

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

VARIABILIDAD A NIVEL DE POTRERO EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL
FORRAJE

Federico GEYMONAT

Trabajo Final de Grado presentado como
uno de los requisitos para obtener
el título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2022

Trabajo final de grado aprobado por:

Director: _____

Ing. Agr. Emiliano Errecarte

Ing. Agr. (PhD) Pablo Chilibroste

Med. Vet. (PhD) Sofia Stirling

Ing. Agr. (MSc) Gaston Ortega

Fecha: 9 de diciembre de 2022

Autor: _____

Federico Geymonat Echenique

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Trabajo final aprobado por:.....	I
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	III
1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	- 2 -
2.1. PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	- 2 -
2.2. MANEJO DEL PASTOREO	- 3 -
2.3. DETERMINACION DE DISPONIBILIDAD DE FORRAJE.....	- 5 -
2.4. USO DE C-DAX Y SUS VENTAJAS.....	- 6 -
2.5. IMPORTANCIA Y APLICACIONES DE LA VARIACIÓN ESPACIAL.....	- 7 -
2.6. CALIDAD DE LAS PASTURAS	- 9 -
2.6.1. Fibra del forraje.....	- 10 -
2.6.2. Digestibilidad de la fibra	- 12 -
2.6.3. Proteína del forraje	- 14 -
2.7. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	- 15 -
3. MATERIALES Y METODOS.....	- 16 -
3.1. SITIO EXPERIMENTAL.....	- 16 -
3.2. MEDICIONES DE PASTURA	- 17 -
3.3. MEDICIONES QUÍMICAS.....	- 17 -
3.4 ANALISIS ESTADÍSTICO	- 17 -
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 19 -
4.1. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN BOTANICA.....	- 19 -
4.2. VALOR NUTRITIVO	- 20 -
5. CONCLUSIÓN	- 23 -
6. RESUMEN.....	- 24 -
7. SUMMARY.....	- 25 -
8. BIBLIOGRAFIA.....	- 26 -

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
Cuadro 1. Resultados productivos pre y post pastoreo por zona.....	- 19 -
Cuadro 2 .Valor nutritivo de las pasturas según zona productiva.....	- 21 -

Figura No.	
Figura 1. Precipitaciones acumuladas y temperatura media por quincena para el periodo estudiado en INIA La Estanzuela.....	- 16 -

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, la lechería es uno de los complejos agroindustriales más importantes no solo por su aporte al PBI agropecuario, sino que también por la cantidad de empleos que genera. A lo largo del tiempo el rubro ha sufrido diversas modificaciones y ha experimentado un proceso de intensificación que le permitió lograr un aumento sostenido en productividad. En la actualidad, la mayoría de los establecimientos tienen al forraje como el principal componente de la dieta suministrada a los animales (Fariña y Chilibroste, 2019). Los sistemas lecheros que obtienen mejores resultados económicos y productivos son aquellos que logran mayores consumos de pasto, reduciendo costos de alimentación.

Lograr altos consumos de pasto es el desafío de los sistemas lecheros del Uruguay (Fariña y Chilibroste, 2019), para ello no basta con solo producirlo, hay que ser eficientes también al momento de la cosecha. El manejo del pastoreo es determinante tanto para la producción animal como para las pasturas. Un sistema pastoril eficiente es aquel que logra consumir las pasturas en un momento que asegure disponibilidad, calidad y persistencia de las praderas en el largo plazo. En general en nuestro país, la utilización es superior en los meses otoño-invierno, pero baja en primavera y verano, en estos meses el aumento en la producción de las praderas y el hecho de no realizar un manejo del pastoreo adecuado determinan un desperdicio de forraje (Méndez et al., 2020), un consumo de estas en estado reproductivo avanzado, que determina un descenso en la calidad de lo suministrado.

Sumado a esto, otro de los aspectos importantes en el manejo de pasturas, del que no existe demasiada información a nivel nacional, es la variabilidad existente en producción y en calidad del forraje a nivel espacial. La hipótesis de este trabajo es que existe variabilidad espacial en las pasturas, estas variaciones se expresan a lo largo del año en la producción y en la calidad. Conocer dicha variabilidad existente dentro del potrero tanto en producción como en calidad, puede permitir ajustar mejor el manejo del pastoreo.

El objetivo de este trabajo es cuantificar la variabilidad existente a nivel de potrero en producción de forraje y en las principales variables de calidad.

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. PRODUCCIÓN DE FORRAJE.

Lograr altas producciones de pasto en conjunto con una alta utilización del mismo son dos factores imprescindibles para obtener sistemas lecheros que perduren.

De acuerdo con Oleggini et al. (2017) existe una relación directa entre la cosecha de forraje y los resultados del tambo: “La cosecha de forraje está fuertemente relacionada con el desempeño de la empresa lechera, siendo esto una condición no suficiente, pero si necesaria para obtener buenos resultados económicos (...), no debemos olvidar que la esencia del negocio lechero es transformar pasto en leche”

En nuestro país, los establecimientos con mejores resultados son aquellos que logran diferenciarse en el consumo de forraje producto de una mayor producción y utilización del mismo (Chilibroste y Battegazzore, 2014)

Según Fariña y Chilibroste (2019) los sistemas lecheros del Uruguay basados en pasturas pueden dar un salto en su producción de leche sin perder competitividad ya que tienen la oportunidad de duplicar su consumo de forraje local.

La producción animal en base a pasto es una forma económica y eficiente de producir alimento en comparación con la producción de animales cuya dieta contiene una elevada proporción de granos (Villarreal et al., 2014)

En la mayoría de los sistemas ganaderos-lecheros, la alimentación animal representa la mayor proporción de los costos variables. Por lo tanto, el objetivo para la mayoría de los sistemas de producción animal basados en el pastoreo es maximizar la cantidad de forraje local que se convierte en producto animal (carne o leche) (Insua et al., 2019)

La producción de leche está determinada por la cantidad y calidad del alimento suministrado a los animales. Según Oleggini et al. (2017) la cosecha de forraje es determinante del desempeño de nuestros sistemas de producción, entre un 50 y 75% de la dieta base de los tambos corresponde a forraje cosechado en los establecimientos. El costo de alimentación representa hasta un 65% de los costos totales del tambo, por lo tanto, el manejo del forraje es determinante del resultado económico de los sistemas de producción de leche del Uruguay.

En Uruguay, es común el uso de mezclas forrajeras compuestas por especies complementarias intentando lograr una buena distribución estacional en la producción (Carámbula, 1991). Las pasturas de gramíneas y leguminosas manejadas correctamente son determinantes de la eficiencia económica y productiva del sector lechero (Duran, 2004).

El patrón de rendimiento de una pastura, varía a lo largo del año. Las condiciones de crecimiento cambian durante las estaciones, las áreas de un potrero que se comportan mejor en verano lo harán peor en invierno y viceversa (Dennis et al., 2015)

En general, en nuestro país las mezclas incluyen gramíneas invernales con leguminosas invernales y/o estivales. Según Carámbula (1991), estas mezclas alcanzan su mayor producción en primavera, época en que la mayoría de las especies pasan a estado reproductivo. Este estado fenológico, determina una reducción en la calidad de las pasturas, este fenómeno es importante en primavera y verano (Klein, 2003).

La acumulación de nitrógeno por los cultivos está altamente relacionada con el crecimiento de los mismos y la generación de biomasa (Gastal y Lemaire, 2002). Greenwood et al., citados por Gastal y Lemaire (2002) sostienen que existe una concentración de nitrógeno crítica definida como la mínima cantidad requerida para alcanzar la máxima tasa de crecimiento del cultivo.

La pérdida del contenido celular durante la maduración es el mayor factor contribuyente a la caída en el valor nutritivo de las pasturas (Coleman y Henry, 2002). La calidad de la pastura decrece al aumentar la edad de la misma, los tallos y las flores tienen menor valor nutritivo, poseen mayores concentraciones de lignina y celulosa con respecto a los tallos jóvenes (Grafton et al., 2016).

En las épocas del año donde las pasturas alcanzan su pico de producción es muy importante ser eficiente en el manejo del pastoreo, utilizar criterios de entrada a pastoreo basado en el estado fisiológico como los del sistema las “3R” (Fariña et al., 2017) permite el ingreso de los animales a una pastura que asegure una buena disponibilidad de forraje y calidad, y a su vez una alta cosecha de forraje por unidad de superficie.

