	3.93	24.53	163.9	1024.6	819.7	5123.0	
A 6	22	90	373.8	7.5	20.2	262.7	89.3	242.5	173.4	71.5	285	14.952	4.261	74.760	21.303		0.2136	19.9	3.26	20.38	138.9	868.3	694.6	4341.5	
Muestreo 2: 22 noviembre 2023. Alfalfa + Dactilis INIA: Ciclo 1 - Crecimiento																									
AD 1	17	72	259.0	5.7	20.3	229.7	74.0	209.4	155.7	74.4	256	10.360	2.657	51.800	13.284		0.2186	23.8	3.81	23.82	101.2	632.8	506.2	3163.8	
AD 2	23	76	277.4	5.1	20.1	249.4	73.9	229.3	175.5	76.5	235	11.096	2.603	55.480	13.017		0.2180	22.4	3.60	22.48	93.6	585.2	468.1	2925.9	
AD 3	27	76	300.2	5.5	20.2	255.3	72.7	235.1	182.6	77.7	223	12.008	2.681	60.040	13.407		0.2110	20.0	3.32	20.73	89.0	556.0	444.8	2780.0	
AD 4	16	80	267.8	5.2	20.2	224.1	76.9	203.9	147.2	72.2	278	10.712	2.979	53.560	14.894		0.2191	23.5	3.75	23.46	111.8	698.9	559.1	3494.5	
AD 5	19	75	373.9	4.9	20.3	255.3	77.0	235.0	178.3	75.9	241	14.956	3.609	74.780	18.043		0.2134	23.8	3.90	24.40	140.9	880.4	704.3	4401.8	
AD 6	15	70	260.7	5.1	20.1	217.7	71.2	197.6	146.5	74.1	259	10.428	2.697	52.140	13.484		0.2167	22.7	3.67	22.91	98.9	617.9	494.4	3089.7	
Muestreo 3: 6 diciembre 2023. Alfalfa ILLPA: Ciclo 1 - Corte																									
A 1	27	70	656.8	6.7	20.5	276.9	79.9	256.4	197.0	76.8	232	26.272	6.086	131.360	30.432		0.2331	22.3	3.35	20.93	203.8	1273.7	1019.0	6368.6	
A 2	30	75	659.0	6.1	20.3	276.1	76.0	255.8	200.1	78.2	218	26.360	5.740	131.800	28.699		0.2313	25.0	3.78	23.64	217.1	1357.1	1085.7	6785.5	
A 3	22	70	448.4	6.1	20.4	275.2	76.9	254.8	198.3	77.8	222	17.936	3.977	89.680	19.886		0.2309	23.5	3.56	22.26	141.7	885.5	708.4	4427.3	
A 4	27	55	557.3	6.6	20.5	275.8	82.1	255.3	193.7	75.9	241	22.292	5.379	111.460	26.894		0.2310	23.4	3.55	22.16	190.7	1191.9	953.5	5959.4	
A 5	16	45	481.5	5.4	20.4	279.6	72.6	259.2	207.0	79.9	201	19.260	3.879	96.300	19.394		0.2348	25.0	3.73	23.29	144.5	903.4	722.7	4517.0	
A 6	30	90	540.2	6.5	20.6	278.5	87.1	257.9	191.4	74.2	258	21.608	5.572	108.040	27.888		0.2353	22.5	3.35	20.92	186.5	1165.4	932.4	5827.2	
Muestreo 3: 6 diciembre 2023. Alfalfa INIA: Ciclo 1 - Corte																									
A 1	35	75	662.0	5.7	20.4	279.6	85.3	259.2	194.3	75.0	250	26.480	6.630	132.400	33.151		0.2372	25.1	3.70	23.15	245.6	1534.7	1227.8	7673.7	
A 2	37	88	561.4	5.5	20.4	277.3	84.6	256.9	192.7	75.0	250	22.456	5.612	112.280	28.059		0.2355	26.3	3.91	24.43	219.3	1370.9	1096.7	6854.7	
A 3	27	80	532.6	5.9	20.5	278.2	79.1	257.7	199.1	77.3	227	21.304	4.844	106.520	24.222		0.2373	25.4	3.75	23.41	181.5	1134.3	907.4	5671.5	
A 4	23	90	497.2	5.8	20.5	281.3	96.0	260.8	185.3	71.1	289	19.888	5.757	99.440	28.787		0.2351	22.9	3.41	21.31	196.3	1226.8	981.4	6133.8	
A 5	26	40	689.9	5.6	20.5	282.1	84.8	261.6	197.3	75.4	246	27.596	6.783	137.980	33.915		0.2343	26.3	3.93	24.55	266.5	1665.5	1332.4	8327.6	
A 6	35	80	648.8	5.6	20.4	283.1	88.4	262.7	194.7	74.1	259	25.952	6.718	129.760	33.588		0.2371	24.8	3.66	22.88	245.9	1537.0	1229.6	7685.2	
Muestreo 3: 6 diciembre 2023. Alfalfa - Dactilis INIA: Ciclo 2 - Rebrote																									
AD 1	16	90	534.1	4.9	20.3	276.7	73.0	256.4	203.7	79.4	206	21.364	4.391	106.820	21.956		0.2373	27.9	4.12	25.72	180.7	1129.4	903.5	5646.8	