2.2. MANEJO DEL PASTOREO

Discriminar y comprender los factores que determinan la producción y utilización del forraje a nivel de sistema de producción, es un paso crítico en el

crecimiento de los sistemas pastoriles de producción de leche (Fariña y Chilbroste, 2019)

Lograr altos consumos de forraje es determinante para los tambos del Uruguay, esto se logra con producción y utilización. Según Duran (2004), un sistema pastoril eficiente es aquel que tiene alta producción de forraje y buena eficiencia en la cosecha del pasto.

El monitoreo frecuente de la cobertura del pasto es una forma de programar rotaciones de pastoreo y asignar forraje de acuerdo con la demanda de los animales. Se debe considerar el manejo del pastoreo como un conjunto de decisiones dinámicas que tengan en cuenta la variación temporal y espacial del crecimiento del pasto (Insua et al., 2019)

La frecuencia e intensidad de pastoreo tienen influencia directa sobre la cantidad y calidad del forraje producido (Villarreal et al., 2014). En términos de calidad, la cantidad de fibra detergente neutro (FDN), parámetro que comprende la cantidad de celulosa, hemicelulosa y lignina, experimenta grandes variaciones en función del manejo del pastoreo realizado, en general, una mayor disponibilidad de forraje determina un mayor contenido de FDN y viceversa (Klein, 2003).

Por ende, en los meses de primavera y verano donde en general las pasturas se consumen en estados fenológicos avanzados el alimento ofrecido a los animales pierde valor nutritivo.

El objetivo de lograr altos consumos de pasto se ve generalmente limitado en verano, valores altos de FDN (superiores a 45%) se traducen en un descenso del consumo de materia seca si se lo compara con praderas cuya disponibilidad es menor y por lo tanto su calidad es superior (Klein, 2003).

Según (Irvine et al., 2010) pastoreos laxos o poco intensos generan remanentes altos, esto tiende a decrecer la producción de las pasturas y la producción de leche si lo comparamos con pastoreos más intensos, con remanentes menores. Uno de los desafíos en el manejo del pasto, es mantener luego del pastoreo remanentes que se encuentren en el rango óptimo (4-6 cm), durante el periodo de rápido crecimiento de las pasturas, principalmente primavera.

En sistemas de pastoreo, el tiempo, la frecuencia y la intensidad del pastoreo, entre otros factores, pueden influenciar la composición botánica, la morfología y la fenología de las plantas presentes, el valor nutritivo del

crecimiento post pastoreo y la heterogeneidad espacial de la calidad (Coleman y Henry, 2002).

Por ejemplo, si la cantidad de animales es baja, estos pueden permitirse seleccionar lo que consumen. Esto genera variabilidad en el potrero, algunos manchones tienden a ser pastoreados regularmente y logran mantener una mejor calidad con respecto a los que no son preferidos por los animales (Coleman y Henry, 2002).

Por lo tanto, todas estas referencias nos indican que es imprescindible ser eficiente en el manejo del pastoreo, para esto es importante comenzar con una buena determinación de disponibilidad de materia seca de forraje.

2.3. DETERMINACION DE DISPONIBILIDAD DE FORRAJE

Las decisiones operativas y tácticas para optimizar la productividad por animal y por hectárea, requieren de información de disponibilidad de la pastura, esto permite hacer una presupuestación alimenticia y determinar la asignación del alimento (Hutchinson et al., 2010).

El monitoreo regular de la disponibilidad de las pasturas les permite a los productores tomar decisiones precisas en términos de suplementación, a la hora de comprar o vender animales del stock (Hutchinson et al., 2010)

Según (Yule et al., 2010) muchos productores utilizan softwares complejos para calcular los requerimientos energéticos de sus animales para el día a día, sin embargo, en el caso de la estimación de la disponibilidad de las pasturas, el cual es el mayor componente de las dietas, se realizan aproximaciones que varían considerablemente entre los diferentes operadores, no logrando tener eficiencia en dicho proceso.

Lograr una buena medición se traduce en cantidad y calidad de las pasturas.

Existen distintos métodos para la estimación de la disponibilidad de forraje, se pueden clasificar en métodos directos (cortes, doble muestreo) o indirectos (estimación visual, altura de regla, bastón medidor, medidor de disco de levante, métodos satelitales) (Montossi et al., 2013).

Los métodos directos o destructivos requieren del corte de la pastura, los métodos indirectos o no destructivos requieren del corte de un reducido número de muestras que luego se relacionan por comparación visual con un mayor número de muestras las cuales no necesitan ser cortadas (Moliterno, 1997).

El doble muestreo combina ambas técnicas, la primera o destructiva brinda información precisa, pero es muy demandante en mano de obra, y la segunda tiene menor precisión, pero es notoriamente más rápida de ejecutar (Moliterno, 1997).

En nuestro país se han evaluado varios métodos sencillos basados en el principio del doble muestreo entre los cuales está la estimación visual (Moliterno, 1997). El uso de esta técnica sin entrenamiento y sin una base objetiva de referencia puede determinar errores en las mediciones (Montossi et al., 2013).

Los cortes directos son una opción, sin embargo, este es un labor intenso, costoso e impracticable en una situación de sistema productivo (Thomson, citado por Lile et al., 2001).

Otra herramienta disponible es el plato medidor, este instrumento integra la altura del forraje y la densidad de la pastura en única medida. La base de este método es que la biomasa disponible debería estar relacionada con la densidad y la altura de los componentes de la pastura (Montossi et al., 2013)

En general, existe baja aceptación en el uso de métodos como el plato medidor, esto se debe a las imprecisiones percibidas y al tiempo y esfuerzo que requiere su uso habitual (Lile et al., 2001)

Los métodos tradicionales de medición de pasturas sufren una serie de problemas: sistemas lentos basados en peatones, capacidad limitada de muestreo y variabilidad en los resultados (Lawrence et al., 2007)

Estas limitantes desencadenan errores en las estimaciones de disponibilidad, que repercuten en inadecuados ajustes de carga animal y se comprometen la productividad y la persistencia de las praderas.

2.4. USO DE C-DAX Y SUS VENTAJAS

En la actualidad, existen otros métodos de medición como el medidor de pasturas C-DAX. Se trata de un pasturómetro que puede ser propulsado por un cuatriciclo o camioneta, para determinar la altura promedio de la pastura (King et al., 2010).

La unidad de medida puede ser utilizada a velocidades entorno a los 20 km/h. Dos niveles tecnológicos están disponibles, un sistema básico que brinda la cobertura promedio de cada potrero individual, o la incorporación de un GPS que permite mapear la producción de la pastura (Yule et al., 2010).

La altura es determinada mediante una serie de sensores espaciados 20 mm entre sí, ubicados horizontalmente en dos barras verticales. Cuenta con sensores emisores de luz de un lado y receptores de la misma en el otro, la altura es determinada cuando el césped interrumpe, comenzando de abajo, el ultimo haz de luz (King et al., 2010).

El C-DAX provee velocidad, precisión e información repetitiva de la cobertura de la pastura para el usuario dentro de la variedad de condiciones de pre y post pastoreo (Lawrence et al., 2007). Existen otras ventajas de C-DAX con respecto a otros métodos de medición de disponibilidad. Este medidor de pasturas es capaz de tomar hasta 200 lecturas de la cobertura de forraje por segundo (King et al., 2010), estas lecturas son georreferenciadas y por lo tanto se pueden lograr mapas de altura promedio de forraje a nivel de potrero captando así la variabilidad espacial que existe en la pastura.

Un aspecto importante a destacar, tanto en el uso de C-DAX como en el uso del plato medidor es la necesidad de contar con calibraciones y ecuaciones específicas de la región en cuestión ya que muestran diferencias en precisión con las que provee la industria (King et al., 2010). En el caso de C-DAX, una vez realizada la medición, la altura, puede ser convertida a kg de materia seca (MS) mediante una ecuación generada para pasturas y condiciones de nuestro país (Waller, 2020).

Este medidor de pasturas reduce el tiempo requerido para tener las estimaciones de disponibilidad de MS por potrero y además reduce la variación entre operadores. Otros métodos requieren de técnica, son subjetivos y dependientes del operador en la determinación, este método requiere un entrenamiento mínimo para su empleo (King et al., 2010).

Por lo tanto, como herramienta para productores el medidor de pasturas C-DAX permite obtener resultados repetibles, recolectar datos de manera rápida y un fácil manejo de la información (Lawrence et al., 2007). En definitiva, este medidor de pasturas es capaz de generar la información necesaria para un manejo de pasturas similar al manejo de precisión agrícola.

2.5. IMPORTANCIA Y APLICACIONES DE LA VARIACIÓN ESPACIAL

Generalmente, las pasturas son manejadas uniformemente en grandes superficies. La fertilización es prescripta para muchos potreros basada en un único análisis de suelo, o en el mejor de los casos es prescripta para un potrero, aplicándose uniformemente en toda el área del mismo (Dennis et al., 2015).

Existen oportunidades para mejorar los rendimientos de las pasturas e incrementar la eficiencia, entendiendo la variación en un potrero, esta variación puede ser alta y medirla tiene un gran beneficio potencial. Por ejemplo, identificando las áreas de menores rendimientos dentro del mismo, o determinando cuales son los factores que limitan el rendimiento para poder corregirlos, el rendimiento total del potrero puede ser mejorado de esta manera. Esto siempre será más efectivo que tratar el potrero en su totalidad (Dennis et al., 2015).

El rendimiento de una pastura es el resultado de muchos factores diferentes interaccionando, especies, suelo, lluvia, temperatura, manejo del pastoreo, fertilidad, riego, entre otros. Algunos de estos factores son similares a nivel de potrero, como la lluvia caída y la temperatura. Sin embargo, la mayoría pueden variar en gran medida de un área del potrero a otra (Dennis et al., 2015).

Captar la variabilidad espacial en producción de pasto nos permite ajustar manejos agronómicos que dependen del rendimiento, como la fertilización. Esto se asemeja en gran medida a la agricultura de precisión, cuyo concepto básico es identificar la variabilidad espacial y manejar el cultivo y los recursos de manera acorde para maximizar su producción acorde a su potencial (Lawrence et al., 2007). Según (Dobermann et al., 2004) la agricultura de precisión puede entenderse como un concepto para reducir la incertidumbre causada por la variación espacial y temporal no controlable

A nivel mundial, el concepto de agricultura de precisión ha sido por mucho tiempo visto como una herramienta para productores que trabajan en agricultura, sin embargo, en países como Nueva Zelanda los sistemas pastoriles ocupan el 85% del terreno rural, por lo tanto, el tema prioritario en el sector ha sido lograr obtener información precisa para la presupuestación del alimento en dichos sistemas (Lawrence et al., 2007).

Según Schellberg et al. (2008) las pasturas pueden beneficiarse del desarrollo tecnológico que se viene realizando en cultivos durante las últimas décadas. Además de la aplicación de tecnología de la información con el objetivo de responder a la variación en cualquier tipo de recurso en un sistema pastoril, la tecnología de la agricultura de precisión también permite documentar procesos de producción en relación con el espacio y el tiempo en varias escalas. La detección y la medición de propiedades del suelo, cultivo o cobertura, proporciona mucha información para el sistema, que, si se recopila, almacena e interpreta adecuadamente permite mejorar el conocimiento sobre los factores que determinan la producción.

2.6. CALIDAD DE LAS PASTURAS

La importancia de una pastura no solo se basa en su capacidad de producción y en la disponibilidad en cada pastoreo, la calidad de lo ofrecido es muy importante, en especial cuando el objetivo es tener alta performance animal. Las pasturas de calidad permiten ofrecer a los animales proteína de bajo costo para el sistema.

Según Yule et al. (2014). La concentración de las especies deseadas se reduce al reducirse la fertilidad de la pastura y al variar la topografía, siendo reemplazadas por especies silvestres y malezas. Como resultado de este proceso se generan diferencias significativas en la calidad de las pasturas, expresadas como proteína cruda, energía metabolizable y/o materia orgánica digestible.

Tradicionalmente, la calidad nunca ha sido medida, ya que es un proceso que consume tiempo, y los resultados desde el momento del muestreo no son inmediatos, dificultándose la toma de decisiones (Yule et al., 2014). Sin embargo, hoy por hoy es indiscutible la necesidad del muestreo, mejorar y manejar la calidad de las pasturas es un área de oportunidades para los productores, con el objetivo de aumentar el desempeño animal e incrementar el margen de ganancia. El conocimiento de la calidad y la cantidad de pastura en los sistemas lecheros permitirá a los productores tener la habilidad de acompasar las necesidades nutricionales de los animales, especialmente en momentos cruciales (Yule et al., 2014).

Por ende, la cantidad y la calidad de las pasturas son igualmente importantes para la producción, este último parámetro, muchas veces olvidado por los productores, es crítico para optimizar la eficiencia de conversión del alimento en mantenimiento y producción. Suministrar alimento de calidad tiene un efecto muy importante en la performance de los vacunos (Yule et al., 2014).

El estado fisiológico en que la planta se encuentre afecta la calidad de la misma, al avanzar en la madurez, todas las plantas disminuyen su calidad producto de las modificaciones fisiológicas que se generan. Las plantas desarrollan el xilema, acumulan celulosa y generan carbohidratos complejos, todos estos tejidos se enlazan por un proceso llamado lignificación (Hoffman et al., 2007). Además, cuando las plantas maduran modifican la relación hoja/tallo a favor del tallo, como resultado la digestibilidad de la FDN baja porque una proporción mayor del total de FDN está asociada al tallo (Hoffman et al., 2007).

La especie que se utilice también es determinante de la calidad ofrecida. La alfalfa (*Medicago sativa*) ha demostrado ser rica en proteína cruda y en proteína rápidamente degradable, esta especie tiene el potencial de mejorar la calidad del forraje de las mezclas y el rendimiento animal posterior (Xue et al., 2019). En nuestro país son comunes las mezclas forrajeras de alfalfa con dactylis (*Dactylis glomerata*). Estudios realizados por (Xue et al., 2019) sostienen que dicha mezcla forrajera mejora la degradación ruminal y la eficiencia de fermentación, los mejores resultados fueron evidenciados en mezclas 50:50 de estos componentes.

Por lo tanto, es importante pastorear las especies productivas en el estado fisiológico recomendado. En los meses de primavera-verano aumentan las tasas de crecimiento y las especies pasan a estado reproductivo, en dicha estación es imprescindible ajustar el manejo del pastoreo para intentar no deprimir la calidad del forraje ofrecido a los animales.

2.6.1. Fibra del forraje

Las características y la calidad de la fibra juegan un rol importante en el consumo de alimento por parte de los animales en producción, el contenido de fibra del forraje y su digestibilidad muy importante a la hora de definir la calidad del alimento suministrado.

A medida que los forrajes maduran, acumulan más tejido estructural y de menor digestibilidad. Sin embargo, según Hoffman et al. (2007) mientras los pastos y los forrajes están en estado vegetativo, la digestibilidad de la FDN es alta y puede alcanzar más del 70%. Según Oba y Allen (1999), el contenido de fibra del forraje varía ampliamente, dependiendo de la especie, su estado de madurez y el ambiente de crecimiento.

La fibra puede ser definida nutricionalmente como una fracción lentamente digestible o indigestible del alimento que ocupa espacio en el tracto gastrointestinal de los animales (Mertens, 1997). Desde el punto de vista químico, la fibra se compone de un entramado de celulosa, hemicelulosa y lignina (Calsamiglia, 1997).

De los métodos comunes usados rutinariamente para determinar la fibra, el método de Fibra Detergente Neutro es muy utilizado y logra determinar diferencias cuantitativas entre gramíneas y leguminosas, especies de verano e invierno o forrajes y concentrados (Mertens, 1997).

Los detergentes neutros separan el contenido celular del contenido total de la pared celular dando como resultado hemicelulosa, celulosa y lignina (Coleman y Henry, 2002). Por otro lado, la fibra detergente ácido (FDA), representa el residuo insoluble en detergente ácido y está compuesta principalmente por lignina y celulosa. Esta fracción, de difícil digestibilidad, está negativamente correlacionada con la energía del alimento (Acosta, 2004).