AD 2	17	75	489.8	5.3	20.5	279.5	67.0	259.0	212.5	82.0	180	19.592	3.517	97.960	17.587		0.2273	26.4	4.07	25.41	143.0	893.7	714.9	4468.4	
AD 3	18	90	568.8	5.5	20.6	277.8	66.3	257.2	211.5	82.2	17.8	22.752	4.043	113.760	20.213		0.2377	29.3	4.31	26.96	174.4	1090.1	872.0	5450.3	
AD 4	17	45	404.6	5.6	20.4	276.7	74.6	256.3	202.1	78.9	21.1	16.184	3.422	80.920	17.112		0.2352	29.2	4.35	27.16	148.7	929.5	743.6	4647.3	
AD 5	23	65	508.0	6.2	20.6	289.6	68.6	269.0	221.0	82.2	17.8	20.320	3.626	101.600	18.129		0.2374	29.0	4.28	26.72	155.0	988.9	775.1	4844.5	
AD 6	15	65	402.4	5.6	20.5	276.5	72.6	256.0	203.9	79.6	20.4	16.096	3.276	80.480	16.379		0.2347	29.8	4.44	27.77	145.6	909.8	727.9	4549.2	
Muestreo 4: 20 diciembre 2023. Alfalfa ILLPA: Ciclo 1 - floración plena (alfalfa no cortada)																									
A 1	40	80	582.3	5.8	20.4	290.4	82.7	270.0	207.7	76.9	23.1	23.292	5.374	116.460	26.872		0.2497	24.8	3.48	21.73	186.8	1167.6	934.1	5838.2	
A 2	49	75	484.3	6.1	20.5	288.8	77.1	268.3	211.7	78.9	21.1	19.372	4.087	96.860	20.433		0.2372	24.7	3.64	22.78	148.9	930.9	744.7	4654.5	
A 3	30	70	348.1	5.6	20.6	271.4	73.1	250.8	198.3	79.1	20.9	13.924	2.915	69.620	14.574		0.2274	25.6	3.94	24.63	114.8	717.8	574.2	3588.9	
A 4	40	60	776.4	5.9	20.7	278.7	79.5	258.0	199.2	77.2	22.8	31.056	7.078	155.280	35.389		0.2304	25.6	3.89	24.31	275.3	1720.3	1376.3	8601.6	
A 5	40	80	464.8	6.0	20.7	274.7	78.8	254.0	195.9	77.1	22.9	18.592	4.253	92.960	21.264		0.2229	22.3	3.50	21.88	148.9	930.7	744.6	4653.5	
A 6	35	85	370.0	6.0	20.7	279.8	78.5	259.1	201.3	77.7	22.3	14.800	3.302	74.000	16.508		0.2265	25.6	3.96	24.72	130.6	816.3	653.0	4081.4	
Muestreo 4: 20 diciembre 2023. Alfalfa ILLPA: Ciclo 2 - Rebrote																									
A 1	13	70	249.6	4.6	20.6	242.8	61.1	222.2	181.7	81.8	18.2	9.984	1.820	49.920	9.099		0.2275	32.9	5.06	31.63	92.1	575.7	460.5	2878.4	
A 2	15	70	259.4	5.4	20.6	264.4	61.1	243.8	203.3	83.4	16.6	10.376	1.724	51.880	8.618		0.2211	34.3	5.43	33.94	93.6	584.9	467.9	2924.7	
A 3	10	50	88.7	4.2	20.5	93.7	34.1	73.2	59.6	81.4	18.6	3.548	0.659	17.740	3.296		0.2230	35.6	5.59	34.92	36.8	230.2	184.2	1151.0	
A 4	15	70	269.7	4.8	20.5	249.5	62.2	229.0	187.3	81.8	18.2	10.788	1.964	53.940	9.822		0.2212	34.3	5.43	33.92	106.6	666.3	533.1	3331.7	
A 5	13	55	187.7	5.2	20.6	178.9	48.0	158.3	130.9	82.7	17.3	7.508	1.300	37.540	6.498		0.2249	34.3	5.34	33.36	69.4	433.6	346.8	2167.8	
A 6	12	60	182.9	4.8	20.7	189.5	49.2	168.8	140.3	83.1	16.9	7.316	1.235	36.580	6.176		0.2311	34.3	5.19	32.47	64.2	401.0	320.8	2005.2	
Muestreo 4: 20 diciembre 2023. Alfalfa INIA: Ciclo 1 - Floración plena (alfalfa no cortada)																									
A 1	45	70	595.1	7.5	20.6	282.1	90.5	261.5	191.6	73.3	26.7	23.804	6.363	119.020	31.815		0.2393	25.4	3.72	23.22	236.4	1477.4	1181.9	7386.9	
A 2	37	60	377.4	7.1	20.6	278.0	86.2	257.4	191.8	74.5	25.5	15.096	3.847	75.480	19.237		0.2412	26	3.77	23.58	145.2	907.2	725.8	4536.0	
A 3	39	55	416.0	6.4	20.5	288.9	83.0	268.4	205.9	76.7	23.3	16.640	3.875	83.200	19.374		0.2314	25.9	3.92	24.48	151.8	948.7	759.0	4743.6	
A 4	40	60	359.1	6.8	20.5	283.9	87.8	263.4	196.1	74.4	25.6	14.364	3.670	71.820	18.350		0.2361	25.2	3.74	23.35	137.1	856.9	685.5	4284.5	
A 5	32	60	271.5	7.0	20.6	260.8	84.0	240.2	176.8	73.6	26.4	10.860	2.866	54.300	14.332		0.2379	24.5	3.60	22.53	103.3	645.8	516.6	3228.8	
A 6	37	60	473.1	6.6	20.6	275.5	89.5	254.9	186.0	73.0	27.0	18.924	5.115	94.620	25.576		0.2291	25.4	3.88	24.25	198.5	1240.6	992.5	6202.8	
Muestreo 4: 20 diciembre 2023. Alfalfa INIA: Ciclo 2 - Corte																									
A 1	37	70	640.8	6.6	20.5	287.2	69.1	266.7	218.1	81.8	18.2	25.632	4.671	128.160	23.354		0.2236	23.9	3.74	23.38	174.7	1092.1	873.7	5460.6	
A 2	13	50	270.1	5.7	20.4	276.2	65.9	255.8	210.3	82.2	17.8	10.804	1.922	54.020	9.609		0.2239	25.8	4.03	25.21	77.5	484.4	387.5	2422.0	
A 3	23	60	295.4	5.3	20.5	276.9	69.5	256.4	207.4	80.9	19.1	11.816	2.258	59.080	11.291		0.2232	26.2	4.11	25.68	92.8	579.8	463.9	2899.2	
A 4	29	65	577.7	5.5	20.7	280.4	67.1	259.7	213.3	82.1	17.9	23.108	4.129	115.540	20.643		0.2218	25.5	4.02	25.15	166.1	1038.3	830.7	5191.6	
A 5	32	70	668.5	5.6	20.6	289.2	65.3	268.6	223.9	83.4	16.6	26.740	4.450	133.700	22.250		0.2270	27.7	4.27	26.69	190.1	1187.9	950.3	5939.3	
A 6	26	50	282.7	5.8	20.5	280.7	63.4	260.2	217.3	83.5	16.5	11.308	1.864	56.540	9.322		0.2255	25.8	4.00	25.03	74.7	466.6	373.3	2333.1	
Muestreo 4: 20 diciembre 2023. Alfalfa + Dactilis INIA: Ciclo 2 - Crecimiento																									
AD 1	24	70	449.2	4.4	20.5	276.4	74.9	255.9	201.5	78.7	21.3	17.968	3.820	89.840	19.098		0.2241	23.3	3.64	22.74	139.0	868.7	695.0	4343.7	

AD 2	33	90	409.9	4.8	20.6	275.1	71.2	254.5	203.9	80.1	199	16.396	3.260	81.980	16.299	0.2276	23.5	3.61	22.59	117.8	736.3	589.0	3681.4
AD 3	30	75	398.0	5.1	20.6	280.8	71.7	260.2	209.1	80.4	196	15.920	3.126	79.600	15.632	0.2239	20.8	3.25	20.32	101.7	635.4	508.3	3176.8
AD 4	32	70	381.0	5.1	20.4	282.5	78.2	262.1	204.3	77.9	221	15.240	3.361	76.200	16.804	0.2226	21.8	3.43	21.42	115.2	720.0	576.0	3599.9
AD 5	28	85	566.1	5.3	20.4	283.8	79.2	263.4	204.6	77.7	223	22.644	5.055	113.220	25.275	0.2495	23.3	3.27	20.43	165.2	1032.6	826.1	5163.2
AD 6	25	80	295.4	4.7	20.4	283.4	74.7	263.0	208.7	79.4	206	11.816	2.440	59.080	12.198	0.2311	24.5	3.71	23.19	90.5	565.8	452.6	2828.8
Muestreo 5: 3 enero 2024, Alfalfa ILLPA: Ciclo 2 - Crecimiento																							
A 1	30	65	472.7	4.7	20.9	291.9	79.6	271.0	212.3	78.3	217	18.908	4.096	94.540	20.478	0.2324	31	4.67	29.18	191.2	1195.1	956.0	5975.3
A 2	28	60	475.0	4.8	20.8	295.1	82.5	274.3	212.6	77.5	225	19.000	4.274	95.000	21.369	0.2268	30.2	4.66	29.13	199.2	1244.9	995.9	6224.4
A 3	35	85	498.3	5.5	20.8	294.8	83.0	274.0	211.8	77.3	227	19.932	4.525	99.660	22.624	0.2301	29.9	4.55	28.43	205.8	1286.2	1028.9	6430.8
A 4	42	90	517.9	6.5	20.7	294.3	86.7	273.6	207.6	75.9	241	20.716	4.997	103.580	24.986	0.2324	31.4	4.73	29.56	236.3	1477.0	1181.6	7384.9
A 5	34	80	526.7	5.2	20.6	297.3	81.2	276.7	216.1	78.1	219	21.068	4.614	105.340	23.070	0.2226	27.7	4.36	27.22	201.0	1256.0	1004.8	6280.0
A 6 (A1)	34	75	579.5	5.7	20.8	294.3	86.0	273.5	208.3	76.2	238	23.180	5.526	115.900	27.630	0.2289	26.4	4.04	25.23	223.1	1394.2	1115.3	6970.8
Muestreo 5: 3 enero 2024, Alfalfa INIA: Ciclo 2 - Corte (inicio de floración)																							
A 1	48	60	615.1	6.5	20.4	295.2	83.2	274.8	212.0	77.1	229	24.604	5.623	123.020	28.114	0.2374	27.3	4.02	25.16	226.3	1414.4	1131.5	7072.1
A 2	40	70	645.5	9.2	20.5	292.6	81.4	272.1	211.2	77.6	224	25.820	5.779	129.100	28.894	0.2278	24.6	3.78	23.62	218.4	1365.1	1092.1	6825.7
A 3	43	70	663.8	9.2	20.4	299.0	83.0	278.6	216.0	77.5	225	26.552	5.966	132.760	29.830	0.2324	27.5	4.14	25.88	247.1	1544.3	1235.4	7721.6
A 4	38	70	553.3	8.3	20.3	299.6	87.0	279.3	212.6	76.1	239	22.132	5.285	110.660	26.427	0.2255	24	3.73	23.28	196.9	1230.5	984.4	6152.6
A 5	40	80	675.7	7.2	20.3	298.1	82.3	277.8	215.8	77.7	223	27.028	6.032	135.140	30.161	0.2378	28.3	4.17	26.03	251.3	1570.3	1256.3	7851.7
A 6	43	80	639.7	7.9	20.5	295.8	88.0	275.3	207.8	75.5	245	25.588	6.274	127.940	31.369	0.2233	25.5	4.00	24.98	250.8	1567.2	1253.8	7836.2
Muestreo 5: 3 enero 2024, Alfalfa-Dacilis INIA: Ciclo 2 - Corte (inicio de floración)																							
AD 1	36	75	437.0	6.3	20.8	298.1	74.6	277.3	223.5	80.6	194	17.480	3.391	87.400	16.957	0.2351	24	3.57	22.33	121.2	757.3	605.9	3786.6
AD 2	35	65	419.8	6.0	20.8	292.8	71.5	272.0	221.3	81.4	186	16.792	3.130	83.960	15.650	0.2378	23.5	3.46	21.62	108.3	676.6	541.3	3383.1
AD 3	40	75	535.5	7.3	20.9	298.2	77.4	277.3	220.8	79.6	204	21.420	4.364	107.100	21.822	0.2470	24.2	3.43	21.43	149.7	935.4	748.3	4676.9
AD 4	35	80	590.4	7.0	20.6	296.3	80.1	275.7	216.2	78.4	216	23.616	5.097	118.080	25.483	0.2314	24	3.63	22.69	185.0	1156.3	925.1	5781.7
AD 5	29	70	557.9	6.0	20.5	291.9	72.7	271.4	219.2	80.8	192	22.316	4.292	111.580	21.461	0.2336	21.5	3.22	20.13	138.3	864.2	691.3	4320.8
AD 6	38	80	618.2	6.3	20.4	296.8	75.0	276.4	221.8	80.2	198	24.728	4.885	123.640	24.424	0.2257	18.7	2.90	18.12	141.7	885.3	708.3	4426.6
Muestreo 7: 7 febrero 2024, Alfalfa ILLPA: Ciclo 2 - Plena floración (alfalfa no cortada)																							
A 1	65.0	50.0	782.4	5.7	20.5	292.1	83.1	271.6	209.0	77.0	230	31.296	7.213	156.480	36.066	0.2294	19.60	2.99	18.69	215.7	1348.2	1078.5	6740.8
A 2	55.0	50.0	946.5	6.9	20.4	294.1	83.7	273.7	210.4	76.9	231	37.860	8.756	189.300	43.780	0.2270	20.00	3.08	19.27	270.0	1687.6	1350.1	8437.8
A 3	60.0	60.0	837.6	6.8	20.4	295.3	79.6	274.9	215.7	78.5	215	33.504	7.215	167.520	36.076	0.2290	18.90	2.89	18.05	208.4	1302.6	1042.1	6513.1
A 4	72.0	50.0	914.3	5.4	20.6	295.8	78.7	275.2	217.1	78.9	211	36.572	7.721	182.860	38.605	0.2175	18.00	2.90	18.10	223.6	1397.8	1118.2	6988.9
A 5	83.0	62.0	823.3	5.9	20.3	293.6	81.1	273.3	212.5	77.8	222	32.932	7.326	164.660	36.631	0.2222	21.00	3.31	20.67	242.3	1514.6	1211.7	7573.1
A 6	73.0	50.0	1117.7	6.0	20.5	298.2	78.6	277.7	219.6	79.1	209	44.708	9.354	223.540	46.769	0.2293	14.60	2.23	13.93	208.5	1302.8	1042.3	6514.1
Muestreo 7: 7 febrero 2024, Alfalfa INIA: Ciclo 3 - Corte (prefloración)																							
A 1	53.0	60.0	585.7	5.0	20.7	290.5	77.4	269.8	213.1	79.0	210	23.428	4.924	117.140	24.618	0.2140	23.80	3.89	24.33	191.6	1197.8	958.2	5989.0