Según Oba y Allen (1999), las vacas en producción requieren la fibra suficiente en sus dietas para mantener el funcionamiento del rumen y maximizar la producción de leche, dicha cantidad de fibra es llamada fibra efectiva.

Cuando la ración incluye poca fibra, pueden ocurrir una variedad de síntomas, desde una fermentación alterada en el rumen hasta acidosis severa resultando en la muerte de los animales (Mertens, 1997)

Cuando se incluye poca fibra en la alimentación de los animales, se desencadena una cascada de eventos, disminuye la masticación, disminuye la secreción de saliva y el poder buffer, baja el pH ruminal, se altera la fermentación, esto modifica el metabolismo animal y reduce la producción de leche (Mertens, 1997)

Sin embargo, los problemas no solo ocurren cuando la alimentación carece de fibra, animales alimentados con alta proporción de fibra en la dieta también tienen problemas. Los excesos de FDN en la dieta limitan el consumo voluntario de alimento porque llenan físicamente el rumen (Oba y Allen, 1999). Por lo tanto, es muy importante conocer el aporte de FDN que se suministra en las dietas, tanto valores inferiores como valores superiores a los requerimientos de animales en producción generan problemas que van desde un consumo limitado hasta una fermentación ruminal defectuosa.

La fibra es variable dependiendo de cuáles sean los componentes de las praderas. La fibra detergente neutro alcanza un 25% en las hojas de leguminosas como alfalfa o trébol rojo cuando estas especies están en mitad de floración, esto cambia a 40-55% de FDN en tallos de estas leguminosas. En el mismo estado de madurez, los pastos con mecanismo C3 como la festuca, el bromus o el dactylis tienen cerca de 50% de FDN en las hojas y alrededor de 70% en los tallos (Buxton y Redfearn, 1997)

Las leguminosas generalmente son más digestibles que las gramíneas ya que contienen menos fibra (Buxton y Redfearn, 1997). Según Xue et al. (2019) mejores contenidos de proteína cruda (PC) y menores de FDN y FDA son usualmente observados en leguminosas comparadas con gramíneas producto de

la fijación biológica del nitrógeno atmosférico y menores contenidos de pared celular en las leguminosas.

Muchos autores plantean buscar alternativas desde el mejoramiento genético para obtener cultivares con menores contenidos de fibra o fibra de mayor digestibilidad. Mas allá de la genética, disponemos de la herramienta del manejo del pastoreo para lograr que nuestras pasturas permanezcan con la calidad necesaria a lo largo de su vida útil.

2.6.2. Digestibilidad de la fibra

Uno de los factores más significativos y determinante del valor nutritivos del forraje es su digestibilidad. La digestibilidad es una simple medida de la disponibilidad de los nutrientes. Cuando la digestibilidad es combinada con información de consumo, uno puede realizar una predicción precisa del valor nutritivo del alimento (Khan et al., 2003).

La digestión de la fibra ocurre en primer lugar en el rumen, es el resultado de un proceso dinámico que es afectado por la naturaleza química que presenta la fibra de la planta y por la digestión y el pasaje de la misma por el tracto digestivo del animal (Lopes et al., 2015).

La fibra es un material complejo cuya digestibilidad varía según la especie de forraje, variedad, estado de madurez y ambiente de crecimiento. Es un voluminoso, un componente lento de digerir del alimento, que puede restringir el consumo y la utilización de la energía. Mientras esta es una medición crítica de la calidad del alimento, solo revela parte de la historia acerca de la fibra (Combs, 2013).

Según Goeser y Combs (2009) la digestibilidad del forraje está muy afectada por la alta proporción de FDN y su variabilidad en digestibilidad. La digestibilidad de la fibra es uno de los parámetros más variables del forraje, desde valores menores al 40% en leguminosas en estado de madurez con alto contenido de lignina, hasta valores superiores al 90% en hierbas en vegetativo con bajo contenido de lignina.

Nutricionistas de rumiantes y mejoradores de plantas para forraje, utilizan mediciones *in vitro* de digestibilidad de fibra para conocer la calidad del forraje, predecir la digestibilidad de la dieta y seleccionar genotipos (Goeser y Combs, 2009).

Ambos, celulosa y hemicelulosa decrecen en digestibilidad cuando la planta madura, este decrecimiento está ligado al grado de lignificación. La lignina se deposita en las paredes celulares, originando la formación de una pared celular secundaria que confiere gran resistencia a la digestión. Los tallos tienen un mayor porcentaje de lignina con respecto a las hojas (Coleman y Henry, 2002).

En orden de optimizar la utilización de forrajes, la digestibilidad de la fibra y la tasa a la cual es digerida deben tenerse en cuenta ya que afectan en gran medida el consumo y la producción. La digestibilidad de la fibra es más variable que la digestibilidad de cualquier otro componente del alimento y el contenido de FDN alcanza un 30 a 40% de la energía digestible en forrajes de alta calidad (Combs, 2013).

La habilidad de predecir la digestibilidad de la fibra e incorporar esta información en raciones puede mejorar la utilización del forraje y la producción de leche (Combs, 2013).

Por ejemplo, Oba y Allen (1999) sostienen que una unidad de incremento en la digestibilidad de la fibra medida *in vitro* o *in situ* estuvo asociado con un incremento en el consumo de materia seca de 0.17kg y en leche corregida por grasa 4% de 0.25kg.

La digestibilidad *in vitro* de la FDN de los forrajes es evaluada mediante la incubación del forraje en soluciones buffer y líquido ruminal, a temperatura corporal y bajo condiciones de anaerobiosis (Hoffman et al., 2003).

La concentración de FDN en los forrajes varía de 30 a 80% de la materia seca y también puede diferir en digestibilidad. La FDN en forrajes consiste en dos fracciones: una fracción indigestible y otra potencialmente digestible (Bender et al., 2016).

La digestión ruminal de la fibra detergente neutro es afectada en parte por la proporción que es indigestible, y por la tasa en la cual la fracción potencialmente degradable es digerida. La FDN indigestible en forrajes es comúnmente determinada como el residuo remanente luego de un proceso largo de incubación *in situ* o *in vitro* (Bender et al., 2016). La tasa en que la FDN potencialmente degradable es digerida se puede determinar midiendo la degradación de la misma en el rumen, mediante incubaciones *in vitro* o *in situ* en varios lapsos de tiempo (Bender et al., 2016).

La digestibilidad de la fibra puede ser medida *in vivo* o *in vitro*, es decir mediante una incubación en condiciones de anaerobiosis.

Existe un debate entre los laboratorios de forraje y los académicos si la digestibilidad in vitro de la FDN del forraje debería ser medida mediante una incubación en líquido ruminal de 30 o 48 horas (Hoffman et al., 2003).

La única diferencia entre 30 o 48 horas en la determinación de la digestibilidad de la FDN es el periodo de tiempo en el que la muestra es incubada (Hoffman et al., 2003).

La ventaja de la incubación de 30 horas es que debería representar de mejor manera la cantidad de FDN digerida por un rumiante en consumiendo para mantenerse, la incubación de 48 horas sobre estima el nivel de consumo para mantenimiento. Es importante entender que la digestibilidad in vitro mide que tanta FDN puede digerir un rumiante en niveles de consumo para mantenimiento (sin producción de leche, ni crecimiento). Sin embargo, una ventaja de la incubación de 48 horas consiste en que los resultados serán más repetibles ya que la incubación es mayor (Hoffman et al., 2003).

2.6.3. Proteína del forraje

Determinar de manera apropiada los requerimientos de proteína de los animales es muy importante para maximizar la producción y minimizar el aporte de nitrógeno en sistemas de producción de leche (Huhtanen y Hristov, 2009). El contenido de proteína es importante en la performance animal. Es un nutriente necesario para mantenimiento, crecimiento, reproducción y lactación. Según Acosta (2004) en producción de leche solo la energía es requerida en mayor cantidad que la proteína. La proteína de la dieta provee proteína digestible en el rumen que es utilizada para la formación de proteína microbiana y proteína no digestible que es absorbida a nivel intestinal por el animal (Broderick, 2003).

La cantidad de proteína degradada en el rumen aumenta al aumentar el aporte proteico de la dieta, si se exceden los requerimientos de los microorganismos del rumen, se producen grandes cantidades de amoníaco que luego son excretadas en la orina como urea y dispersadas en el ambiente mediante volatilización (Colmenero y Broderick, 2006).

Según Colmenero y Broderick (2006) dietas con 16.5% de proteína cruda fueron suficiente para maximizar la producción de leche y proteína reduciendo al mínimo la excreción de nitrógeno al ambiente en comparación con dietas con mayor porcentaje de proteína.

El forraje representa una fuente barata de proteína para los animales. El estado fenológico de las pasturas es determinante en cuanto a la disponibilidad

de proteína, de la misma manera que otros componentes celulares, el contenido de proteína decrece desde vegetativo a madurez (Coleman y Henry, 2002).

2.7. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Según (Simón et al., 2013) Las propiedades físico químicas del suelo presentan variabilidad dentro de un lote. Esta, se ve influenciada por una combinación de propiedades, textura del suelo, contenido de materia orgánica, humedad del suelo, capacidad de intercambio catiónico, salinidad, pH, calcio y magnesio.

Existe una relación entre la conductividad eléctrica (CE) y los cationes del suelo, zonas de altos valores de CE, se corresponden con altos contenidos de Calcio, Magnesio y Sodio (Cortes et al., 2013). Según (Cicore et al., 2016b) existe una relación lineal entre la capacidad de intercambio catiónico y la CE, al igual que con la materia orgánica del suelo.

Las mediciones geoespaciales CE son medidas fiables que se utilizan para caracterizar la variabilidad edáfica del suelo, y permite generar sitios específicos de manejo, que influyen en el rendimiento de los cultivos (Corwin y Plant, 2005)

La aplicación de dosis variables de insumos, ya sea de fertilizante y/o semilla, puede ser llevada a cabo, disminuyendo los insumos en la zona menos productiva (Simón, et al., 2013)

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. SITIO EXPERIMENTAL

Este estudio fue realizado en la Unidad de Lechería de INIA La Estanzuela, localizado a 20 km de Colonia, Uruguay desde el 1 de setiembre de 2018 al 28 de febrero de 2019 en el marco del proyecto 10mil (Stirling et al., 2021). La temperatura promedio del periodo fue de 20,1°C y las precipitaciones acumuladas alcanzaron los 626 mm (Figura 1). Las mediciones fueron realizadas en seis potreros, todos ellos con una superficie de 1.25 hectáreas. Todos estos potreros fueron sembrados en otoño 2017 con la mezcla de alfalfa y dactylis. El manejo del pastoreo fue similar en todos los potreros durante el año acorde al sistema establecido en la Unidad (Fariña et al., 2017). El sistema se basa en las "3R"; recorrida, rotación y remanente. Todos los potreros son recorridos semanalmente con el objetivo de conocer la disponibilidad de forraje y determinar el crecimiento semanal. El largo de rotación es determinado según la tasa de crecimiento de las pasturas y determina la velocidad a la que se debe pastorear para lograr consumir todo el crecimiento. Por último, pero no menos importante, se evalúan los remanentes buscando lograr residuales que no afecten la persistencia y el rebrote de las especies sembradas.

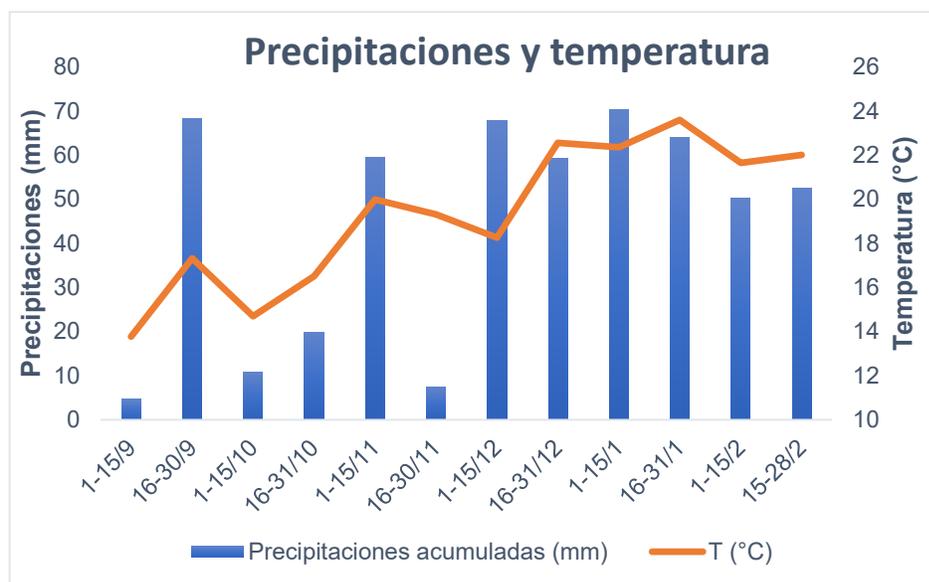


Figura 1. Precipitaciones acumuladas y temperatura media por quincena para el periodo estudiado en INIA La Estanzuela.

3.2. MEDICIONES DE PASTURA

El estudio está enmarcado en la tesis de maestría de Emiliano Errecarte. En este trabajo los potreros fueron zonificados según conductividad eléctrica, resultando en dos zonas por potrero. Las 12 zonas resultantes se clasificaron según su media de conductividad eléctrica en baja, media y alta. La altura de la pastura fue siempre determinada 48 horas previo al pastoreo con el medidor de pasturas C-DAX (King et al., 2010). El medidor fue remolcado con un cuatriciclo, en recorridos paralelos con un espaciamiento de 10 metros entre ellos, registrándose una medición de altura por segundo con su correspondiente ubicación espacial. La información obtenida de altura del forraje fue convertida en biomasa (kg MS/ha) mediante la calibración de C-DAX realizada en el mismo sitio de estudio, para la misma mezcla forrajera (Waller et al., 2020). Las franjas asignadas a los animales no se correspondían con las zonas delimitadas, al momento de realizar las mediciones estas se realizaban en la totalidad del potrero. El desaparecido acumulado se calculó como la suma de las diferencias entre biomasa pre-pastoreo y post-pastoreo siguiente, durante el tiempo del experimento. Se recolectó una muestra de pasto, compuesta por 20 submuestras para cada zona en cada pastoreo utilizando el método de “hand plucking” (Bonnet et al., 2011) para determinar composición botánica y química.

3.3. MEDICIONES QUÍMICAS

Las muestras fueron pesadas frescas y luego secadas en estufa a 60°C durante 48 horas para determinar materia seca parcial. Al ingreso al laboratorio se realizó materia seca total de las muestras por duplicado a 105°C durante 8 horas. Una vez secas, se separó alfalfa de dactylis manualmente para determinar la composición botánica en peso de cada muestra. Luego, todos los componentes fueron mezclados y molidos en zaranda de 1 mm. Las mediciones de FDN y FDA, se analizaron por triplicado de acuerdo con Robertson y Van Soest (1981). Las mediciones de detergente ácido lignina sulfúrica (LSDA) fueron analizadas por triplicado de acuerdo con Van Soest (1973). La digestibilidad *in vitro* del FDN se evaluó a las 48 horas según lo descrito por Goering y Van Soest (1970).

3.4 ANALISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados con análisis de varianza, utilizando el procedimiento mixto de SAS (versión 9.1; SAS Instituto Inc., Cary, NC). Para las variables (Y_{ijk}), el modelo utilizado fue: $Y_i = \mu + S_i + T_j + e_{ij}$.

Donde Y_i = la variable suelo o pastura en la zona i , μ = la media general, S_i = el efecto fijo de la i th zona ($i=A,M,B$) T_j = el efecto aleatorio del j th potrero ($j=1,2,3,4,5,6$) y e_{ijk} = el error residual.

Cuando fueron halladas diferencias entre tratamientos se compararon las medias con la prueba Tukey utilizando un nivel de significancia de 5%. La relación entre la proporción de producción de forraje acumulada de leguminosas y gramíneas y valor nutritivo fue analizada usando el método de regresión de SAS

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN BOTANICA

Las zonas resultantes se diferenciaron en parámetros productivos, composición botánica y valor nutritivo.

El forraje desaparecido fue superior en las zonas de alta conductividad, estas zonas aportaron un 33% más que las zonas de media y un 115% más que las zonas de baja durante el periodo estudiado (Cuadro 1). Bajo este sistema de pastoreo y con estos niveles productivos, la biomasa acumulada depende únicamente de la biomasa pre-pastoreo, ya que se lograron remanentes sin diferencias significativas entre zonas.