A 2	50.0	70.0	476.6	5.3	20.5	294.5	77.8	274.0	216.7	79.1	20.9	19.064	3.987	95.320	19.934		0.2191	22.90	3.66	22.86	145.8	911.5	729.2	4557.5
A 3	40.0	45.0	836.3	5.0	20.4	294.1	72.9	273.7	221.2	80.8	19.2	33.452	6.417	167.260	32.083		0.2292	20.20	3.08	19.28	197.9	1237.1	989.6	6185.3
A 4	40.0	60.0	610.5	5.1	20.5	291.6	70.1	271.1	221.5	81.7	18.3	24.420	4.468	122.100	22.339		0.2252	23.00	3.57	22.34	159.7	998.2	798.5	4990.9
A 5	63.0	65.0	534.8	5.0	20.5	298.9	79.7	278.4	219.2	78.7	21.3	21.392	4.549	106.960	22.744		0.2207	24.60	3.90	24.38	177.5	1109.1	887.3	5545.7
A 6	39.0	60.0	835.0	4.3	20.5	296.2	68.9	275.7	227.3	82.4	17.6	33.400	5.863	167.000	29.317		0.2297	22.90	3.49	21.81	204.6	1278.7	1023.0	6393.6
Muestreo 7: 7 febrero 2024. Alfalfa-Dactilis INIA: Ciclo 3 - Corte (preferación)																								
AD 1	58.0	50.0	624.8	5.0	20.6	294.3	87.1	273.7	207.2	75.7	24.3	24.992	6.072	124.960	30.361		0.2230	16.00	2.51	15.70	152.5	953.0	762.4	4765.2
AD 2	42.0	50.0	630.6	4.8	20.6	296.4	88.7	275.8	207.7	75.3	24.7	25.224	6.228	126.120	31.141		0.2193	14.00	2.23	13.96	139.2	899.8	695.8	4348.8
AD 3	50.0	70.0	863.3	4.7	20.6	296.0	84.1	275.4	211.9	76.9	23.1	34.532	7.962	172.660	39.811		0.2226	15.60	2.45	15.33	195.3	1220.6	976.5	6103.1
AD 4	47.0	80.0	786.6	4.5	20.4	290.2	87.7	269.8	202.5	75.1	24.9	31.464	7.849	157.320	39.243		0.2237	13.90	2.17	13.59	170.7	1066.8	853.4	5334.0
AD 5	63.0	60.0	645.9	4.5	20.5	290.8	82.6	270.3	208.2	77.0	23.0	25.836	5.936	129.180	29.678		0.2230	15.40	2.42	15.11	143.5	896.7	717.3	4483.4
AD 6	60.0	50.0	631.7	4.9	20.5	200.6	86.7	180.1	113.9	63.2	36.8	25.268	9.288	126.340	46.439		0.2258	18.50	2.87	17.92	286.3	1664.6	1331.7	8323.0
Muestreo 8: 21 febrero 2024. Alfalfa ILLPA: Ciclo 2 - Posfloración (alfalfa no cortada)																								
A 1	73	70	483.0	6.0	20.6	250.8	60.5	230.2	190.3	82.7	17.3	19.320	3.349	96.600	16.743		0.2185	17.5	2.80	17.52	93.9	586.7	469.4	2933.5
A 2	59	70	501.8	15.7	20.7	274.5	63.5	253.8	211.0	83.1	16.9	20.072	3.385	100.360	16.924		0.2166	23	3.72	23.23	125.8	786.2	629.0	3931.2
A 3	50	70	464.5	5.4	20.5	271.7	58.9	251.2	212.8	84.7	15.3	18.580	2.840	92.900	14.201		0.2122	23.2	3.83	23.92	108.7	679.3	543.4	3396.4
A 4	73	70	495.4	5.3	20.4	267.1	83.4	246.7	183.7	74.5	25.5	19.816	5.060	99.080	25.302		0.2185	20.7	3.32	20.72	167.8	1048.7	839.0	5243.5
A 5	53	70	516.1	6.6	20.8	240.6	62.9	219.8	177.7	80.8	19.2	20.644	3.954	103.220	19.771		0.2186	21	3.36	21.01	132.9	830.9	664.7	4154.7
A 6	77	70	669.5	5.7	20.6	296.2	89.1	275.6	207.1	75.1	24.9	26.780	6.656	133.900	33.281		0.2123	14.9	2.46	15.35	163.5	1021.9	817.5	5109.5
Muestreo 8: 21 febrero 2024. Alfalfa INIA: Ciclo 2 - Plena floración (alfalfa no cortada)																								
AD 1	59	70	620.0	7.1	20.5	278.3	71.4	257.8	206.9	80.3	19.7	24.800	4.897	124.000	24.483		0.2144	20.0	3.26	20.41	159.9	999.2	799.3	4995.9
AD 2	70	70	879.0	5.9	20.9	296.0	84.3	275.1	211.7	77.0	23.0	35.160	8.103	175.800	40.515		0.2194	19.7	3.14	19.64	254.7	1591.6	1273.3	7957.8
AD 3	63	60	605.6	7.6	20.8	276.6	76.2	255.8	200.4	78.3	21.7	24.224	5.246	121.120	26.232		0.2161	19.9	3.22	20.14	169.1	1056.8	845.5	5284.1
AD 4	58	60	698.1	6.6	20.6	274.6	67.9	254.0	206.7	81.4	18.6	27.924	5.200	139.620	26.000		0.2106	19.7	3.27	20.46	170.2	1064.0	851.2	5320.2
AD 5	53	50	624.2	7.2	20.5	261.6	69.4	241.1	192.2	79.7	20.3	24.968	5.064	124.840	25.320		0.2119	17.6	2.91	18.17	147.2	920.1	736.1	4600.4
AD 6	52	70	657.0	6.7	20.8	294.7	62.4	273.9	232.3	84.8	15.2	26.280	3.991	131.400	19.957		0.2112	22.5	3.73	23.30	148.8	930.2	744.1	4650.9
Muestreo 8: 21 febrero 2024. Alfalfa-Dactilis INIA: Ciclo 3 - Rebrote																								
A 1	20	95	569.1	5.6	20.6	247.8	60.8	227.2	187.0	82.3	17.7	22.764	4.028	113.820	20.139		0.2134	18	2.95	18.45	118.9	743.2	594.5	3715.9
A 2	22	95	502.5	6.4	20.8	232.5	62.0	211.7	170.5	80.5	19.5	20.100	3.912	100.500	19.559		0.2198	20	3.18	19.90	124.6	778.6	622.9	3893.1
A 3	17	75	443.1	6.0	20.8	263.5	60.2	242.7	203.3	83.8	16.2	17.724	2.877	88.620	14.387		0.2183	24.7	3.96	24.75	113.9	712.2	569.7	3560.8
A 4	10	90	304.4	5.8	20.6	222.4	60.0	201.8	162.4	80.5	19.5	12.176	2.377	60.880	11.886		0.2104	21.8	3.63	22.67	86.2	538.8	431.1	2694.1
A 5	17	96	432.9	5.6	20.7	269.3	64.9	248.6	204.4	82.2	17.8	17.316	3.079	86.580	15.394		0.2199	19.8	3.15	19.70	97.0	606.4	485.1	3032.0
A 6	13	95	313.3	6.2	20.8	223.3	56.9	202.5	166.4	82.2	17.8	12.532	2.234	62.660	11.170		0.2165	22.7	3.67	22.94	82.0	512.4	409.9	2562.1
Muestreo 9: 6 marzo 2024. Alfalfa ILLPA: Ciclo 3 - Corte (floración)																								
A 1	40	67	639.9	7.3	20.8	231.6	71.2	210.8	160.4	76.1	23.9	25.596	6.120	127.980	30.599		0.2112	17.1	2.83	17.71	173.4	1083.9	867.1	5419.4