Cuadro 1. Resultados productivos pre y post pastoreo por zona

Tratamientos								
Variable	Unidad	Alta	EE ⁽¹⁾	Media	EE	Baja	EE	P-Valor
Pre ⁽²⁾	Kg	2000,3a	109,6	1698,4ab	74,5	1401,3b	109,6	0,0179
Post ⁽³⁾	Kg	825,5	40,2	842,8	27,3	860,0	40,2	0,8461
D.A. ⁽⁴⁾	Kg	5935,3a	428,4	4463,5b	291,0	2743,6c	428,4	0,0031
Alfalfa	Kg	4078,3a	370,2	2307b	251,5	680,1c	370,2	0,0002
Dactylis	Kg	1828,8	256,4	2190,7	174,2	2006,4	256,4	0,5133
Alfalfa	%	72,6a	4,3	50,1b	2,9	24,6c	4,3	0,0002
Dactylis	%	27,4c	4,3	49,9b	2,9	75,4a	4,3	0,0002

¹Error experimental

²Pre Pastoreo acumulados

³Post Pastoreo acumulados

⁴Desaparecido acumulado

La magnitud de los resultados obtenidos en disponibilidad de materia seca pre-pastoreo se asemeja a los resultados encontrados por Cicore et al. (2016a). Estos autores encontraron variaciones al momento de medir disponibilidad desde 2000 a más de 4000 kg MS en primavera. A diferencia de este trabajo, los ensayos fueron realizados sobre pasturas de agropiro en Balcarce, Argentina. Al igual que en este experimento, el manejo del potrero fue homogéneo en cuanto al manejo de nutrientes, solo diferían las propiedades edáficas y topográficas del suelo, sin embargo, la escala utilizada fue mayor ya que se trataba de un potrero de 7 hectáreas. Serrano et al. (2010), en ensayos realizados en Portugal,

encontraron diferencias de 3000 kg MS (1700 a 4700 kg MS). Estas evaluaciones fueron realizadas sobre una pastura multiespecífica en un potrero de 6 hectáreas y contemplando el crecimiento de 3 meses de las pasturas (desde marzo a mayo).

En el presente trabajo, el aspecto de mayor impacto es la variación existente en composición botánica. En todos los tratamientos la mezcla forrajera fue la misma, sin embargo, la proporción de los componentes presentó la variación importante según zona.

La alfalfa aumento su producción a medida que nos movemos de zonas de baja a alta, logrando diferencias productivas de 1770 kg MS y 3398 kg MS con respecto a la zona media y baja respectivamente, mientras que dactylis no mostró diferencias significativas en producción para las diferentes zonas. Por lo tanto, la alfalfa es la responsable de la superioridad en el desaparecido acumulado comentado anteriormente.

Al utilizar mezclas forrajeras es esperable una compensación en crecimiento de las especies, logrando menor variación interanual y una mayor producción de forraje (Schneiter, 2000). En este caso, en las zonas donde la alfalfa no alcanzó su mayor potencial productivo, el dactylis no logró compensar la producción de la mezcla, con un aporte sin diferencias significativas entre zonas. Las mayores producciones de dactylis son esperables en primavera-verano (Formoso, 2007). Esta especie logro producciones inferiores a su potencial. Según INIA e INASE (2021) la variedad testigo OBERON en su segundo año, puede alcanzar producciones de 10472 kg MS anual sembrado puro, teniendo sus mayores producciones en primavera, 65% en primavera-verano (Formoso, 2007).

La producción de forraje del dactylis pudo haber sido limitado por diversos factores edáficos, como la disponibilidad de nitrógeno, nutriente más limitante del crecimiento de las plantas (Morón, 1994). Consideramos que, en las zonas de menor potencial, donde la alfalfa no expresó su potencial, el dactylis puede haber estado bajo subnutrición impidiendo una compensación productiva.

4.2. VALOR NUTRITIVO

La calidad del forraje cosechado por los animales es una de las limitantes más importantes para incrementar la producción de manera económica (García, 1999). En vacunos lecheros, mayores contenidos de FDN determinan un descenso en el consumo de materia seca (Bach y Calsamiglia, 2006).

La mayoría de los parámetros de calidad mostraron diferencias según la zona. La mayor oferta de forraje en las zonas de alta determinó un mayor aporte de FDN y FDA en valores absolutos ($P \leq 0,001$, datos no presentados), pero, si estos parámetros se comparan en valores relativos (%) el resultado es inverso, siendo las zonas de baja conductividad eléctrica las que aportan más FDN y FDA por kg de MS.

Cuadro 2. Valor nutritivo de las pasturas según zona productiva.

Tratamientos								
Variable	Unidad	Alta	EE	Media	EE	Baja	EE	P-Valor
FDN ⁽¹⁾	%	44,43 c	0,85	48,37 b	0,58	52,25 a	0,85	0,0008
FDA ⁽²⁾	%	23,21 c	0,56	24,87 b	0,38	27,39 a	0,56	0,0030
LIG ⁽³⁾	%	4,69	0,19	4,9	0,13	5,22	0,19	0,2062
Digest. FDN ⁽⁴⁾	%	64,10 a	0,60	61,93 b	0,40	60,07 c	0,60	0,0055
PC ⁽⁵⁾	%	25,23 a	0,66	22,83 b	0,45	21,46 b	0,66	0,0128
CEN. ⁽⁶⁾	%	9,83	0,25	9,52	0,17	9,96	0,25	0,3302

¹Fibra detergente neutro

²Fibra detergente ácido

³Lignina

⁴Digestibilidad de la FDN

⁵Proteína cruda

⁶. Cenizas

Según Xue et al. (2019) las leguminosas tienen menor contenido de fibra y mayor contenido de proteína que las gramíneas, esto se condice con los resultados obtenidos para valores relativos.

La relación alfalfa:dactylis determinó diferencias de calidad entre zonas, si bien no se analizaron los componentes de la mezcla por separado, la magnitud de las diferencias lleva a pensar que la relación entre ambas especies fue la que originó cambios en la calidad. Según los autores, la alfalfa presentaba una mayor relación hoja/tallo en las zonas de alta conductividad en relación a las demás zonas, esto es una apreciación, que no se midió objetivamente para poder afirmarlo. Fletcher (1976) sugiere que la proporción de hoja puede utilizarse como una guía simple y aproximada de la calidad del forraje. La relación de cantidad entre hoja y tallo es el principal factor que determina el valor nutritivo en alfalfa (Woodman y Evans, citados por Hung et al., 2020).

A igual estado vegetativo, las gramíneas se digieren más lento que las leguminosas (Bach y Calsamiglia, 2006). La mayor proporción de alfalfa en la mezcla no solo aporta menor contenido relativo de fibra, sino que también la fibra que aporta es más digestible para los animales.

El contenido de FDA se correlaciona negativamente con la digestibilidad, ya que la lignina es indigestible y compromete la digestibilidad de otros componentes de la fibra (García, 1999), en este caso, fueron las zonas de baja conductividad las que presentaron más FDA. Sin embargo, el porcentaje de lignina se mantuvo en las diferentes zonas. Si bien no fue analizado estadísticamente se asume que las diferencias en FDA entre zonas están dadas por una variación de celulosa en el material, ya que la lignina se mantuvo invariable en términos relativos.

Teniendo en cuenta la escala de potrero utilizada, la magnitud de las diferencias en calidad es muy importante. En el caso de la proteína, durante el periodo estudiado las zonas de alta otorgaron 478 kg más que las zonas de media y 908 kg más (3 veces más proteína) que las zonas de baja conductividad.

Las cenizas, no se correlacionan con la digestibilidad del alimento, pero si con su valor energético, a mayor contenido de cenizas, menor valor energético (García, 1999). En este caso, no existieron diferencias entre zonas en la magnitud de cenizas.

5. CONCLUSIÓN

Las diferentes zonas, determinaron cambios en producción, composición botánica y variables de calidad.

En las zonas de alta se evidenció mayor presencia de alfalfa. En aquellas zonas donde la alfalfa no se desarrolló de buena manera el dactylis no logró compensar a pesar de las buenas condiciones hídricas.

Los resultados indican que la variabilidad espacial en praderas puede expresarse aún en escalas pequeñas, y es de esperar resultados al menos similares en condiciones de mayor escala. Estas diferencias productivas y de calidad representan una oportunidad para el sistema, permitiendo realizar ajustes de carga coyunturales o producción de reservas en algunas zonas.

Las zonas de alta ofertaron menor cantidad de fibra, de mayor digestibilidad y más proteína. Esta variable es determinante de la economía del predio, la proteína es uno de los nutrientes más importantes y de mayor costo en las raciones utilizadas para la alimentación animal, conocer estas diferencias le permite al productor ser más eficiente en la alimentación de sus animales.

6. RESUMEN

La mayoría de los establecimientos lecheros de Uruguay tienen al forraje como el principal componente de la dieta. Lograr altos consumos de pasto es el desafío de los mismos para lograr rentabilidad sostenible. Para esto, es importante tener en cuenta y cuantificar la variabilidad espacial existente en producción y en calidad de las pasturas para manejarlas de manera eficiente, siendo este el principal objetivo del presente trabajo. El área experimental comprendió seis potreros zonificados por conductividad eléctrica, resultando en 12 zonas clasificadas como baja, media y alta. Todos los potreros presentaban una mezcla de alfalfa y dactylis de segundo año. Se utilizó el medidor de pasturas C-DAX para determinar la biomasa de forraje en cada pastoreo durante el periodo primavera-verano y, a su vez, se determinó composición botánica y química para cada zona de pastoreo mediante el método de hand-plucking. Se encontraron diferencias en las variables productivas y de calidad entre las diferentes zonas delimitadas por conductividad eléctrica. Las zonas de mayor conductividad ofertaron más forraje y de mayor calidad, principalmente por una mayor presencia de alfalfa.

Palabras clave: conductividad eléctrica; alfalfa; dactylis; pasturometro

7. SUMMARY

Most dairy farms in Uruguay have forage as the main component of the diet. Achieving high grass consumption is their challenge to achieve sustainable profitability. For this, it is important to consider and quantify the existing spatial variability in production and quality of pastures to manage them efficiently, this being the main objective of this work. The experimental area comprised six paddocks zoned by electrical conductivity, resulting in 12 zones classified as low, medium, and high. All the paddocks presented a mixture of alfalfa and second year dactylis. The C-DAX pasture meter was used to determine the forage biomass in each grazing area during the spring-summer period and, in turn, botanical and chemical composition was determined for each grazing area using the hand-plucking method. Differences were found in the productive and quality variables between the different areas delimited by electrical conductivity. The areas with higher conductivity offered more and higher quality forage, mainly due to a greater presence of alfalfa.

Key words: electric conductivity; lucern; orchardgrass; pasturometer

8. BIBLIOGRAFIA

1. Acosta, Y. 2004. Estimadores de valor nutritivo para producción de leche. In: Mieres, J. M. ed. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 69 – 78. (Serie Técnica no. 142).
2. Bach, A.; Calsamiglia, S. 2006. La fibra en los rumiantes: ¿química o física? In: García Rebollar, P.; Blas Beorlegui, P.; González Mateos, G. coords. Avances en nutrición y alimentación animal: XXII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, FEDNA. pp. 99 – 113.
3. Bender, R. W.; Cook, D. E.; Combs, D. K. 2016. Comparison of in situ versus in vitro methods of fiber digestion at 120 and 288 hours to quantify the indigestible neutral detergent fiber fraction of corn silage samples. (en línea). Journal of Dairy Science. 99(7): 5394 – 5400. Consultado 26 set. 2022. Disponible en [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(16\)30218-1/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(16)30218-1/fulltext).
4. Bonnet, O.; Hagenab, N.; Hebbelmann, L.; Meuret, M.; Shrader, A. 2011. Is hand plucking and accurate method of estimating bite mass and instantaneous intake of grazing herbivores? Rangeland Ecology & Management. 64(4): 366 – 374.
5. Broderick, G. A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science. 86(4): 1370 – 1381.
6. Buxton, D. R.; Redfearn, D. D. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. Journal of Nutrition. 127(5): 814 – 818.
7. Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en la dieta de rumiantes. In: García Rebollar, P.; Blas Beorlegui, C.; González Mateos, G. coords. Avances en nutrición y alimentación animal: XIII Curso de Especialización. Madrid, FEDNA. pp. 3 – 19.
8. Carámbula, M. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
9. Chilibroste, P.; Battezzato, G. 2014. Proyecto producción competitiva. Montevideo, CONAPROLE. 31 p.
10. Cicore, P.; Serrano, J.; Shahidian, S.; Sousa, A.; Costa, J. L.; Marques da Silva, J. R. 2016a. Assessment of the spatial variability in tall wheatgrass forage using LANDSAT 8 satellite imagery to delineate potential management zones. (en línea). Environmental Monitoring and Assessment. 188: e513. Consultado 26 set. 2022. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-016-5512-z>.

11. _____; Sánchez, H.; Peralta, N.; Aparicio, V.; Castro, F.; Costa, J. 2016b. Utilización de la conductividad eléctrica y la elevación para delimitar ambientes edáficos en suelos ganaderos. *Informaciones Agronómicas en Hispanoamérica*. no. 23: 19 – 25.
12. Coleman, S.; Henry, D. 2002. Nutritive value of herbage. *In*: Freer, M.; Dove, H. *In*: Sheep nutrition. Wallingford, CABI. pp. 1 – 27.
13. Colmenero, J. J.; Broderick, G. A. 2006. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89(5): 1704 – 1712.
14. Combs, D. K. 2013. TTNDFD: a new approach to evaluate forages. *In*: Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers (79th., 2013, New York). Proceedings. New York, Cornell University. s.p.
15. Cortes, D.; Pérez, J.; Camacho-Tamayo, J. 2013. Relación espacial entre la conductividad eléctrica y algunas propiedades químicas del suelo. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*. 16(2): 401 – 408.
16. Corwin, D.; Plant, R. 2005. Applications of apparent soil electrical conductivity in precision agriculture. *Computers and Electronic in Agriculture*. 46(1-3): 1 – 10.
17. Dennis, S. J.; Taylor, A. L.; O'Neill, K.; Clarke-Hill, W.; Dynes, R. A.; Cox, N.; van Koten, C.; Jowett, T. W. D. 2015. Pasture yield mapping: why and how. *Journal of New Zealand Grasslands*. 77: 41 – 46.
18. Dobberman, A.; Blackmore, S. B.; Cook, S. E.; Adamchuk, V. 2004. Precision farming: challenges and future directions. *In*: International Crop Science Congress (4th., 2004, Brisbane). New directions for a diverse planet: handbook and abstracts. Brisbane, The Regional Institute. s.p.
19. Duran, H. 2004. Cambios tecnológicos e intensificación en los sistemas pastoriles de producción de leche en Uruguay. *In*: INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). Resultados experimentales en lechería. Montevideo, INIA. pp. 115 – 122. (Actividades de Difusión no. 361).
20. Fariña, S.; Tuñón, G.; Pla, M.; Martínez, R. 2017. Sistema de pastoreo La Estanzuela: guía práctica para la implementación de un sistema de pastoreo. Montevideo, INIA. 23 p. (Boletín de Divulgación no.115).
21. _____; Chilibroste, P. 2019. Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: the case of farm systems in Uruguay. (en línea). *Agricultural Systems*. 176: e102631. Consultado 26 set. 2022. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X18313787>.
22. Fletcher, L. R. 1976. Effect of season and regrowth period on the in vitro digestibility of irrigated lucerne in Canterbur. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*. 4(4): 469 – 471.