A 2	30	60	321.4	5.3	20.7	186.0	57.8	165.3	128.2	77.6	22.4	12.856	2.885	64.280	14.427		0.2138	17.9	2.93	18.31	84.6	528.4	422.8	2642.2	
A 3	50	75	781.6	5.9	20.8	235.1	71.2	214.3	163.9	76.5	23.5	31.264	7.353	156.320	36.764		0.2167	17.7	2.86	17.87	210.2	1313.8	1051.0	6568.8	
A 4	42	65	687.2	5.5	20.7	229.5	66.5	208.8	163.0	78.1	21.9	27.488	6.029	137.440	30.147		0.2143	21.2	3.46	21.64	208.8	1304.8	1043.8	6523.9	
A 5	55	68	836.7	6.7	20.8	234.5	73.8	213.7	160.7	75.2	24.8	33.468	8.300	167.340	41.502		0.2150	18.4	3.00	18.72	248.6	1553.9	1243.1	7769.6	
A 6	41	62	576.2	6.2	20.8	231.6	72.7	210.8	158.9	75.4	24.6	23.048	5.675	115.240	28.373		0.2111	18.3	3.03	18.96	172.2	1076.1	860.9	5380.4	
Muestreo 9: 6 marzo 2024. Alfalfa INIA: Ciclo 3 – Rebrote																									
A 1	12	80	207.0	4.6	20.4	193.8	50.4	173.4	143.4	82.7	17.3	8.280	1.433	41.400	7.163		0.2156	23.7	3.85	24.05	55.1	344.5	275.6	1722.3	
A 2	15	90	252.6	5.2	20.7	205.0	51.8	184.3	153.2	83.1	16.9	10.104	1.705	50.520	8.525		0.2155	25.3	4.11	25.68	70.1	437.9	350.3	2189.4	
A 3	11	60	160.8	5.3	20.8	153.1	46.2	132.3	106.9	80.8	19.2	6.432	1.235	32.160	6.174		0.2122	25.4	4.19	26.18	51.7	323.3	258.7	1616.7	
A 4	14	60	133.7	5.0	20.8	139.7	43.9	118.9	95.8	80.6	19.4	5.348	1.039	26.740	5.195		0.2190	25.1	4.01	25.07	41.7	260.5	208.4	1302.5	
A 5	14	70	141.6	4.7	20.7	148.3	43.3	127.6	105.0	82.3	17.7	5.664	1.003	28.320	5.016		0.2157	24.6	3.99	24.95	40.0	250.3	200.2	1251.4	
A 6	15	40	140.1	5.4	20.7	142.8	42.8	122.1	100.0	81.9	18.1	5.604	1.014	28.020	5.072		0.2110	24.7	4.10	25.61	41.6	259.7	207.8	1298.7	
Muestreo 9: 6 marzo 2024. Alfalfa-Dactilis INIA: Ciclo 3 - Rebrote																									
AD 1	22	70	380.8	4.4	20.8	228.0	60.3	207.2	167.7	80.9	19.1	15.232	2.904	76.160	14.519		0.2142	24.3	3.97	24.82	115.3	720.6	576.5	3603.0	
AD 2	24	90	457.7	5.1	20.7	224.4	57.0	203.7	167.4	82.2	17.8	18.308	3.263	91.540	16.313		0.2174	24	3.86	24.15	126.1	787.9	630.3	3939.4	
AD 3	18	85	395.5	5.8	20.7	226.5	58.1	205.8	168.4	81.8	18.2	15.820	2.875	79.100	14.375		0.2163	25	4.05	25.28	116.3	726.9	581.5	3634.4	
AD 4	15	80	202.4	4.6	20.8	171.6	49.9	150.8	121.7	80.7	19.3	8.096	1.562	40.480	7.811		0.2150	24.7	4.02	25.13	62.8	392.6	314.1	1963.1	
AD 5	15	95	381.7	5.4	20.6	221.7	58.2	201.1	163.5	81.3	18.7	15.268	2.855	76.340	14.273		0.2113	24.3	4.03	25.16	114.9	718.1	574.5	3590.7	
AD 6	13	70	224.5	8.8	20.6	150.0	45.1	129.4	104.9	81.1	18.9	8.980	1.700	44.900	8.501		0.2151	26.1	4.25	26.54	72.2	451.3	361.0	2256.5	
Muestreo 10: 20 marzo 2024. Alfalfa LLPA: Ciclo 3 - Posfloración (alfalfa no contada)																									
A 1	45	70	551.4	5.1	20.5	285.1	89.1	264.6	196.0	74.1	25.9	22.056	5.718	110.280	28.591		0.2100	19.5	3.25	20.31	185.8	1161.5	929.2	5807.6	
A 2	55	60	550.1	5.5	20.5	235.1	93.9	214.6	141.2	65.8	34.2	22.004	7.526	110.020	37.630		0.2110	19.4	3.22	20.11	242.2	1513.7	1210.9	7568.4	
A 3	57	60	565.0	5.6	20.3	294.5	92.9	274.2	201.6	73.5	26.5	22.600	5.984	113.000	29.919		0.2191	21.3	3.40	21.27	203.6	1272.5	1018.0	6362.6	
A 4	64	60	493.3	5.7	20.6	275.5	83.4	254.9	192.1	75.4	24.6	19.732	4.861	98.660	24.307		0.2110	20	3.32	20.73	161.3	1008.0	806.4	5040.0	
A 5	64	70	494.7	5.5	20.5	241.7	80.3	221.2	161.4	73.0	27.0	19.788	5.350	98.940	26.748		0.2194	18	2.87	17.95	153.6	960.1	768.1	4800.3	
A 6	60	70	470.0	5.2	20.5	257.4	79.2	236.9	178.2	75.2	24.8	18.800	4.658	94.000	23.292		0.2193	18.2	2.90	18.15	135.3	845.7	676.6	4228.5	
Muestreo 10: 20 marzo 2024. Alfalfa INIA: Ciclo 3 - Crecimiento																									
A 1	30	80	583.7	5.5	20.5	272.5	74.4	252.0	198.1	78.6	21.4	23.348	4.994	116.740	24.969		0.2192	21.5	3.43	21.46	171.4	1071.5	857.2	5357.4	
A 2	22	70	483.3	5.5	20.5	268.3	88.4	247.8	179.9	72.6	27.4	19.332	5.297	96.660	26.486		0.2121	24.9	4.11	25.68	217.7	1360.4	1088.3	6801.8	
A 3	21	85	548.1	5.6	20.5	267.9	100.0	247.4	167.9	67.9	32.1	21.924	7.045	109.620	35.226		0.2175	23.2	3.73	23.33	263.0	1643.9	1315.1	8219.3	
A 4	30	70	504.0	5.2	20.2	280.9	110.9	260.7	170.0	65.2	34.8	20.160	7.014	100.800	35.069		0.2185	24.8	3.97	24.83	278.6	1741.4	1393.1	8707.1	
A 5	25	68	570.6	5.3	20.1	269.7	96.7	249.6	173.0	69.3	30.7	22.824	7.004	114.120	35.022		0.2183	20.8	3.33	20.84	233.6	1459.9	1167.9	7299.7	
A 6	30	80	624.5	5.2	20.1	244.1	62.0	224.0	182.1	81.3	18.7	24.980	4.673	124.900	23.363		0.2190	23.0	3.68	22.97	171.8	1073.5	858.8	5367.4	
Muestreo 10: 20 marzo 2024. Alfalfa-Dactilis INIA: Ciclo 3 - Corte																									
AD 1	30	65	409.1	7.4	20.9	247.7	68.8	226.8	178.9	78.9	21.1	16.364	3.456	81.820	17.280		0.2108	14.2	2.36	14.74	81.5	509.3	407.4	2546.3	

AD 2	35	65	586.0	5.5	20.5	253.3	77.1	232.8	176.2	75.7	24.3	23.440	5.699	117.200	28.495		0.2199	14.9	2.37	14.82	135.2	844.7	675.8	4223.5		
AD 3	40	80	773.0	5.2	20.5	292.5	98.2	272.0	194.3	71.4	28.6	30.920	8.833	154.600	44.163		0.2198	14.1	2.25	14.03	198.3	1239.5	991.6	6197.3		
AD 4	40	70	658.9	5.5	20.5	282.0	90.0	261.5	192.0	73.4	26.6	26.356	7.005	131.780	35.024		0.2131	14.1	2.32	14.47	162.2	1013.9	811.1	5069.3		
AD 5	38	80	529.9	5.5	20.2	248.7	53.5	228.5	195.2	85.4	14.6	21.196	3.089	105.980	15.445		0.2140	16.7	2.73	17.07	84.4	527.3	421.8	2636.5		
AD 6	38	50	584.8	5.5	20.5	278.5	78.1	258.0	200.4	77.7	22.3	23.392	5.222	116.960	26.112		0.2190	14.8	2.37	14.78	123.5	772.0	617.6	3860.2		
Muestreo 11: 10 abril 2024. Alfalfa ILLPA: Ciclo 4 - Crecimiento (se muestreó solo alfalfa)																										
A 1	32	60	622.3	4.1	20.6	286.8	62.6	266.2	224.2	84.2	15.8	24.892	3.927	124.460	19.637		0.2179	25.6	4.11	25.70	161.5	1009.3	807.5	5046.6		
A 2	25	60	792.8	4.1	20.7	289.6	61.0	268.9	228.6	85.0	15.0	31.712	4.753	158.560	23.763		0.2192	21.9	3.50	21.86	166.2	1038.7	831.0	5193.5		
A 3	25	60	675.5	4.5	20.3	286.0	62.6	265.7	223.4	84.1	15.9	27.020	4.302	135.100	21.508		0.2196	37.5	5.98	37.35	257.1	1606.9	1285.5	8034.4		
A 4	35	65	681.1	4.9	20.5	282.0	56.1	261.5	225.9	86.4	13.6	27.244	3.709	136.220	18.545		0.2161	11.7	1.89	11.84	70.3	439.3	351.4	2196.3		
A 5	35	60	542.4	4.8	20.6	285.5	62.1	264.9	223.4	84.3	15.7	21.696	3.399	108.480	16.995		0.2145	22.2	3.62	22.64	123.1	769.5	615.6	3847.6		
A 6	28	85	416.6	4.2	20.5	282.0	69.3	261.5	212.7	81.3	18.7	16.664	3.110	83.320	15.549		0.2158	17.5	2.84	17.74	88.3	551.6	441.3	2758.2		
Muestreo 12: 24 abril 2024. Alfalfa ILLPA: Ciclo 4 - Posfloración																										
A 1	34	70	553.8	10.2	20.5	290.0	80.8	269.5	209.2	77.6	22.4	22.152	4.956	110.760	24.782		0.2172	25.3	4.08	25.48	202.1	1262.9	1010.3	6314.7		
A 2	35	75	629.7	10.1	20.4	289.5	74.7	269.1	214.8	79.8	20.2	25.188	5.083	125.940	25.413		0.2193	21.1	3.37	21.05	171.2	1069.7	855.8	5348.6		
A 3	38	60	598	10.2	20.7	282.2	75.2	261.5	207.0	79.2	20.8	23.920	4.985	119.600	24.926		0.2192	22.2	3.54	22.15	176.7	1104.5	883.6	5522.3		
A 4	30	75	493.9	10.1	20.9	287.3	75.5	266.4	211.8	79.5	20.5	19.756	4.049	98.780	20.245		0.2194	22.0	3.51	21.93	142.1	888.2	710.5	4440.8		
A 5	37	73	643.6	9.8	20.4	287.4	81.0	267.0	206.4	77.3	22.7	25.744	5.843	128.720	29.215		0.2174	21.1	3.40	21.23	198.5	1240.5	992.4	6202.7		
A 6	36	60	700.9	10	20.4	286.9	75.7	266.5	211.2	79.2	20.8	28.036	5.818	140.180	29.088		0.2181	14.9	2.39	14.94	139.1	869.4	695.5	4347.0		
Muestreo 12: 24 abril 2024. Alfalfa INIA: Ciclo 4 - Crecimiento																										
A 1	25	83	395	10.7	20.6	284.5	73.0	263.9	211.5	80.1	19.9	15.800	3.137	79.000	15.686		0.2196	20.0	3.19	19.92	100.0	625.0	500.0	3125.1		
A 2	28	68	430.8	10.1	20.4	280.3	77.2	259.9	203.1	78.1	21.9	17.232	3.766	86.160	18.830		0.2190	20.0	3.20	19.98	120.4	752.3	601.9	3761.7		
A 3	28	50	512.7	11.1	20.4	285.1	75.1	264.7	210.0	79.3	20.7	20.508	4.238	102.540	21.190		0.2168	20.0	3.23	20.18	136.8	855.2	684.2	4276.1		
A 4	25	45	457.8	11.6	20.4	284.6	75.1	264.2	209.5	79.3	20.7	18.312	3.791	91.560	18.957		0.2160	26.0	4.21	26.33	159.7	998.3	798.6	4991.5		
A 5	28	30	438.7	10.4	20.4	284.3	72.5	263.9	211.8	80.3	19.7	17.548	3.464	87.740	17.322		0.2161	19.5	3.16	19.74	109.4	683.8	547.1	3419.2		
A 6	29	40	446.9	10.7	20.5	285.1	77.5	264.6	207.6	78.5	21.5	17.876	3.851	89.380	19.254		0.2150	18.0	2.93	18.31	112.8	705.2	564.2	3526.2		
Muestreo 12: 24 abril 2024. Alfalfa-Dactilis INIA: Ciclo 4 - Corte																										
AD 1	26	58	422.0	9.6	20.4	280.7	92.3	260.3	188.4	72.4	27.6	16.880	4.663	84.400	23.313		0.2158	22.6	3.67	22.91	170.9	1068.1	854.5	5340.7		
AD 2	27	82	409.3	9.9	20.5	275.7	83.4	255.2	192.3	75.4	24.6	16.372	4.035	81.860	20.176		0.2145	22.0	3.59	22.44	144.9	905.3	724.3	4526.7		
AD 3	28	65	505.0	10	20.5	284.2	92.1	263.7	192.1	72.8	27.2	20.200	5.485	101.000	27.424		0.2195	27.0	4.31	26.91	236.1	1475.8	1180.7	7379.1		
AD 4	29	80	567.1	9.9	20.5	281.7	89.3	261.2	192.4	73.7	26.3	22.684	5.975	113.420	29.875		0.2190	21.9	3.50	21.88	209.1	1307.0	1045.6	6535.1		
AD 5	27	85	385.0	9.8	20.4	281.2	90.7	260.8	190.5	73.0	27.0	15.400	4.151	77.000	20.756		0.2193	27.0	4.31	26.93	178.9	1118.0	894.4	5590.0		
AD 6	32	80	484.7	9.4	20.5	276.1	88.6	255.6	187.5	73.4	26.6	19.388	5.166	96.940	25.828		0.2190	15.0	2.40	14.98	123.8	774.0	619.2	3869.8		
Muestreo 13: 15 mayo 2024. Alfalfa ILLPA: Ciclo 5, Crecimiento																										
A 1	39	65	618.9	5.6	12.6	226.6	65.0	214.0	161.6	75.5	24.5	24.756	6.062	123.780	30.309		0.2191	20.6	3.29	20.57	199.5	1246.7	997.4	6233.6		