23. Formoso, F. 2007. Crecimiento de 12 especies forrajeras sembradas en mayo-junio después de cultivos de verano. *In*: Formoso, F. ed. Avances en la siembra directa de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 139 – 149. (Serie Técnica no. 161).
24. García, A. 1999. Importancia de la digestibilidad de la fibra sobre la producción animal. *In*: Jornadas Uruguayas de Buiatría (27^{a.}, 1999, Paysandú). Memorias. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 24 – 30.
25. Gastal, F.; Lemaire, G. 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*. 53(370): 789 – 799.
26. Grafton, M. C. E.; Willis, L. A.; McVeagh, P. J.; Yule, I. J. 2016. Measuring pasture mass and quality indices over time using remote and proximal sensors. International Conference on Precision Agriculture (13^{rd.}, St. Louis, Missouri, 2016). Proceedings. Monticello, International Society of Precision Agriculture. s.p.
27. Goering, H. K.; Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analyses. Washington, USDA. 20 p. (Agriculture Handbook no. 379).
28. Goeser, J. P.; Combs, D. K. 2009. An alternative method to assess 24h in vitro neutral detergent fiber digestibility. *Journal of Dairy Science*. 92(8): 3833 – 3841.
29. Hoffman, P. C.; Lundberg, K. M.; Bauman, L. M.; Shaver, R. D. 2003. In vitro NDF digestibility of forages: the 30 vs 48-hour debate. *Focus on Forage*. 5(16): 1 – 3.
30. _____.; _____.; _____.; _____. 2007. El efecto de la madurez en la digestibilidad de la FDN (fibra detergente neutro). *Focus on Forage*. 5(15): 1 – 2.
31. Huhtanen, P.; Hristov, A. N. 2009. A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 92(7): 3222 – 3232.
32. Hung, T.; Teixeira, E.; Brown, H.; Moot, D. 2020. Yield and quality changes in Lucerne of different fall dormancy ratings under three defoliation regimes. (en línea). *European Journal of Agronomy*. 115: e126012. Consultado 26 set. 2022. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030120300204>.
33. Hutchinson, K. J.; Scobie, D. R.; Beautrais, A. D.; Mackay, A. D.; Rennie, G. M.; Moss, R. A.; Dynes, R. A. 2010. A protocol for sampling pastures in hill country. *Journal of New Zealand Grassland*. 78: 203 – 210.
34. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY); INASE (Instituto Nacional de Semilla, UY.). 2021. Resultados experimentales de la

- evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. (en línea). Montevideo. 107 p. Consultado 10 jun. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2021/PubForrajerasPeriodo2021.pdf
35. Insua, J. R.; Utsumi, S. A.; Basso, B. 2019. Estimation of spatial and temporal variability of pasture growth and digestibility in grazing rotations coupling unmanned aerial vehicle (UAV) with crop simulation models. (en línea). PLoS ONE. 14(3): e0212773. Consultado 2 jul. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212773>
 36. Irvine, L. D.; Freeman, M. J.; Rawnsley, R. P. 2010. The effect of grazing residual control methods on cow intake and milk production in late spring. *In*: Australasian Dairy Science Symposium (4^{th.}, 2010, Christchurch, New Zealand). Proceedings. Canterbury, Lincoln University. pp. 195 – 198.
 37. Khan, M.; Nisa, M. U.; Sarwar, M. 2003. Review techniques measuring digestibility for the nutritional evaluation of feeds. *International Journal of Agriculture and Biology*. 5(1): 91 – 94.
 38. King, W. M. G.; Rennie, G. M.; Dalley, D. E.; Dynes, R. A.; Upsdell, M. P. 2010. Pasture mass estimation by the C-DAX pasture meter: regional calibrations for New Zealand. *In*: Australasian Dairy Science Symposium (4^{th.}, 2010, Christchurch, New Zealand). Proceedings. Canterbury, Lincoln University. pp. 233 – 238.
 39. Klein, F. 2003. Utilización de praderas y nutrición de vacas a pastoreo. Osorno, INIA. s.p. (Serie Actas no. 24).
 40. Lawrence, H.; Yule, I.; Murray, R. Pasture monitoring technologies. *In*: South Island Dairy Event Conference (8^{th.}, 2007). Proceedings. s.e., New Zealand Centre for Precision Agriculture. pp. 126 – 131.
 41. Lile, J. A.; Blackwell, M. B.; Thomson, N. A.; Penno, J. W.; MacDonald, K. A.; Nicholas, P. K.; Lancaster, J. A. S.; Coulter, M. 2001. Practical use of the rising plate meter (RPM) on New Zealand dairy farms. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 63: 159 – 164.
 42. Lopes, F.; Cook, D. E.; Combs, D. K. 2015. Validation of an in vitro model for predicting rumen and total-tract fiber digestibility in dairy cows fed corn silages with different in vitro neutral detergent fiber digestibilities at 2 levels of dry matter intake. *Journal of Dairy Science*. 98(1): 574 – 585.
 43. Méndez, M. N.; Chilibroste, P.; Aguerre, M. 2020. Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: effects of grazing and feeding management. *Animal*. 14(4): 846 – 853.
 44. Mertens, D. R. 1997. Creating a system to meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80(7): 1463 – 1481.

45. Moliterno, E. 1997. Principios y usos de un método de doble muestreo: estimación visual de la disponibilidad de forraje en praderas. *Cangüé*. no. 9: 32 – 36.
46. Montossi, F.; Pravia, M.; Dighiero, A.; Porcile, V.; Gutiérrez, D.; De Barbieri, I. 2013. Estimaciones indirectas de la cantidad de forraje para una mejor gestión de nuestras pasturas. *Revista INIA*. no. 34: 25 – 29.
47. Morón, A. 1994. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. *In*: Morón, A.; Risso, D. eds. *Nitrógeno en pasturas*. Montevideo, INIA. pp. 1 – 12. (Serie Técnica no. 51).
48. Oba, M.; Allen, M. S. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 82(3): 589 – 596.
49. Oleggini, G.; Gallego, F.; Lecuna, C. 2017. El pasto en el tambo. Montevideo, CONAPROLE. 19 p. (Ficha no. 12).
50. Robertson, J. B.; Van Soest, P. J. 1981. The detergent system of analysis. *In*: James, W. P. T.; Theander, O. eds. *The analysis of dietary fiber in food*. New York, Springer. pp. 123 – 158.
51. Schellberg, J.; Hill, M.; Gerhards, R.; Rothmund, M.; Braun, M. 2008. Precision agriculture on grassland: applications, perspectives and constraints. *European Journal of Agronomy*. 29(2-3): 59 – 71.
52. Scheneiter, O. 2000. Pasturas mixtas. *Letras*. 105(11): 10 – 15.
53. Serrano, J.; Peca, J.; Marques da Silva, J.; Shaidian, S. 2010. Mapping soil and pasture variability with and electromagnetic induction sensor. *Computers and Electronics in Agriculture*. 73(1): 7 – 16.
54. Simón, M.; Peralta, N.; Costa, J. 2013. Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. *Ciencia del Suelo*. 31(1): 45 – 55.
55. Stirling, S.; Delaby, L.; Mendoza, A.; Fariña, S. 2021. Intensification strategies for temperate hot-summer grazing dairy systems in South America: effects of feeding strategy and cow genotype. *Journal of Dairy Science*. 104(12): 12647 – 12663.
56. Van Soest, P. J. 1973. Collaborative study of acid detergent fiber and lignin. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*. 56(4): 781 – 784.
57. Villarreal, J. A.; Hernández, A.; Martínez, P. A.; Guerrero, J.; Velasco, M. 2014. Rendimiento y calidad de forraje del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) al variar la frecuencia e intensidad de pastoreo. *Ciencias Pecuarias*. 5(2): 231 – 245.
58. Waller, A. 2020. Análisis de metodología para el monitoreo de pasturas en predios comerciales. Tesis Mag. Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la Republica, Facultad de Agronomía. 62 p.
59. Yule, I. J.; Lawrence, H. G.; Murray, R. I. 2010. Pasture yield measurement with the c-dax pasturemeter. *In*: International Conference on Precision

- Agriculture (10th., 2010). Proceedings. s.l., International Society of Precision Agriculture. s.p.
60. _____.; Grafton, M.; Mcveagh, P.; Pullanagari, R. R. 2014. Exploting the variability in pasture production in New Zealand hill country. In: International Conference on Precision Agriculture (12nd., 2014). s.l., International Society of Precision Agriculture. s.p.
61. Xue, Z.; Liu, N.; Wang, Y.; Yang, H.; Wei, Y.; Moriel, P.; Palmer, E.; Zhang, Y. 2019. Combining orchardgrass and alfalfa: effects of forage ratios on in vitro rumen degradation and fermentation characteristics of silage compared with Hay. (en línea). *Animals (Basel)*. 10(59): e59. Consultado dic. 2022. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7022912/>