A 2	36	60	570.9	4.5	12.6	215.5	63.0	202.9	152.5	75.2	24.8	22.836	5.672	114.180	28.362		0.2118	21.5	3.55	22.21	201.5	1259.6	1007.7	6297.9
A 3	37	60	510.9	5.0	12.6	227.5	63.0	214.9	164.5	76.5	23.5	20.436	4.793	102.180	23.964		0.2136	15.5	2.54	15.87	121.7	760.8	608.6	3804.0
A 4	38	65	420.1	4.3	12.7	220.6	56.0	207.9	164.6	79.2	20.8	16.804	3.500	84.020	17.499		0.2182	19.3	3.10	19.35	108.3	677.2	541.7	3385.8
A 5	33	50	378.0	4.3	12.5	224.5	66.0	212.0	158.5	74.8	25.2	15.120	3.816	75.600	19.078		0.2136	19.3	3.16	19.77	120.7	754.2	603.3	3770.9
A 6	42	65	554.1	4.8	12.6	218.2	59.0	205.6	159.2	77.4	22.6	22.164	5.002	110.820	25.010		0.2183	19.5	3.13	19.54	156.4	977.4	781.9	4887.0
Muestreo 13: 15 mayo 2024. Alfalfa INIA: Ciclo 5 - Crecimiento																								
A 1	20	39	346.9	4.7	12.7	227.5	58.0	214.8	169.5	78.9	21.1	13.876	2.926	69.380	14.632		0.2101	25.0	4.16	26.03	121.9	761.7	609.4	3808.6
A 2	26	80	437.2	4.7	12.6	214.6	61.0	202.0	153.6	76.0	24.0	17.488	4.190	87.440	20.951		0.2195	22.3	3.56	22.22	149.0	931.2	745.0	4656.1
A 3	27	60	465.1	4.7	12.7	219.5	63.0	206.8	156.5	75.7	24.3	18.604	4.525	93.020	22.625		0.2192	17.3	2.76	17.26	125.0	781.2	625.0	3906.1
A 4	29	65	634.3	4.6	12.7	226.0	62.0	213.3	164.0	76.9	23.1	25.372	5.864	126.860	29.321		0.2132	24.3	3.99	24.93	233.9	1462.1	1169.7	7310.5
A 5	30	65	506.9	4.4	12.7	223.3	61.0	210.6	162.3	77.1	22.9	20.276	4.650	101.380	23.251		0.2170	25.0	4.03	25.20	187.5	1171.9	937.5	5859.6
A 6	32	75	607.7	4.5	12.6	222.7	62.0	210.1	160.7	76.5	23.5	24.308	5.715	121.540	28.577		0.2135	23.7	3.89	24.28	222.1	1387.9	1110.3	6939.3
Muestreo 13: 15 mayo 2024. Alfalfa-Dactilis INIA: Ciclo 5 - Corte																								
AD 1	23	80	251.1	4.8	12.6	201.1	65.0	188.5	136.1	72.2	27.8	10.044	2.792	50.220	13.980		0.2196	18.5	2.95	18.43	82.3	514.5	411.6	2572.7
AD 2	29	90	311.3	4.6	12.6	203.6	67.0	191.0	136.6	71.5	28.5	12.452	3.547	62.260	17.733		0.2156	18.5	3.00	18.77	106.5	665.7	532.6	3328.5
AD 3	22	75	339.0	4.2	12.6	231.6	73.0	219.0	158.6	72.4	27.6	13.560	3.740	67.800	18.699		0.2195	14.5	2.31	14.45	86.5	540.4	432.3	2702.1
AD 4	31	60	412.2	4.3	12.7	234.6	77.0	221.9	157.6	71.0	29.0	16.488	4.778	82.440	23.889		0.2197	23.5	3.74	23.40	178.9	1117.9	894.3	5589.6
AD 5	32	85	284.3	4.7	12.6	211.1	72.0	198.5	139.1	70.1	29.9	11.372	3.403	56.860	17.015		0.2195	19.1	3.05	19.03	103.6	647.8	518.2	3238.8
AD 6	19	70	437.9	5.1	12.6	212.2	66.0	199.6	146.2	73.2	26.8	17.516	4.686	87.580	23.431		0.2186	16.7	2.67	16.71	125.3	783.1	626.5	3915.6
Muestreo 14: 29 mayo 2024. Alfalfa ILLPA: Ciclo 3 - Posfloración																								
A 1	20	80	371.3	4.6	12.3	201.2	78.3	188.9	122.9	65.1	34.9	14.852	5.189	74.260	25.946		0.2136	18.0	2.95	18.43	153.1	956.6	765.3	4782.8
A 2	28	60	210.9	4.2	12.3	171.4	80.9	159.1	90.5	56.9	43.1	8.436	3.637	42.180	18.187		0.2196	18.3	2.92	18.23	106.1	663.1	530.5	3315.3
A 3	37	70	402.5	4.1	12.5	215.3	91.4	202.8	123.9	61.1	38.9	16.100	6.264	80.500	31.319		0.2136	21.0	3.44	21.51	215.5	1347.1	1077.7	6735.5
A 4	31	50	273.7	4.2	12.3	212.3	84.5	200.0	127.8	63.9	36.1	10.948	3.952	54.740	19.761		0.2181	21.7	3.48	21.76	137.6	860.2	688.2	4300.9
A 5	32	65	292.8	4.4	12.4	213.2	92.5	200.8	120.7	60.1	39.9	11.712	4.672	58.560	23.360		0.2158	16.0	2.59	16.22	121.2	757.7	606.2	3788.7
A 6	30	60	306.1	4.4	12.4	221.9	100.2	209.5	121.7	58.1	41.9	12.244	5.131	61.220	25.657		0.2146	13.0	2.12	13.25	108.8	680.0	544.0	3399.9
Muestreo 14: 29 mayo 2024. Alfalfa INIA: Ciclo 5 - Crecimiento																								
A 1	23	40	265.4	4.3	12.4	215.6	86.2	203.2	129.4	63.7	36.3	10.616	3.856	53.080	19.278		0.2196	19.9	3.17	19.82	122.3	764.3	611.4	3821.5
A 2	28	65	282.1	4.1	12.2	222.2	92.2	210.0	130.0	61.9	38.1	11.284	4.299	56.420	21.493		0.2193	20.7	3.30	20.65	142.0	887.6	710.1	4438.0
A 3	30	70	261.6	4.2	12.3	223.6	92.1	211.3	131.5	62.2	37.8	10.464	3.952	52.320	19.759		0.2145	19.0	3.10	19.38	122.5	765.7	612.6	3828.6
A 4	27	60	306.7	4.3	12.4	220.3	106.9	207.9	113.4	54.5	45.5	12.268	5.576	61.340	27.882		0.2196	12.3	1.96	12.25	109.3	683.2	546.6	3416.2
A 5	23	63	387.9	4.4	12.4	216.4	98.8	204.0	117.6	57.6	42.4	15.516	6.571	77.580	32.857		0.2193	22.2	3.54	22.14	232.8	1455.2	1164.2	7276.1
A 6	25	50	343.1	4.1	12.4	212.3	100.1	199.9	112.2	56.1	43.9	13.724	6.021	68.620	30.105		0.2131	18.8	3.09	19.30	185.9	1162.0	929.6	5809.8
Muestreo 14: 29 mayo 2024. Alfalfa-Dactilis INIA: Ciclo 5 - Corte																								
AD 1	29	65	245.1	4.0	12.4	245.1	81.6	232.7	163.5	70.3	29.7	9.804	2.915	49.020	14.577		0.2193	16.6	2.65	16.56	77.2	482.8	386.2	2413.8

AD 2	30	70	298.1	4.1	12.3	298.1	88.9	285.8	209.2	73.2	26.8	11.924	3.196	59.620	15.979	0.2196	17.5	2.79	17.43	89.1	557.1	445.7	2785.6
AD 3	23	65	299.2	4.2	12.4	299.2	101.3	286.8	197.9	69.0	31.0	11.968	3.710	59.840	18.549	0.2136	14.5	2.38	14.85	88.1	550.9	440.7	2754.4
AD 4	22	62	304.7	4.4	12.5	304.7	94.2	292.2	210.5	72.0	28.0	12.188	3.408	60.940	17.039	0.2196	16.3	2.60	16.24	88.5	553.3	442.7	2766.6
AD 5	26	60	340.4	4.3	12.3	340.4	98.7	328.1	241.7	73.7	26.3	13.616	3.586	68.080	17.928	0.2198	18.2	2.90	18.11	103.9	649.5	519.6	3247.3
AD 6	28	60	252.1	4.4	12.2	252.1	81.0	239.9	171.1	71.3	28.7	10.084	2.892	50.420	14.460	0.2196	16.6	2.65	16.54	76.5	478.2	382.6	2391.0
Muestreo 16: 19 junio 2024. Alfalfa ILLPA: Ciclo 5 - Postfloración																							
A 1	15	60	146.0	4	12.2	148.0	106.1	135.8	41.9	30.9	69.1	5.840	4.038	29.200	20.191	0.2211	20.8	3.29	20.58	133.0	831.0	664.8	4155.0
A 2	30	40	91.0	4.1	12.2	94.3	75.2	82.1	19.1	23.3	76.7	3.640	2.793	18.200	13.966	0.2230	21.3	3.34	20.89	93.4	583.6	466.9	2918.0
A 3	35	50	127.7	4.9	12.2	125.5	81.4	113.3	44.1	38.9	61.1	5.108	3.120	25.540	15.599	0.2265	17.5	2.70	16.90	84.4	527.3	421.8	2636.4
A 4	25	50	110.3	4.1	12.2	116.6	91.3	104.4	25.3	24.2	75.8	4.412	3.343	22.060	16.714	0.2254	18.7	2.90	18.15	97.1	606.7	485.3	3033.3
A 5	35	60	153.1	4.3	12.2	158.9	121.9	146.7	37.0	25.2	74.8	6.124	4.579	30.620	22.897	0.2220	18.7	2.95	18.43	135.0	843.8	675.1	4219.1
A 6	40	60	121.0	4.4	12.2	103.3	81.9	91.1	21.4	23.5	76.5	4.840	3.703	24.200	18.515	0.2274	14.4	2.22	13.85	82.1	513.0	410.4	2564.8
Muestreo 16: 19 junio 2024. Alfalfa INIA: Ciclo 5 - Crecimiento																							
A 1	25	60	144.0	4	12.2	157	114.9	144.8	42.1	29.1	70.9	5.760	4.085	28.800	20.427	0.2210	17.5	2.77	17.32	113.2	707.6	566.1	3538.2
A 2	18	60	111.0	5	12.2	117	87.5	104.8	29.5	28.1	71.9	4.440	3.190	22.200	15.951	0.2221	18.5	2.92	18.22	93.0	581.3	465.0	2906.4
A 3	35	60	95.0	6	12.2	105	73.2	92.8	31.8	34.3	65.7	3.800	2.498	19.000	12.489	0.2208	17.7	2.81	17.54	70.1	438.0	350.4	2190.1
A 4	25	60	95.0	4	12.2	101	74.3	88.8	26.7	30.1	69.9	3.800	2.657	19.000	13.287	0.2226	21.9	3.44	21.52	91.5	571.9	457.5	2859.6
A 5	30	60	110.0	4	12.2	115	84.7	102.8	30.3	29.5	70.5	4.400	3.103	22.000	15.516	0.2218	19.0	3.00	18.74	93.0	581.5	465.2	2907.4
A 6	15	60	121.0	4	12.2	127	97.1	114.8	29.9	26.0	74.0	4.840	3.579	24.200	17.897	0.2249	18.9	2.94	18.38	105.3	658.0	526.4	3290.0
Muestreo 16: 19 junio 2024. Alfalfa-dactilis INIA: Ciclo 5 - Crecimiento (sin pastizal disponible)																							



ANEXO 2. Nitrógeno ureico en la leche (MUN) de vacas alimentadas con alfalfa y alfalfa-dactilis (Marzo 2024)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA-Departamento de Producción Animal
Laboratorio de Leche y Carnes
Teléfonos: 614-7800 Anexos 300/353 Telefax: 349-5761

“Año del Bicentenario de la consolidación de nuestra independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Descripción	ILLPA Urea - mg100ml		
	Mañana	Tarde	ordeño completo
Carla	30.27	30.74	31.36
Raquel	24.33	23.51	22.51
Candy	25.79	25.56	26.15
Gringa	20.73	21.96	21.11
Galaxia	23.64	25.49	23.22
Sancha	36.14	22.22	30.03
Peta	20.34	20.95	19.71
Gaby	31.38	32.7	32.32
Yudi	26.17	28.46	28.21
Rita	25.77	25.06	25.64
Galani	22.31	21.4	21.86
Nueva	32.02	31.43	32.05
Marleni	28.4	29.18	28.67
Blanca	36.01	20.61	29.4
Orejona	27.7	25.55	25.09

Descripción	INIA Urea - mg100ml		
	Mañana	Tarde	ordeño completo
799	21.91	28.41	25.74
892	20.76	21.06	22.01
901	21.66	22.61	22.03
837	6.75	27.26	15.54
874	23.6	26.5	26.51
828	15.91	23.32	21.22
898	21.44	23.14	20.89
893	19.13	21.16	21.85
858	21.18	27.81	23.77
813	17.23	22.15	20.27
861	16.82	22.58	20.41
705	20.87	27.93	23.55
781	24.79	26.29	25.99
885	18.07	18.38	20.87
764	20.65	21.84	21.58



ANEXO 3. Secuencia fotográfica de la alfalfa y alfalfa-dactilis (Nov. 2023 - Jun. 2024)

Alfalfa: Centro Experimental Illpa (UNA-Puno)



Foto 1 Ciclo 0, 1er rebrote posdormancia (27/09/2023)



Foto 3. Ciclo 0, 1er rebrote posdormancia (27/09/2023)



Foto 5 Ciclo I, 2do rebrote posdormancia (7/11/2024)



Foto 7. Ciclo II, 2da floración posdormancia (20/12/2023)

Alfalfa-dactilis: Estación Experimental Illpa (INIA)



Foto 2. Ciclo 0, 1er rebrote posdormancia (27/09/2023)



Foto 4 Ciclo 0, 1er rebrote posdormancia (27/09/2023)



Foto 6. Ciclo I, 2do rebrote posdormancia (7/11/2024)



Foto 8. Ciclo II, 2da floración posdormancia (20/12/2023)

...



Foto 9. Ciclo IV, posfloración (24/04/2024)



Foto 10. Ciclo IV, corte (24/04/2024)



Foto 11. Ciclo V, crecimiento (10/05/2024)



Foto 12. Ciclo IV, corte (15/05/2024)



Foto 13. Ciclo V, posfloración corte (29/05/2024)



Foto 14. Ciclo V, corte (29/05/2024)



Foto 15. Ciclo V, crecimiento (16/06/2024)



Foto 16. Ciclo V, crecimiento (16/06/2024)

Muestreo de alfalfa y alfalfa-dactilis, y preparación de las muestras



Foto 17. Registro de la altura de planta



Foto 18. Muestreo de biomasa vegetal aérea



Foto 19. Muestreo por corte en cuadrante



Foto 20. Área de remoción de biomasa aérea (0.25 m²)



Foto 21. Remisión de muestras al laboratorio



Foto 22. Registro de peso de materia fresca

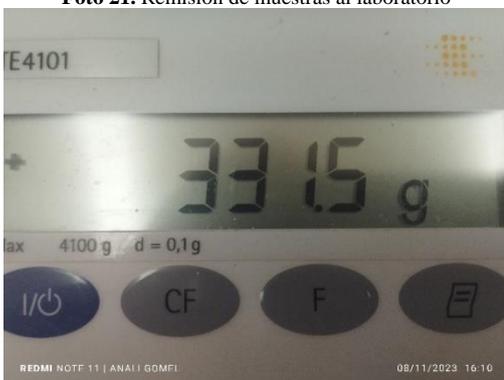


Foto 23. Peso de materia fresca procedente del cuadrante



Foto 24. Selección de la muestra fresca para análisis

Determinación de la humedad y materia seca de las muestras



Foto 25. Peso de bolsa de papel para análisis



Foto 26. Transferencia de materia fresca en bolsa de papel



Foto 27. Peso de papel + materia fresca



Foto 28. Secado de muestras en horno de convección



Foto 29. Registro de peso de papel + materia seca



Foto 30. Molienda de materia seca de alfalfa y alfalfa-dactili.



Foto 31. Rotulado de muestras para análisis



Foto 32. Molino de corte con criba de 1.5 mm

Análisis de nitrógeno total de las muestras: método Kjeldahl



Foto 33. Pesos analíticos para nitrógeno Kjeldahl



Foto 34. Preparación de balones para nitrógeno Kjeldahl



Foto 35. Digestión Kjeldahl de las muestras



Foto 36. Sulfatación del N de las muestras $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$



Foto 37. Destilación Kjeldahl $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$

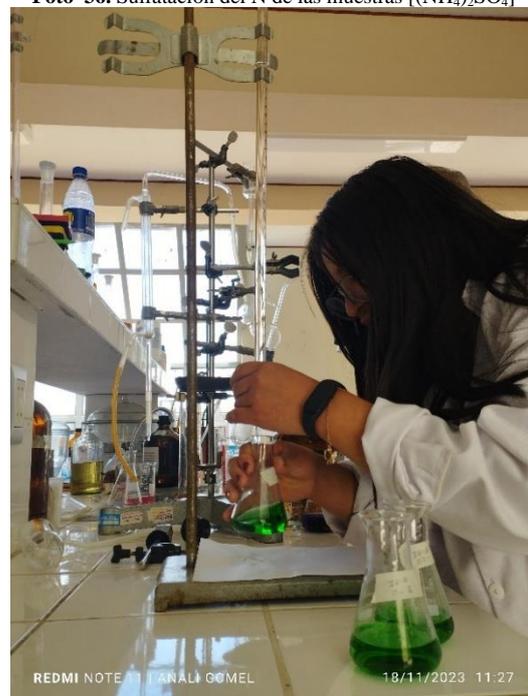


Foto 38. Titulación Kjeldahl $[(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3]$

Alimentación de vacas lecheras con alfalfa y alfalfa-dactilis



Foto 39. Pastoreo de vacas en alfalfa (CE-IIIpa)



Foto 40. Pastoreo de vacas en alfalfa-dactilis (EE-IIIpa)



Foto 41. Consumo de heno de avena (CE-IIIpa)



Foto 42. Pastoreo de vacas en alfalfa-dactilis (EE-IIIpa)



Foto 43. Pastoreo de vacas en alfalfa (CE-IIIpa)



Foto 44. Pastoreo de vacas en alfalfa-dactilis (EE-IIIpa)



Foto 45. Registro de peso vivo de vacas (CE-IIIpa)



Foto 46. Registro de peso vivo de vacas (EE-IIIpa)

Ordeño y muestreo de leche para análisis de nitrógeno ureico en leche (MUN)



Foto 47. Ordeño de vacas alimentadas con alfalfa

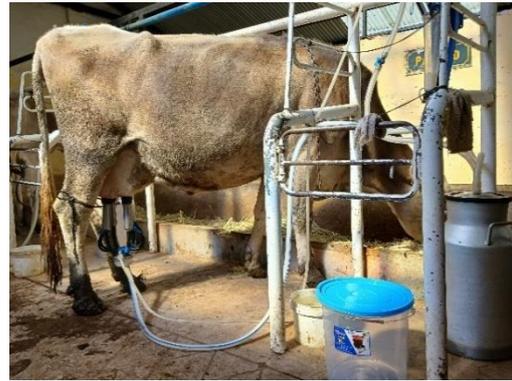


Foto 48. Ordeño de vacas alimentadas con alfalfa-dactilis



Foto 49. Transferencia de la leche al balde



Foto 50. Muestreo de leche en frascos de 100 ml



Foto 51. Adición de 4 gotas de formol al 40% a la leche

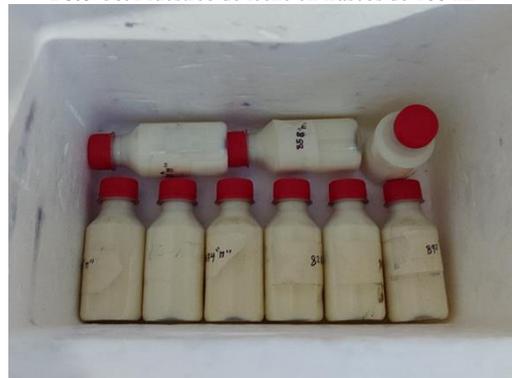


Foto 52. Muestras de leche en caja de poliestireno (tecnopor)



Foto 53. Paquete con muestras de leche con destino a Lima



Foto 54. Traslado de muestras de leche a Lima

Análisis de nitrógeno ureico en la leche (MUN): Laboratorio de Leches UNALM



Foto 55. Universidad Nacional Agraria La Molina



Foto 56. Facultad de Zootecnia (UNALM)



Foto 57. Muestras de leche para analisis de MUN



Foto 58. Muestras de leche para analisis de MUN



Foto 59. MikoScan Foss 4000 (FTIR)



Foto 60. Análisis de MUN en leche (FTIR)



Foto 61. Muestra de leche en proceso de análisis MUN



Foto 62. Resultados de MUN de las muestras de leche

ANEXO 4. Análisis de varianza de doble vía de alfalfa y alfalfa-dactilis según estado fenológico [rebrote, crecimiento, inicio de floración (o punto de corte)]

4.1 ANOVA de contenido de nitrógeno total (% MS)

ANOVA Summary					
Source	SS	df	MS	F	P
Rows	15.31	2	7.65	38.2	<.0001
Columns	8.49	1	8.49	42.37	<.0001
r x c	2.32	2	1.16	5.79	0.0037
Error	34.86	174	0.2		
Total	70.98	179			

Critical Values for the Tukey HSD Test			
	HSD[.05]	HSD[.01]	HSD=the absolute [unsigned] difference between any two means (row means, column means, or cell means) required for significance at the designated level: HSD[.05] for the .05 level; HSD[.01] for the .01 level. The HSD test between row means can be meaningfully performed only if the row effect is significant; between column means, only if the column effect is significant; and between cell means, only if the interaction effect is significant.
Rows [3]	0.2	0.24	
Columns [2]	0.14	0.18	
Cells [6]	0.37	0.44	

4.2 ANOVA de producción de nitrógeno total por campaña de 5 ciclos (t/ha)

ANOVA Summary					
Source	SS	df	MS	F	P
Rows	2.19	2	1.1	22.02	<.0001
Columns	1.49	1	1.49	29.96	<.0001
r x c	0.07	2	0.03	0.69	0.5029
Error	8.66	174	0.05		
Total	12.65	179			

Critical Values for the Tukey HSD Test			
	HSD[.05]	HSD[.01]	HSD=the absolute [unsigned] difference between any two means (row means, column means, or cell means) required for significance at the designated level: HSD[.05] for the .05 level; HSD[.01] for the .01 level. The HSD test between row means can be meaningfully performed only if the row effect is significant; between column means, only if the column effect is significant; and between cell means, only if the interaction effect is significant.
Rows [3]	0.1	0.12	
Columns [2]	0.07	0.09	
Cells [6]	0.19	0.22	

4.3 ANOVA de producción de proteína total por campaña de 5 ciclos (t/ha)

ANOVA Summary					
Source	SS	df	MS	F	P
Rows	85.63	2	42.81	22.04	<.0001
Columns	58.31	1	58.31	30.01	<.0001
r x c	2.66	2	1.33	0.68	0.508
Error	338.07	174	1.94		
Total	493.84	179			

Critical Values for the Tukey HSD Test			
	HSD[.05]	HSD[.01]	HSD=the absolute [unsigned] difference between any two means (row means, column means, or cell means) required for significance at the designated level: HSD[.05] for the .05 level; HSD[.01] for the .01 level. The HSD test between row means can be meaningfully performed only if the row effect is significant; between column means, only if the column effect is significant; and between cell means, only if the interaction effect is significant.
Rows [3]	0.61	0.76	
Columns [2]	0.43	0.56	
Cells [6]	1.16	1.37	



ANEXO 5. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Ruth Anali Comel Alarcón
identificado con DNI 72158440 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Medicina Veterinaria y Zootecnia

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" Evaluación de la dinámica del nitrógeno de la alfalfa
Normante W350 en monocultivo y cultivo asociado en
vacas lecheras "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 12 de noviembre del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 6. Autorización para el depósito de tesis en el repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Ruth Adnali Gomel Alarcón,
identificado con DNI 72158440 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Medicina Veterinaria y Zootecnia
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ Evaluación de la dinámica del nitrógeno de la alfalfa dormante W350 en monocultivo y cultivo asociado en vacas lecheras ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

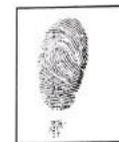
Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 12 de noviembre del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella