

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

USO DE HERRAMIENTAS ALTERNATIVAS EN EL MONITOREO DEL
FORRAJE

por

Josefina LÓPEZ RODRÍGUEZ
Oscar SOSA GUTIÉRREZ

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2019

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Pablo Chilibroste

Ing. Agr. Gastón Ortega

Ing. Agr. Alicia Waller

Fecha: 14 de agosto de 2019

Autores:

Josefina López Rodríguez

Oscar Sosa Gutiérrez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a la Universidad de la República y Facultad de Agronomía por darnos la posibilidad de poder estudiar la carrera de Ingeniero Agrónomo, también así al equipo docente, que brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante año a año.

Agradecemos a nuestro tutor de tesis de grado Ing. Agr. MSc. Gastón Ortega por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos científicos, como también habernos guiado durante todo el desarrollo de la tesis. Nuestro agradecimiento también al co-tutor de tesis de grado Ing. Agr. PhD. Pablo Chilbroste por haber guiado nuestro trabajo conjuntamente con nuestro tutor.

En el mismo orden nuestro agradecimiento a las autoridades y funcionarios del Centro Regional Sur (CRS) de Facultad de Agronomía por la disposición y colaboración en el transcurso del trabajo de campo desarrollado.

Para finalizar también agradecemos a quienes fueron nuestros compañeros de clase; siendo sumamente importante el apoyo recibido, tanto en el transcurso y finalización de nuestra carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	2
1.1.2 <u>Objetivo específico</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA, DE ESPECIES Y DE LA PRODUCCIÓN DE LAS PASTURAS EN URUGUAY.....	3
2.1.1 <u>Clima</u>	3
2.1.2 <u>Especies</u>	3
2.1.3 <u>Producción de pasturas</u>	4
2.2 PLANIFICAR EL USO DEL PASTO.....	6
2.2.1 <u>Manejo estacional</u>	6
2.3 HERRAMIENTAS PARA EL MONITOREO DE LAS PASTURAS.....	8
2.3.1 <u>Método directo destructivo</u>	9
2.3.2 <u>Métodos indirectos o no destructivos</u>	9
2.3.2.1 Uso de pasturometro Rapid pasture meter (C-dax).....	10
2.3.2.2 Estimación visual.....	11
2.3.2.3 Regla graduada.....	11
2.3.2.4 Plato medidor de forraje.....	12
2.3.2.5 Doble muestreo.....	13
2.4 COMPARACIÓN DE MÉTODOS.....	13
2.5 HIPÓTESIS.....	13
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	15
3.1 LOCALIZACIÓN.....	16
3.2 PERIODO EXPERIMENTAL Y CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.....	16

3.3 DISEÑO DE MUESTREO.....	17
3.4 LUGAR DE MUESTREO.....	18
3.5 EVALUACIÓN (MATERIALES).....	19
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	20
3.6.1 <u>Calibración</u>	20
3.6.2 <u>Comparación de métodos</u>	20
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	21
4.1 RELACIÓN ALTURA C-DAX VS. BIOMASA.....	21
4.2 RELACIÓN ALTURA REGLA GRADUADA VS. BIOMASA.....	28
4.3 COMPARACIÓN DE MÉTODOS.....	32
5. <u>CONCLUSIONES</u>	38
6. <u>RESUMEN</u>	39
7. <u>SUMMARY</u>	40
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	41
9. <u>ANEXOS</u>	48

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción de pasto y carga animal por estación.....	7
2. Comparación práctica de métodos.....	13
3. Antecedentes de coeficientes de determinación y regresión, de distintos métodos de estimación de biomasa	14
4. Mezclas.....	19
5. Análisis de regresión para la calibración del C-dax en el conjunto de especies.....	21
6. Análisis de regresión para la calibración del C-dax en el conjunto de especies para valores de KgMS/ha mayores a 5 cm.....	24
7. Análisis de regresión para la calibración de regla graduada en todas las especies.....	28
8. Análisis de regresión para la calibración de regla graduada en todas las especies más de 5 cm.....	31
Figura No.	
1. Mapa de ubicación.....	16
2. Mapa de tratamientos.....	18
Gráfico No.	
1. Producción anual de las mezclas.....	5
2. Producción promedio estacional de las mezclas.....	5
3. Régimen de precipitaciones y balance hídrico en CRS, año 2017.....	17
4. Calibración para el conjunto de especies con C-dax.....	21

5. Comparación de R^2 con kgMS/ha totales vs. R^2 con kgMS/ha a más de 5 cm del suelo, midiendo con C-dax.....	23
6. Comparación de B1 con kgMS/ha totales vs. B1 con kgMS/ha a más de 5 cm del suelo, midiendo con C-dax.....	25
7. kgMS/ha total C-dax calibrado y C-dax original.....	26
8. kgMS/ha total C-dax calibrado con gramíneas y C-dax original.....	27
9. Calibración para el conjunto de especies con regla graduada.....	28
10. Comparación de R^2 con kgMS/ha totales vs. R^2 con kgMS/ha a más de cinco centímetros del suelo, medido con regla graduada.....	31
11. Comparación de B1 con kgMS/ha totales vs. B1 con kgMS/ha a más de cinco centímetros del suelo, medido con regla graduada.....	31
12. Comparación de alturas en mm C-dax vs. Regla para todas las especies.....	32
13. Comparación en kgMS/ha C-dax y regla calibradas para todas las especies.....	33
14. Comparación en kgMS/ha C-dax y regla calibradas para alfalfa.....	34
15. Comparación en kgMS/ha C-dax y regla calibradas para av/rg.....	34
16. Comparación en kgMS/ha C-dax y regla calibradas para dactylis.....	35
17. Comparación de métodos calibrados con kgMS/ha totales.....	36
18. Comparación de métodos calibrados con kgMS/ha más de 5 cm.....	37

1. INTRODUCCIÓN

La competitividad de la producción animal en Uruguay se basa en el éxito del modelo pastoril. El resultado aceptable de estos sistemas de producción parte de una correcta producción y utilización de las pasturas.

La mejor utilización del forraje busca la producción de alimentos de alta calidad a bajos costos, ya que sistemas pastoriles bien gestionados son más eficientes económicamente (Soca, 2015).

Los sistemas pastoriles ganaderos y lecheros ocupan el 42% de la superficie agropecuaria. Estos sectores son netamente exportadores, representando aproximadamente el 36 % de las exportaciones de origen agrícola del país (MGAP. DIEA, 2017). Por esto la producción de pasto es un factor relevante para mantener la competitividad de los sistemas productivos a través del control de costos (Chilibroste et al. 2011, Soca 2015).

El equilibrio entre producción de forraje y demanda animal es determinante para un correcto manejo de los sistemas pastoriles. Motivo por el cual para conocer la cantidad es necesario respaldar las decisiones mediante balances forrajeros y de forma de ajustar la oferta diaria con los requerimientos del ganado.

Manejar un sistema pastoril, también implica estar expuesto a la variabilidad climática anual como estacional. En el Uruguay la estacionalidad de la producción de forraje establece un gran desafío para los sistemas desde el punto de vista de la oferta, generando condiciones de déficit y superávit en los balances forrajeros.

Disponer de herramientas de monitoreo, permite cuantificar variables como la biomasa y la tasa de crecimiento que brindan información que facilitan el control y la toma de decisiones para planificar y diseñar estrategias para un mayor control.

Con el fin de generar información de cómo se comportan distintas herramientas para determinar la disponibilidad del forraje, se realizó un experimento que compara diferentes técnicas: una ampliamente difundida y de uso práctico en los sistemas, la regla graduada y la otra, un instrumento que cada vez con mayor frecuencia se está utilizando en los sistemas pastoriles de Nueva Zelanda, el pasturómetro (C-dax).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es comparar diferentes herramientas (métodos indirectos) para estimar la disponibilidad de forraje (kgMS/ha) en diferentes mezclas forrajeras representativas de una rotación de pasturas perennes y verdes de un sistema de producción pastoril lechero.

1.1.2 Objetivos específicos

1- Calibrar el instrumento C-dax y regla graduada sobre recursos forrajeros anuales (*Avena bizantina* / *Lolium multiflorum*) y perennes (*Dactylis glomerata* / *Trifolium repens*; *Medicago sativa*) en las condiciones de Uruguay para las estaciones de otoño-invierno.

2- Comparar la calibración local con la calibración del lugar de origen para el uso del pasturómetro C-dax.

3- Evaluar la diferencia en la estimación de biomasa y altura entre el pasturómetro C-dax y estimaciones realizadas con la regla graduada.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA, DE ESPECIES Y DE LA PRODUCCIÓN DE LAS PASTURAS EN URUGUAY

Uruguay es un país con buenas condiciones para el desarrollo de pasturas templadas y subtropicales (Carámbula, 2007). La superficie total agropecuaria ocupa aproximadamente el 90% del área total del país, unas 16.357.000 hectáreas, de las cuales 1.357.631 hectáreas corresponden a praderas artificiales (MGAP. DIEA, 2017).

Las producciones de pasturas presentan variaciones a nivel nacional y regional, debido a diferentes factores: climáticos, edáficos y genéticos de las especies que interactúan en un mismo espacio y tiempo.

2.1.1 Clima

Uruguay se encuentra entre latitudes 30°S y 35°S, definiéndose como un país de clima templado, con temperaturas medias estacionales que van desde 14°C en invierno a 26°C en verano.¹ Los valores medios de precipitaciones acumuladas anuales se sitúan entre 1200 y 1600 milímetros (mm); no existen estaciones secas ni lluviosas bien definidas. Los registros acumulados medios mensuales están comprendidos entre 60 mm y 140 mm (Castaño et al., 2011).

2.1.2 Especies

Las especies perennes son un recurso muy eficiente para la protección del suelo, mejorando su estructura y su fertilidad mediante el reciclaje de nutrientes (Pérez et al., 2002). Permiten incrementar la estabilidad de la oferta de alimento en las diferentes estaciones (Mattiauda et al., 2009). La importancia de las pasturas no solo radica en lo ambiental sino que también, pasturas más duraderas permite diluir los costos de implantación en los años de vida de la pastura, haciéndola más económica en el largo plazo que una rotación con secuencia de verdeos.

¹ INIA (Instituto Nacional Investigación Agropecuaria, UY). Normales climatológicas, 1972-2017. Montevideo. s.p. (sin publicar).

La alfalfa, por sus características tales como su perennidad, alto valor nutritivo, capacidad de fijación biológica de nitrógeno atmosférico, la convierten en un recurso fundamental para la producción agropecuaria en zonas templadas (Pagliaricci et al., 2002). Además, es una leguminosa que aporta sustentabilidad a los sistemas de producción, por su función en la recuperación de la fertilidad y estabilidad edáfica (Díaz 1992a, 1992b).

El dactylis es una especie que puede ser caracterizada por ser exigente en las condiciones de manejo del pastoreo (Pagliaricci et al., 2002). Es un forraje de buena calidad, con alto contenido proteico y palatable, muy bueno para la producción de leche y carne (INIA, 2010). El trébol blanco se asocia muy bien con esta especie ya que tiene una gran plasticidad que le permite soportar un amplio rango de frecuencias e intensidades de defoliación (Kloster y Zaniboni, 2007).

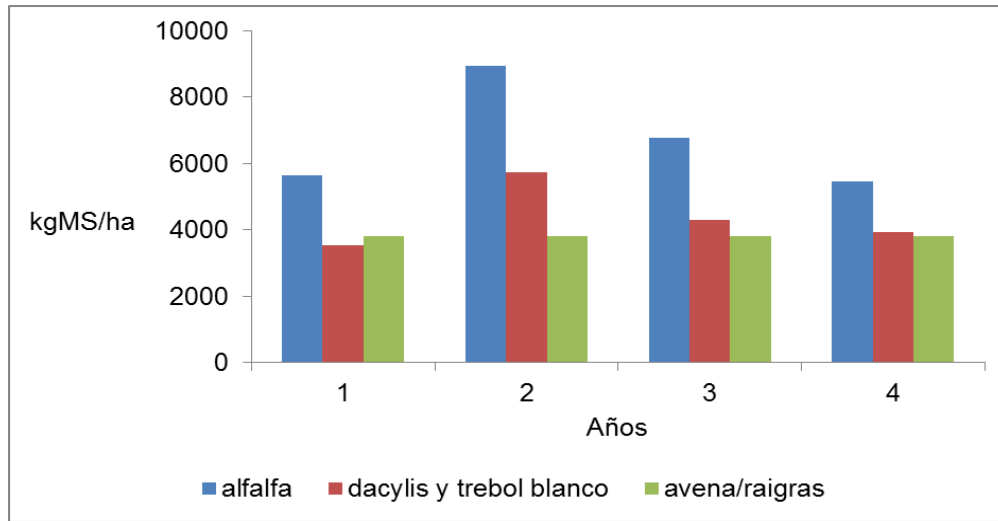
Las gramíneas anuales, en este caso invernales, aseguran forrajes tempranos en otoño (avena), y realizan un aporte importante de materia seca al sistema en meses de invierno (raigrás) donde las tasas de crecimiento de las pasturas perennes son limitadas por las temperaturas (Formoso, 2008).

Tener mezclas con especies de diferentes ciclos y hábitos productivos hace más difícil el manejo de las mismas. El momento óptimo de ingreso de los animales a la pastura en base al número de hojas acumuladas a partir del último pastoreo, en gramíneas va de 2 a 3 hojas (Agnusdei, 2013) y en alfalfa de 8 a 9 nudos (Fariña et al., 2017). En cuanto a la salida del pastoreo, el remanente promedio aconsejable es de 5 cm ya que esta altura es un criterio en el cual se considera que la pastura fue aprovechada (Fariña et al., 2017). Este manejo busca alcanzar con rapidez las máximas tasas de crecimiento de la pastura (Pearson y Chapman, 2000), ajustar la rotación de modo de no afectar la productividad de las pasturas y la producción animal (Agnusdei, 2013).

2.1.3 Producción de pasturas

Se detalla las producciones anuales de las mezclas de alfalfa, dactylis/trébol blanco y avena/raigrás para condiciones de Uruguay.

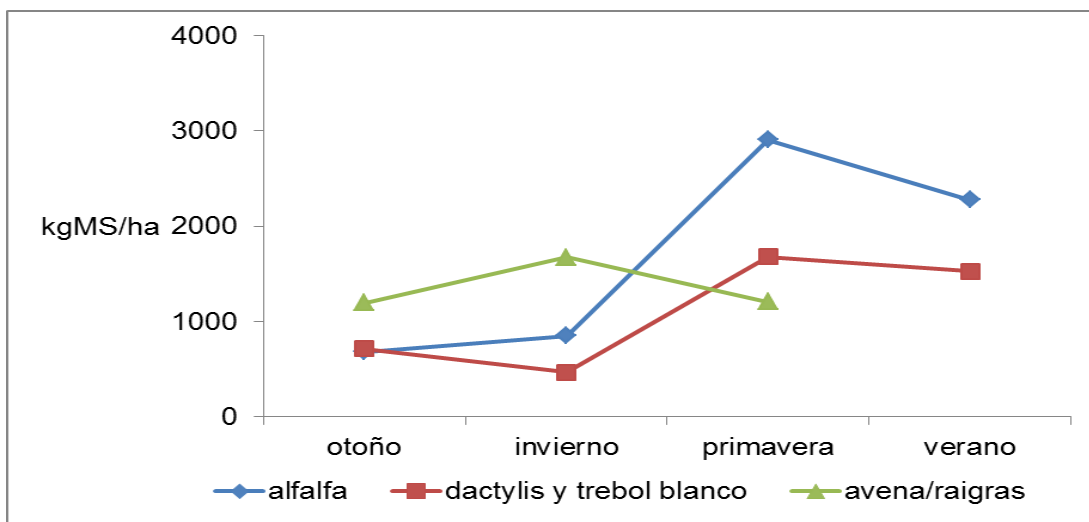
Gráfico No.1. Producción anual de las mezclas



Fuente: Leborgne (1983).

En el gráfico No. 1 se observa que las pasturas perennes tienen su máximo rendimiento en el segundo año de vida, dentro de ellas la alfalfa es la especie más productiva. En el caso de las anuales, raigrás y avena tienen alta producción anual.

Gráfico No. 2. Producción estacional de las mezclas



Fuente: Leborgne (1983).

En el gráfico No. 2 se puede ver que las producciones promedio por estación de las pasturas perennes presentan una mayor producción en primavera (Carámbula 2007, Rebuffo 2000). En verano su comportamiento es más variable dependiendo de las condiciones hídricas. En cambio en las estaciones más frías otoño-invierno, disminuyen notoriamente sus producciones. En este periodo donde las mezclas perennes presentan menor rendimiento por condiciones climáticas desfavorables, el aporte de la mezcla anual es de suma importancia. Estas variaciones entre especies y estaciones deberían ser manejadas con buena precisión para maximizar el uso del recurso forrajero (Carámbula, 2006).

2.2 PLANIFICAR EL USO DEL PASTO

La variación del área agrícola entre los censos 2000-2011 muestra que ha aumentado un 110%, mientras que el área lechera y ganadera han disminuido 54% y 36% respectivamente (MGAP. DIEA, 2015). Esta reestructuración de los rubros explica la necesidad de intensificar la producción, acompañado de una alta competencia por el recurso tierra (Chilibroste, 2015). Datos del censo reportan que la producción de carne ha aumentado 9% (toneladas en pie) y la lechera un 16% (litros producidos/ año) entre los ejercicios 2009/2010 a 2016/2017 (MGAP. DIEA, 2018).

El aumento de producción por unidad de área puede verse reflejado por el conocimiento de la productividad forrajera (Paruelo et al., 2011). Este aumento se encuentra estrechamente vinculado por respetar los criterios fisiológicos que proporcionen condiciones óptimas para la producción y persistencia de los pastos (Fulkerson y Donaghy, 2001).

2.2.1 Manejo estacional

Para un eficiente manejo del forraje, donde la tasa de crecimiento y el consumo diario sean equivalentes en todo el sistema productivo, es necesario el monitoreo semanal (Macdonald y Penno 1998, Holmes y Roche 2007, Fariña et al. 2017, Ortega 2018), y tener en cuenta los cambios morfológicos que suceden en cada estación, además de las variaciones climáticas (Carámbula, 1991).

Cuadro No.1. Producción de pasto y carga animal por estación

	otoño	invierno	primavera	verano
Producción total (kgMS/ha)	2591	2988	5788	3803
% utilización	51	49	45	46
KgMS/ha cosechable	1321	1464	2605	1749
kgMS/ha cosechable/día	15	16	29	19
Carga (VM/ha)	1,1	1,3	2,2	1,5

Fuente: adaptado de Leborgne (1983), Silbermann et al. (2005), Chilibroste (2015).

La producción estacional de la rotación, aplicando los % de utilización de la pastura (Silbermann et al., 2005) dan como resultado una biomasa cosechable (kgMS/ha) que permite un potencial de carga (VO/ha), suponiendo un consumo por animal en promedio de 13 kgMS/día de forraje (Chilibroste, 2015), como se observa en el cuadro anterior. Los resultados obtenidos en el proyecto producción competitiva 2011-2013 (Chilibroste, 2015) muestran cargas de 0,78 a 1,36 VM/ha correspondiendo a los tambos de menor a mayor productividad respectivamente. Se ve una brecha en la carga donde los productores de alta productividad están cerca pero aun así no llegan a la carga potencial promedio. Por ende hay una oportunidad de mejora en el uso del pasto para captar el crecimiento de primavera ya sea con mayor carga o destino de mayor área para reservas.

En invierno el aporte de las praderas permanentes (Pp) es escaso, la estrategia alimenticia cambia, aumentando el aporte de los verdeos de invierno (70%), teniendo como resultado alta carga potencial en esta estación, permitiendo enfrentar la concentración de las pariciones en otoño, la cual se da debido a la demanda de la industria por la producción de leche invernal (Silbermann et al., 2005).

Por otra parte la utilización de forma estructural de pasturas de corta duración de ciclo invierno-primaveral, determina que la rotación exponga entre un 40 a 70% del área como barbecho y disminuya el área "real" de pastoreo. En invierno el sobrepastoreo reduce la producción y persistencia del forraje e incrementa el costo por unidad de producto (Chilibroste et al. 2003, Soca et al. 2008).

En invierno las menores temperaturas provocan que las tasas de crecimiento de las pasturas disminuyan (Formoso, 2008), por lo tanto es

razonable que incremente el consumo de reservas, las cuales son de gran importancia para esta época. Acción que va en concordancia con la curva de producción de pasturas, donde la estacionalidad está marcada hacia la primavera.

A su vez los sistemas lecheros más pastoriles con buenos resultados son los que utilizan mayor cantidad de reservas y concentrados sin disminuir el consumo de forraje por unidad de superficie (Chilibroste, 2015). El pasto invernal es de muy alta calidad nutritiva, pero los rendimientos que se pueden obtener derivan en que su utilización debe ser muy bien planificada (Carámbula, 2006). Sería una ventaja tener una rutina de monitoreo del pasto establecida en el sistema y así conocer la disponibilidad de biomasa y poder estimar los faltantes.

En la primavera, se da una mayor tasa de crecimiento debido a la temperatura en aumento, intensidad de luz y fotoperiodos progresivamente mayores (Carámbula, 2006), acompañado de una mayor mineralización de materia orgánica (Baethgen, 1999), obteniendo volúmenes de pasto que exceden la capacidad de consumo para los niveles de carga de nuestros sistemas (Oleggini et al., 2017). Esto es determinante para lograr consumir forraje de calidad (Carámbula 2006, Oleggini et al. 2017). Los excesos producidos se pueden aprovechar cuando lo disponible no es suficiente para cubrir la demanda como es el caso del invierno (Carámbula, 2006).

Hacer coincidir los mayores requerimientos del sistemas de producción animal con la mayor oferta forrajera, variar la carga animal en función de la disponibilidad de forraje, planificar la confección de reservas de forraje o suplementar, son alternativas para sortear los momentos críticos en la producción de pasto (Pagliaricci et al. 2002, Mattiauda 2017). Para la ejecución de dichas alternativas es necesario conocer el balance oferta - demanda, sin embargo, la oferta de forraje es dificultosa de obtener por falta de métodos prácticos, rápidos y que aseguren valores precisos sin entrar en la subjetividad. Para hacer un buen manejo es necesario conocer el pasto disponible (Paruelo et al., 2011), y es necesario medirlo.

2.3 HERRAMIENTAS PARA EL MONITOREO DE LAS PASTURAS

Para realizar la tarea de monitoreo de las pasturas se pueden emplear diferentes métodos para la estimación de biomasa (Montossi 2013a, Montossi y De Baribieri 2013b) con la finalidad de realizar un mejor control del sistema. Las herramientas de monitoreo permiten estimar la biomasa presente en una pastura, y utilizar esta información para calcular productividad forrajera (Lyons

2007, Cangiano y Brizuela 2011). Sin embargo, datos obtenidos por una encuesta realizada por GIPROCAR II, revela que solo un 42% de los productores estima la disponibilidad de materia seca por unidad de superficie a través de una estimación esencialmente “visual” del forraje disponible (Pravia et al., 2013).

Los métodos se clasifican en directos e indirectos, siendo los primeros basados en un muestreo destructivo y los indirectos en uso de técnicas no destructivas como el pasturómetro (C-dax), regla graduada, estimación visual, plato medidor de forraje (Fernández, 2004, ver anexos). La adopción de uno u otro, dependerá de la precisión entre instrumentos, la facilidad en la implementación y el costo.

2.3.1 Método directo destructivo

En forma general, el corte en cuadrante (en una sección de área conocida) se aplica como método de referencia, ya que es el más preciso para la porción de área conocida (Cangiano, 1996), pero como contrapartida la determinación es en una escala muy pequeña del terreno y no representa con certeza la variabilidad del mismo (Millapán, 2014). Consiste en cortar una muestra del material vegetal con una medida conocida, pesar y secar en estufa o microondas en laboratorio. La dificultad que presenta esta medición en primer lugar, es que insume tiempo además de ser una técnica destructiva, y en segundo lugar la necesidad de un gran número de muestras para obtener estimaciones confiables que representen la heterogeneidad del terreno (Pravia, 2013).

La presencia de animales en las pasturas, su comportamiento y las necesidades biológicas, determinan una distribución muy heterogénea en cuanto a la altura y composición de las especies en el potrero, esto implica una gran variabilidad que hace necesario un mayor número de muestras para poder establecer la disponibilidad (Fernández, 2004).

2.3.2 Métodos indirectos o no destructivos

Existen varios métodos indirectos no destructivos que permiten estimar la disponibilidad de los diferentes forrajes, con ventajas y desventajas entre sí y frente a la aplicación del método directo.

2.3.2.1 Uso de pasturómetro Rapid pasture meter (C-dax)

Fue desarrollado en Nueva Zelanda, con el fin estimar la biomasa aérea de la pastura. Consta de un arco en forma de “U” invertida, montado sobre una estructura especial. El sensor cuenta con 18 emisores de rayos Infra Rojos (9 de cada lado) separados a 20 mm. El mismo es montado detrás de un cuatriciclo y va registrando la altura a medida que el rayo que une el emisor con el receptor es interceptado sobre un ancho de pasada de 30 cm. Al ir tomando las sucesivas mediciones, las mismas son proyectadas en una pequeña pantalla control, donde puede observarse la altura correspondiente y un valor de disponibilidad forrajera en kgMS/ha asociado a una calibración en el lugar de origen. El sistema viene calibrado de origen, con una fórmula predeterminada para pasturas de raigrás y trébol blanco típicas para diferentes zonas de Nueva Zelanda. El dispositivo permite obtener 200 mediciones de alturas por segundo y puede utilizarse hasta velocidades de 20 km/h (C-dax, 2014).

La ventaja de este sensor es la simplicidad, practicidad y rapidez con que genera el registro de altura promedio (Lyons 2007, Yule et al. 2007, King et al. 2010) y que las estimaciones establecen un grado de independencia al error entre usuarios (Rennie et al., 2009). Dada la capacidad de tener una alta frecuencia de registros por unidad de tiempo permite leer la heterogeneidad. Como desventaja presenta, un eventual mayor costo en relación a los otros métodos de estimación y desconocimiento sobre su aplicación en el país, además se necesita disponer de un vehículo para recorrer el campo.

En sistemas intensivos con alta complejidad y con gran competencia por la mano de obra calificada, realizar tareas en el menor tiempo posible y de forma precisa es muy importante. En Suiza Schori et al. (2015) estimaron que el uso del pasturómetro reduce hasta 6 veces el tiempo de estimación de biomasa en los sistemas.

Asociaciones positivas entre altura registrada por el pasturómetro fueron reportadas por Loaiza et al. (2012) para las condiciones de Chile en pasturas de *Lolium*. Esta misma ecuación, determinó una pendiente dentro del rango reportado en la calibración realizada en el norte de Nueva Zelanda (Rennie et al. 2009, Insua et al. 2019), difiriendo en el intercepto con el supuesto de que las pasturas de Chile en invierno son menos densas que las de Nueva Zelanda.

Rennie et al. (2009) estudiaron el efecto localidad y estación del año en la utilización del pasturómetro C-dax para estimar biomasa en el norte de Nueva Zelanda sobre pasturas de raigrás dominante de agosto a diciembre.

Diferencias de 1000 kgMS/ha fueron reportadas en verano, y 500 kgMS/ha de diferencia en primavera comparando estimaciones realizadas utilizando la ecuación de origen con una generada a través de una calibración local, estableciendo como conveniente una calibración distinta para dicha estación del año.

2.3.2.2 Estimación visual

Este método está basado en la capacidad del observador para estimar la disponibilidad de forraje, teniendo presente los cambios producidos en respuesta al manejo del pastoreo o condiciones del ambiente (O'Donovan et al., 2002). La estimación visual es una técnica utilizada con numerosas modificaciones y éxito variable. La misma ha sido recomendada como un método de trabajo eficiente y preciso para estimar la biomasa aérea (Fernández, 2004). Se puede desarrollar la habilidad de hacer estimaciones visuales aunque ello requiere un cierto tiempo y entrenamiento (Montossi, 2013a), lo que consiste en una calibración para disminuir el error.

Que los observadores evalúen la pastura no solo visualmente, sino que también puedan emplear las manos para apreciar características como altura, densidad, estado de crecimiento y estructura del canopeo, les permite mejores estimaciones de la biomasa aérea real (Fernández, 2004). La ventaja de esta técnica es que las mediciones son hechas rápidamente y sin ningún equipamiento (Pravia, 2013), y la desventaja principal es el grado de error entre personas (Montossi, 2013a).

2.3.2.3 Regla graduada

El método de regla graduada, está basado en la relación que existe entre la altura de canopeo y la biomasa aérea (Fernández, 2004). Se han desarrollado diversas ecuaciones que integran estas dos variables, las cuales se calculan realizando una regresión lineal entre la biomasa estimada por el método de corte del forraje y el promedio de mediciones de la altura de la pastura dentro de cada rectángulo de corte (Montossi, 2013a).

Las grandes ventajas que presenta es la simplicidad al manipular, transportar y su bajo costo (Hansson, 2011). Es una herramienta de sencilla aplicación que permite la estimación del forraje tanto en pre como en post pastoreo, además de proveer información inmediata, útil para la toma rápida de decisiones (Montossi y De Barbieri, 2013b).

Como desventaja, según el ángulo y altura en la cual el observador tome las mediciones estas pueden ser influenciadas, el bajo peso y el material flexible con el cual están hechas quizá dificultan determinar cuándo realmente el instrumento está ubicado en el suelo en forma correcta (Hansson, 2011), generando mayor error al cambiar el observador (Montossi y De Barbieri, 2013b). Además, las mediciones son anotadas manualmente en una planilla lo que demanda tiempo, una desventaja común con otros métodos ya mencionados.

Otra limitante del método es que no permite detectar cambios debidos a variaciones en la densidad del forraje (Millapán, 2014), y no se pueden extrapolar las ecuaciones generadas en un sitio hacia otras regiones o comunidades vegetativas diferentes (Montossi, 2013a), por lo tanto para áreas con mucha heterogeneidad no es la mejor herramienta de estimación.

Con este método, para la medición de biomasa mediante altura de raigrás en Uruguay, se obtuvieron correlaciones (R^2) entre 0,63 y 0,88 (pre y post pastoreo respectivamente), en los periodos otoño-invierno y primavera (Montossi y De Barbieri, 2013b). Mientras que en la provincia de Buenos Aires, Argentina para la mezcla de trébol blanco, trébol rojo y cebadilla, la relación fue de 0,65 entre altura y biomasa (Millapán, 2014). Para leguminosas las correlaciones encontradas fueron de 0,63 en trébol blanco, 0,67 en trébol rojo, 0,54 en lotus El Rincón y 0,88 en lotus Maku (Montossi y De Barbieri, 2013b).

2.3.2.4 Plato medidor de forraje

El uso del plato medidor es una técnica muy difundida. Registra valores de altura tomando en cuenta su densidad, los que se denominan como valores de altura comprimida (Pravia, 2013).

Se observa como ventajas la determinación rápida y objetiva, permitiendo hacer un gran número de muestras sin destruir el forraje con utilización sencilla y económica. En cambio sus limitaciones derivan de que los resultados se ven influenciados por la heterogeneidad de las pasturas y el estado vegetativo, que termina en una necesidad de calibrar frecuentemente (Cangiano, 1996). Otra desventaja puntual de este método es que genera un alto grado de error al medir alfalfa (Lyons, 2007), dado por la estructura de la planta con tallos lignificados que frenan el bastón sin haber captado la acumulación de biomasa acorde por debajo del plato.

Este método ha sido calibrado para praderas permanentes, verdeos de invierno y verdeos de verano en Uruguay, generando una ecuación para cada tipo de pastura (Montossi, 2013a).

2.3.2.5 Doble muestreo

El método doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975), estima el forraje mediante escalas, con un número variable de marcos por hectárea, colocados aleatoriamente. En ellos se da una clasificación de 1 a 5, donde 1 representa escala con menos forraje y 5 el que mayor cantidad representa en el terreno a muestrear. Se utiliza como referencia 5 escalas previamente seleccionadas, las cuales representan rangos que contemplan la variación del forraje disponible en las pasturas. Una vez hecha las lecturas visuales los puntos de referencia se cortan, se pesan y se secan. Con los valores disponibles para las cinco escalas se construye una regresión lineal ($y = a + bx$), que sirven posteriormente para estimar la disponibilidad del forraje (Y) partiendo de las lecturas visuales(x) (Bruno et al., 1995).

Una de las ventajas principales es que permite contemplar la variabilidad en el potrero a través de la distribución de los puntos de referencia y permite contemplar las variaciones de densidad del terreno y no insume costos en la adaptación. Sin embargo, como desventaja requiere calibración periódica además de necesitar personal entrenado (Pizzio y Bendersky, 2014).

2.4 COMPARACIÓN DE MÉTODOS

Se realiza una comparación en cuanto a practicidad y calidad al medir con cada método, en el cuadro No. 2.

Cuadro No. 2. Comparación práctica de métodos

Métodos	Tiempo de trabajo	Calibración	Independencia del criterio del medidor	Equipamiento	Rapidez en obtener información	Capacitación
Doble muestreo	+++	++	++	+	++	++
Plato medidor	++	++	+++	++	++++	+
Regla graduada	++	+	+++	+	+++	+
Estimación visual	++	+	+	-	++++	+++
C-dax	+	+	++++	+++	++++	+
Corte	++++	-	++	++	+	+

En lo que respecta a la calibración del pasturómetro C-dax (foco de esta investigación), no existe información publicada sobre el uso de dicha herramienta en países de la región, ni a nivel nacional. En el cuadro No. 2 se recopilan algunos antecedentes de su uso en Australia, Chile y Estados Unidos (EEUU), además de otros métodos para poder compararlos.

Cuadro No. 3. Antecedentes de coeficientes de determinación y regresión, de distintos métodos de estimación de biomasa

Lugar	Autor	Metodo	Especie	Periodo	N	R ²	B1
Australia	Lyons (2007)	C-dax	alfalfa	primavera	30	r ² 0,87	-
		Plato medidor	alfalfa	primavera	30	r ² 0,52	-
		C-dax	raigrás	primavera	30	r ² 0,85	-
		Plato medidor	raigrás	primavera	30	r ² 0,89	-
Chile	Loaiza et al (2012)	C-dax	raigrás perenne	primavera	529	r ² 0,70	15,89
Uruguay	Montossi (2013a), Montossi y De Barbieri (2013b)	Regla graduada	raigrás				
			pre pastoreo	año	-	r ² 0,63	16,05
			post pastoreo	año	-	r ² 0,88	21,36
			pre pastoreo	otoño-invierno	-	r ² 0,60	10,5
		Plato medidor	verdeos de invierno	dos años	93	r ² 0,64	10,03
			praderas permanentes	dos años	1347	r ² 0,61	11,39
		Regla graduada	avena				
			pre pastoreo	otoño-invierno	10	r ² 0,81	12,65
E.E.U.U.	Insua et al (2019)		post pastoreo	otoño-invierno	6	r ² 0,54	30,28
		C-dax	festuca	verano	32	r ² 0,82	15
			raigrás	verano	72	r ² 0,75	17
		Regla graduada	festuca y raigrás	verano	90	r ² 0,86	12,3

Se observan altos y positivos R² para gramíneas utilizando C-dax (Lyons 2007, Loaiza et al. 2012, Insua et al. 2019) y mejor grado de asociación entre altura y biomasa que el plato medidor al medir disponibilidad en alfalfa (Lyons, 2007). No se observan grandes diferencias en los B1 de C-dax (Loaiza et al. 2012, Insua et al. 2019) siendo estos mayores que al utilizar el plato medidor (Montossi y De Barbieri, 2013b).

En Uruguay, en raigrás y en avena, existen diferencias entre pre y post pastoreo al medir con la regla graduada (Montossi y De Barbieri, 2013b) lo que se observa tanto en el R² como en el B1. El R² para festuca y raigrás reportada por Insua et al. (2019) en EEUU se asemeja más a la situación de pre pastoreo del raigrás y pos pastoreo de la avena, mientras que la pendiente se asemeja más a las situaciones de pre pastoreo en ambos casos, aunque las diferencias de localidades, numero de muestras (N) y especies medidas podrían alterar estos valores.

Los coeficientes de determinación obtenidos en gramíneas variaron entre 0,70 a 0,89. Estas diferencias se pueden vincular a la cantidad de N, el lugar donde realizaron las mediciones y las metodologías utilizadas para proceder. En el caso de Lyons (2007), este realizó las medidas con el sensor dentro de un área delimitada por un marco de 3x0,25 metros y no realizó ningún tipo de separación de material extraño a la muestra, mientras que Loaiza et al. (2012), Insua et al. (2019) realizaron las mediciones en la transecta del potrero. Este último además procedió a realizar lavado y centrifugado de las muestras antes del secado en estufa y tiene un número muy superior de N en comparación con los otros dos autores.

2.5 HIPÓTESIS

- 1) Utilizar el C-dax sin una calibración local no genera diferencias en la estimación de biomasa en comparación con utilizar la ecuación de origen.
- 2) Es posible utilizar una única ecuación por método en la estimación de biomasa para las especies en estudio.
- 3) No existen diferencias en la estimación de biomasa y altura entre usar la regla graduada y el C-dax para la estación de otoño-invierno.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se llevó a cabo dentro del proyecto Red Tecnológica Sectorial, en la estación experimental Centro Regional Sur (CRS) de UdelaR. Facultad de Agronomía, ubicado en camino Folle km 35.500 s/n (34°36'47.62" S, 56°13'04.49" O), Progreso – Canelones, Uruguay.

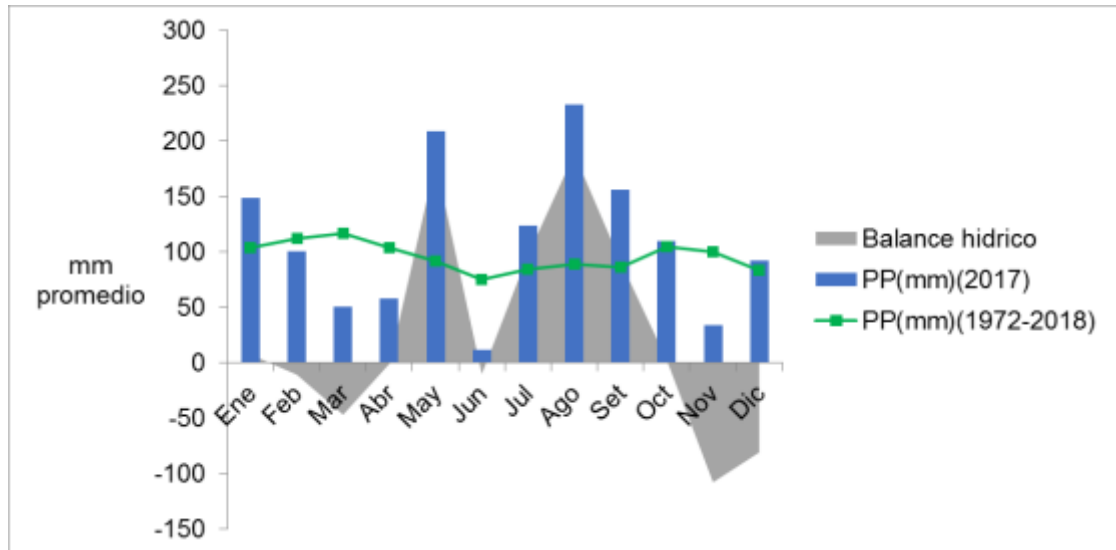
Figura No.1. Mapa de ubicación



3.2 PERÍODO EXPERIMENTAL Y CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

El período de trabajo de campo estuvo comprendido entre el 22 de marzo 2017 hasta el 21 de julio 2017.

Gráfico No. 3. Régimen de precipitaciones y balance hídrico en CRS, año 2017



Fuente: INIA¹

La precipitación en los meses de marzo y abril estuvieron por debajo del promedio histórico, generando un balance hídrico negativo hasta mayo, mes en el cual llovió el doble que el promedio histórico resultando en un exceso de agua, dificultando la toma de mediciones.

3.3 DISEÑO DE MUESTREO

El trabajo constó de dos etapas, la calibración del C-dax y de la regla graduada, para luego ser comparados.

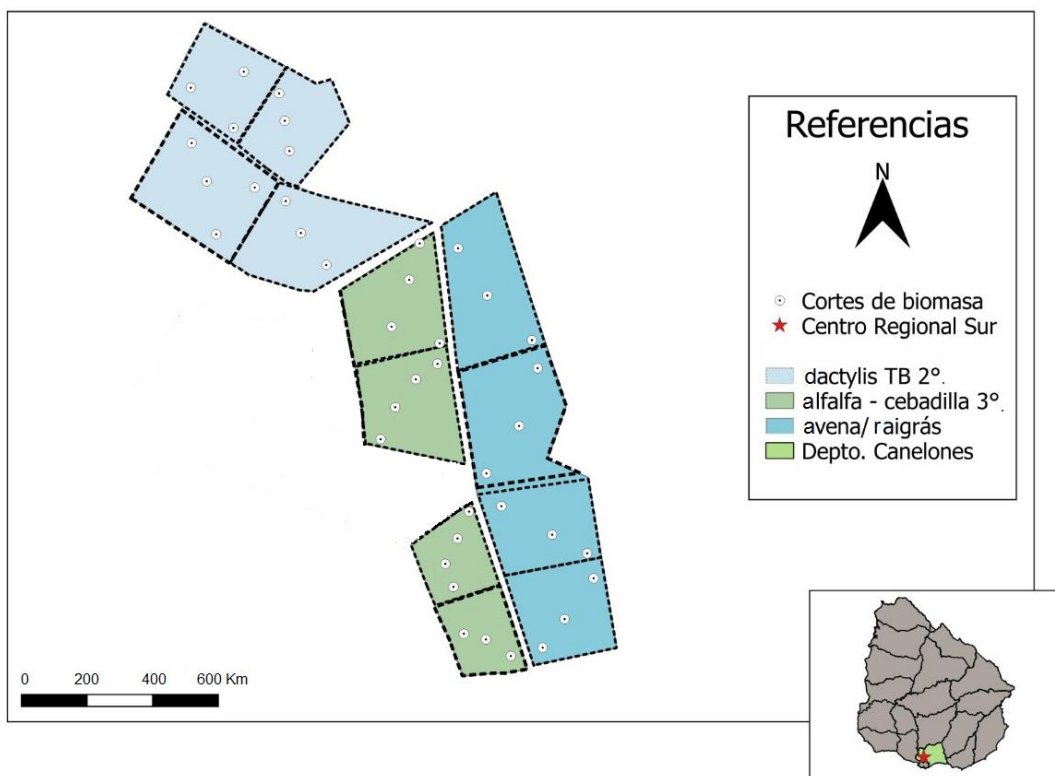
La metodología realizada a campo consistió en realizar tres cortes en la misma transecta. Cada corte consistió en marcar 6 metros de largo, señalizados con dos estacas, por donde se pasó el C-dax para medir la altura promedio de esos 6 metros. Se tomaron 10 medidas de altura con el metro (altura máxima de la hoja en contacto con la cinta métrica, antes de pasar el C-dax). Se removió la biomasa con una máquina (5cm del suelo), el material se guard  en una bolsa identificada y luego se llevó al laboratorio a pesar para estimar los kilogramos de materia seca por hectárea. Después se cortaron tres rectángulos de 31x52 cm, con la biomasa de 0 a 5 cm (al ras del suelo), los cuales también se colocaron en bolsas identificadas para ser pesados posteriormente en el laboratorio, y así estimar los kilogramos de materia seca por hectárea que hubo, mayor a 5cm, de 0-5 cm, y la biomasa total en la sección de corte (ver anexos).

En el laboratorio, se determinó el peso fresco de cada muestra y registró en una planilla Excel donde se identificó la fecha del corte, el potrero y el tratamiento donde fue realizado. Se tomó una muestra de material fresco, la cual era identificada y pesada, registrando sus datos en la misma planilla. Por último se colocaba en la estufa a secar por 48 horas, a 60° C, y se registraba el peso seco para determinar los kgMS/ha.

3.4 LUGAR DE MUESTREO

El trabajo de tesis está dividido en 6 potreros, subdivididos a la mitad:

Figura No. 2. Ubicación de los potreros muestreados



Los mismos están conformados por 3 mezclas forrajeras:

- *Avena bizantina* y *Lolium multiflorum* (av/rg).
- *Medicago sativa* y *Bromus catharticus* (alfalfa y cebadilla).
- *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens* (dactylis y Tb).

Cuadro No. 4. Mezclas

Mezcla	Fecha siembra	Densidad siembra (kg/ha)	Superficie (ha)	Potrero
avena/raigrás	22/02/2017	80/30	16	3C y 3 ^a
alfalfa/cebadilla	15/07/2015 13/08/2015	15/12	12	3B 3D2
dactylis/Tb	16/05/2016 22/05/2016	24/4	14	4B1 4B2

Todas las mezclas fueron refertilizadas al término de cada pastoreo con 75 kg/ha de urea.

3.5 EVALUACIÓN (MATERIALES)

Para realizar la calibración del C-dax se utilizaron los siguientes materiales

- Cuatriciclo para desplazar el sensor
- C-dax (Sensor)
- Cortadora de pasto
- Tijera de esquilar
- Cuadro de hierro de 31x52 cm
- Cinta métrica
- Bolsas de nilón y estacas.
- Estufa para secado de muestra
- Balanza
- Bolsas de papel o bandejas
- Computadora

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la primera etapa de calibración del pasturómetro C-dax, se ajustó un modelo de regresión lineal entre altura y biomasa. Para las determinaciones en la pastura, la unidad de muestreo la constituye cada recurso, mientras que las medidas de altura con su correspondiente valor en kgMS/ha, se consideran como repeticiones (n).

En la segunda etapa, para comparar los diferentes métodos de medición en los distintos recursos, se hizo mediante la comparación de modelos de regresión lineal simple.

3.6.1 Calibración

La calibración se realizó en base al siguiente modelo de regresión lineal generalizado:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i$$

Dónde,

Y_i : kilogramos de materia seca por hectárea

β_0 : ordenada en el origen

β_1 : coeficiente de regresión (pendiente)

X_i : variable independiente (Altura)

ϵ_i : error experimental

i: repeticiones 1,2,3,4...n.

3.6.2 Comparación de métodos

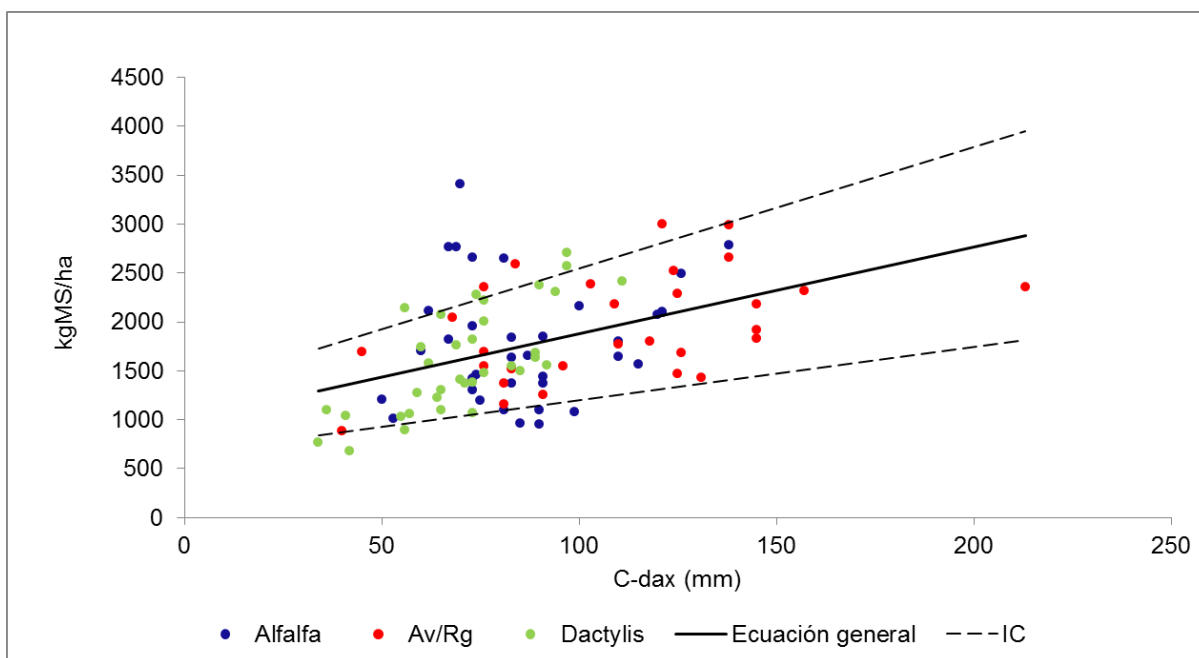
Para la comparación se utilizan los coeficientes de regresión de cada método anteriormente calibrados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RELACIÓN ALTURA C-DAX VS. BIOMASA

El gráfico No. 4 muestra la recta de calibración para el conjunto de especies con sus intervalos de confianza, en método C-dax.

Gráfico No. 4. Calibración para el conjunto de especies con C-dax



Cuadro No. 5. Análisis de regresión para la calibración del C-dax en el conjunto de especies

Modelo	Especie	B0	B1	P-valor	R2	N
RLS	Única	976,10	8,95	<0,0001	0,21	98
RLS	Dactylis	133,68	20,61	<0,0001	0,50	34
RLS	Alfalfa	426,88	4,40	0,3639	0,02	37
RLS	av/rg	1069,30	7,80	0,0103	0,24	27

Se observa una relación positiva entre la altura medida con el C-dax y la biomasa disponible, la cual esta explicada por esta regresión en un 21 %

siendo significativa según ANAVA. Sus intervalos de confianza significan que hay una probabilidad del 95% de que la verdadera recta de regresión lineal de la población se encuentre dentro de ellos, calculada a partir de los datos de la muestra.

Por recurso, se puede observar que el dactylis es el que mejor se correlaciona para la altura y el total de la biomasa. Además presenta una mayor pendiente, por lo tanto cada incremento por milímetro de altura representa 20,61 kilos de materia seca. A diferencia de los otros recursos, el dactylis se encuentra en mezcla con trébol blanco, el cual aporta a la densidad de la pastura en estratos inferiores.

Para la alfalfa la relación altura y biomasa no se explica con un modelo lineal, ya que se obtuvo un p-valor no significativo según ANAVA. En cambio Lyons (2007) en Australia, encontró una relación cuadrática entre la altura medida con C-dax y la biomasa total para el cultivo de alfalfa pura, con un R^2 de 0,87 en primavera. La explicación de este comportamiento puede estar dada por diferentes factores, una estructura de planta diferente a las otras especies, con mayor proporción de tallos en relación a hojas, edad del recurso ya que se trata de una pradera de 4^o. año. Acompañado por la época en la que se realizó el trabajo, siendo otoño el periodo de recuperación de reservas en las raíces, con el efecto negativo de bajas precipitaciones de los meses marzo-abril con respecto al promedio histórico (ver gráfico No. 4) sufriendo déficit hídrico, lo que podría verse reflejado en un aumento de % MS. Otro factor a tener en cuenta es que, el trabajo fue realizado en una amplia variación de condiciones de pastoreo, realizando cortes pre o post pastoreos sin ser identificados, pudiendo aumentar la heterogeneidad en el potrero.

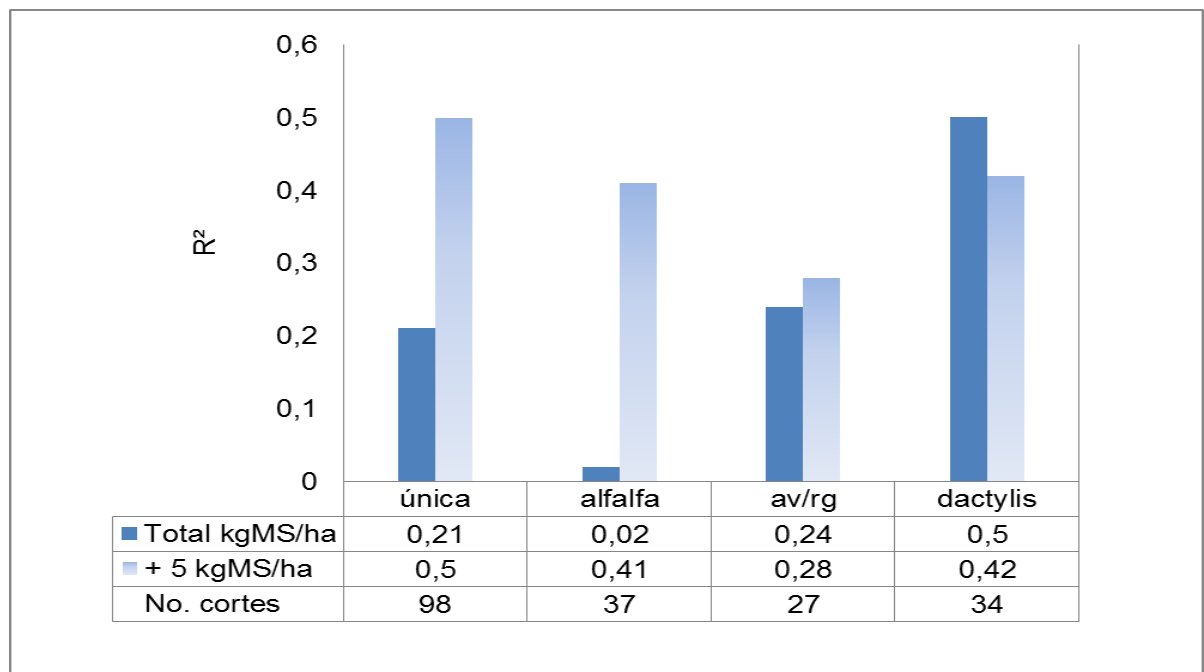
Para verdeo de invierno (av/rg) el C-dax presentó al igual que el dactylis una relación positiva entre altura y biomasa explicada en un 24%, siendo significativo estadísticamente (ver cuadro No. 5), observándose una mayor dispersión en los puntos mostrando más variabilidad con valores de kgMS altos en relación a bajas alturas (mm). Esto pudo haber sido alterado por un indebido proceso del muestreo donde se juntó mucho rastrojo del cultivo anterior (moha) además del menor número de muestras del recurso por las implicancias climáticas, de altas precipitaciones en el mes de mayo.

Otros autores (Lyons 2007, Loaiza et al. 2012, Insua et al. 2019) encontraron también altos y positivos coeficientes de correlación entre altura medida con C-dax y biomasa total en gramíneas como festuca y raigrás (ver cuadro No. 3).

Existe un efecto de 0 a 5 cm que impide ver con claridad lo que ocurre en el total. A los factores mencionados recientemente que puede llegar a explicar este escenario, se debe sumar la no realización del estudio de cenizas en las muestras, desestimando un aumento en kgMS por cenizas.

A continuación, el gráfico No. 5 muestra la comparación entre los R^2 para el conjunto de especies con el método C-dax, con la totalidad de los kgMS/ha y a más de 5 cm del suelo con sus respectivos No. de cortes.

Gráfico No. 5. Comparación de R^2 con kgMS/ha totales vs. R^2 con kgMS/ha a más de 5 cm del suelo, midiendo con C-dax



Se observa un aumento elocuente en el coeficiente de correlación al realizar ecuaciones lineales tomando como referencia los kgMS/ha por encima de los 5 cm de altura en comparación al total, principalmente en alfalfa y la ecuación única. Sin embargo, para dactylis no se observa esa situación.

La ecuación única, pasa a ser la que mejor representa la regresión lineal con una relación entre altura y biomasa del 50%, en valores mayores a 5 cm.

Individualmente por recurso, se destaca que, para alfalfa medida a más de 5 cm de altura mostró una respuesta lineal y positiva entre las variable altura

y kgMS/ha, que se explica en un 41% por la regresión lineal, siendo significativo estadísticamente según cuadro No. 6, a diferencia de la calibración con el total de biomasa disponible donde no se encontró una relación de este tipo entre ambas variables.

Sin embargo en av/rg mantiene el comportamiento cuando se toma la materia seca total o mayor a 5 cm con R^2 similares y el más bajo en comparación a los otros recursos. Esto puede estar dado por la forma que lee los datos el C-dax, la estructura y distribución de plantas, que mantiene una homogeneidad en sus diferentes estratos en cuanto a densidad y cantidad de plantas por espacio.

Para el caso del dactylis, teniendo en cuenta la biomasa a más de 5 cm o en su totalidad, tienen un altos R^2 en comparación al resto. Para poder explicar la disminución en el R^2 cuando se toman valores mayores a 5 cm de kgMS/ha en relación al total y siguiendo la hipótesis de la forma de lectura de los datos en C-dax, se lo puede atribuir a una disminución de la densidad de la pastura a mayor altura, por una menor presencia de trébol blanco en relación a estratos menores a 5 cm.

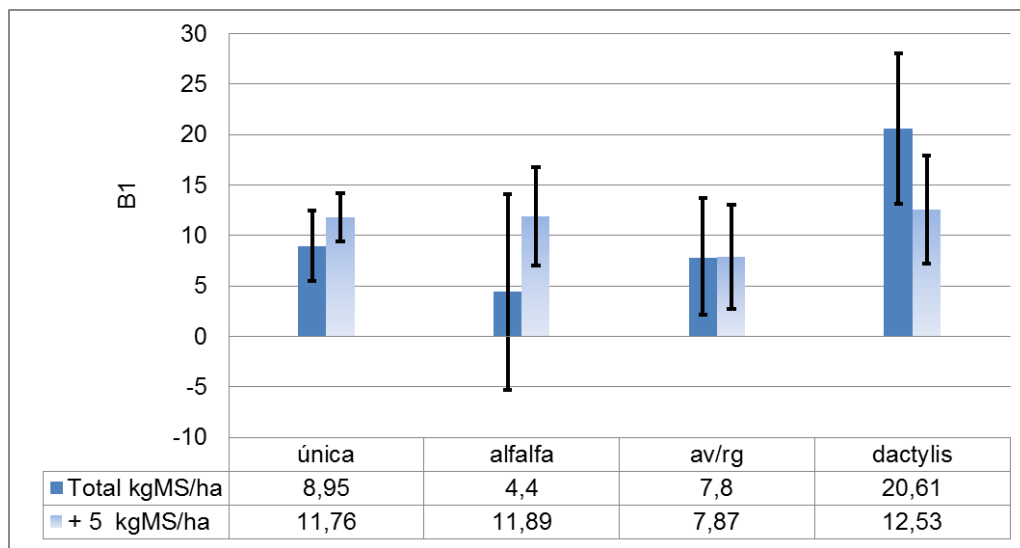
Cuadro No. 6. Análisis de regresión para la calibración del C-dax en el conjunto de especies para valores de kgMS/ha mayores a 5 cm

Modelo	Especie	B0	B1	P-valor	R2	N
RLS	única	-106.98	11.76	<0,0001	0,5	98
RLS	dactylis	-301.32	12.53	<0,0001	0,42	34
RLS	alfalfa	-21.32	11.89	<0,0001	0,41	37
RLS	av/rg	378.3	7.87	0.0042	0,28	27

El cuadro no solo demuestra una mejor respuesta de todas las ecuaciones de regresión lineal, sino que la relación altura y biomasa para todos los recursos es significativa cuando se estima biomasa a más de 5 cm.

El gráfico No. 6 muestra los diferentes coeficientes de regresión (B1) con el total de biomasa disponible y con más de 5 cm de altura con sus respectivos intervalos de confianza.

Gráfico No. 6. Comparación de B1 con kgMS/ha totales vs. B1 con kgMS/ha a más de 5 cm del suelo, midiendo con C-dax



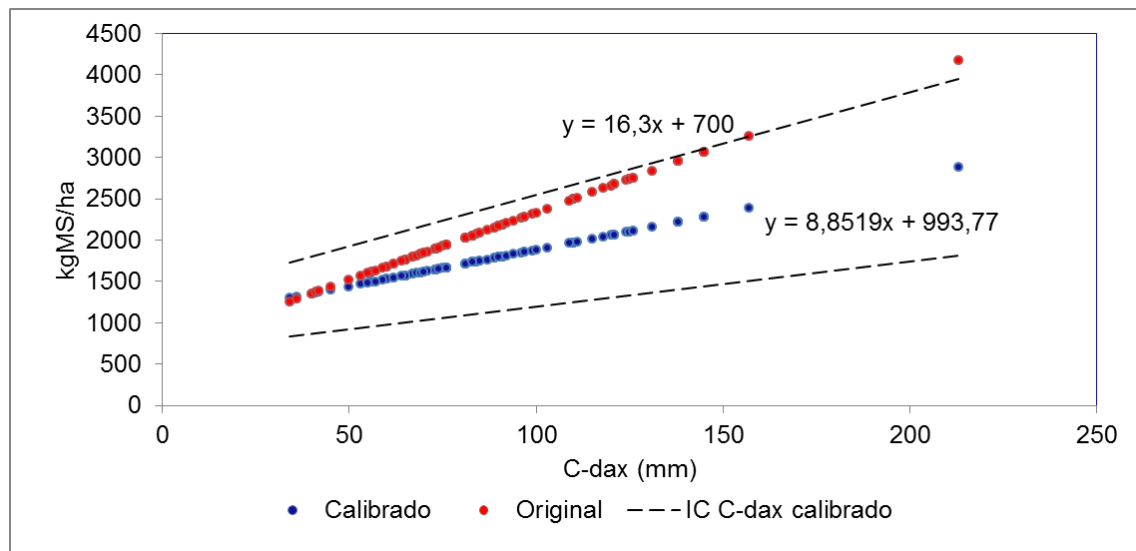
Como se observa en el gráfico, al realizar el análisis con biomasa a más de 5 cm en base a la pendiente e intervalos de confianza, no se puede decir que hay diferencias en el uso de una ecuación única en comparación a utilizar una ecuación para cada especie. En cambio con los valores totales de kgMS/ha el dactylis presenta un B1 mayor y distinto a la ecuación única. Se aprecia también una disminución de los intervalos de confianza en todas las ecuaciones al pasar a más de 5 cm, y B1 más semejantes a los reportados en el cuadro No. 3 por distintos autores.

Por especies, el dactylis disminuye su pendiente cuando se utiliza la biomasa a más de 5 cm de altura, suponiendo una disminución en la densidad de la pastura, manejando como posible hipótesis que el trébol blanco al cortar a más de 5 cm se encuentra en menor proporción y eso podría disminuir la equivalencia mm – kgMS/ha. También puede ser que a bajas alturas se concentra la mayor cantidad de biomasa, entonces al tomar más de 5 cm esa heterogeneidad si bien existe parecería ser menor.

La alfalfa medida a más de 5 cm de altura tiene una correlación positiva y significativa según ANAVA entre la altura y los kgMS/ha, lo que no sucede cuando se toma el total de la biomasa disponible. La diferencia que se maneja es que al cortar a más de 5 cm disminuye la relación tallos/hojas, lo que deriva en que exista una correlación entre altura y peso.

Como forma de comparar la ecuación calibrada del C-dax, se presenta la diferencia de ésta ecuación con la original para kgMS/ha totales en el siguiente gráfico.

Gráfico No. 7. kgMS/ha total C-dax calibrado y C-dax original



La ecuación de origen hasta los 157 mm de altura se encuentra dentro del intervalo de confianza de la ecuación obtenida en la calibración local, por lo tanto hasta este punto no se encuentran diferencias entre ambas.

Sin embargo, la ecuación calibrada tiende a subestimar la disponibilidad a valores de biomasa altos kgMS/ha con relación a la ecuación de origen. En promedio la diferencia es de 363 kgMS/ha con un desvío promedio de 264,31 kgMS/ha la ecuación calibrada y 498,36 kgMS/ha en la de origen.

La diferencia entre kg está dada por las pendientes de las ecuaciones donde se puede ver que la de origen duplica a la calibrada, en las estimaciones de biomasa a mayores alturas de los 157mm, que escapan al intervalo de confianza, se pueden traducir en un aumento de 1500 kgMS/ha entre la ecuación de origen y la calibrada.

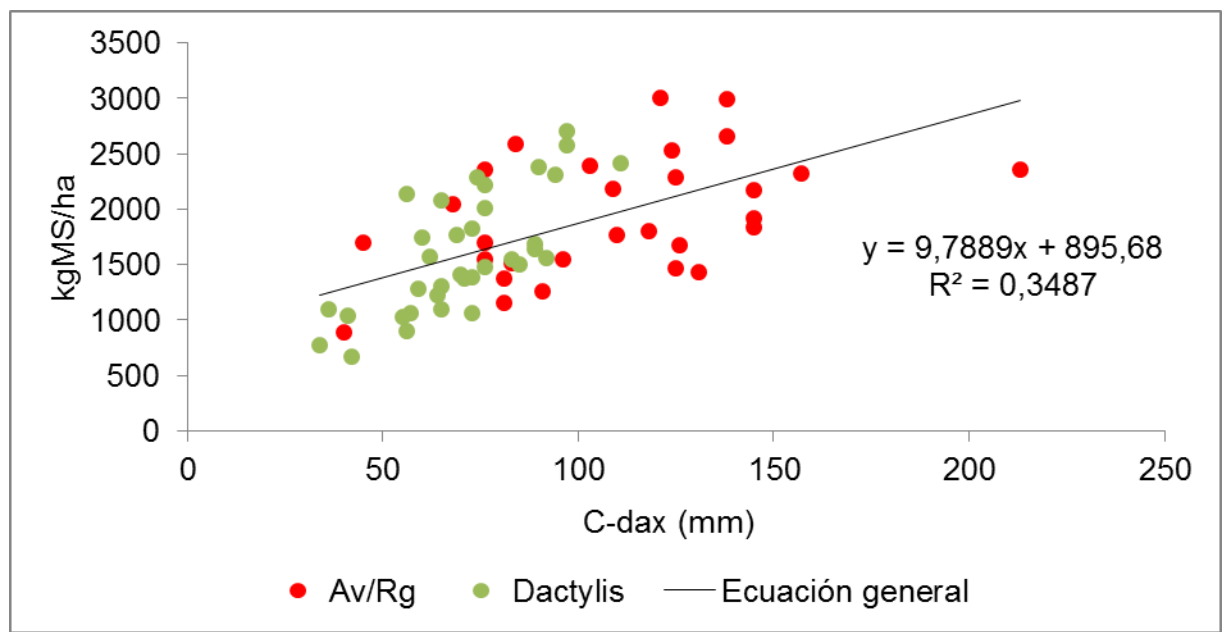
Se observa un mayor valor del intercepto en la calibración local, que puede deberse a la mayor densidad de las pasturas, por la forma de calibración realizada multiespecífica tomando datos de diferentes gramíneas y leguminosa, mientras la de origen es solo en base a raigrás con trébol blanco. Otra

diferencia encontrada fue la forma de calibración. En el manual se recomiendan utilizar potreros en pre pastoreo, intermedio y pos pastoreo, lo cual no se diferenció en este trabajo. El periodo de calibración original es anual, mientras la local es estacional.

La ecuación original fue seleccionada del manual del C-dax por la similitud que presenta la coordenada en el origen y las condiciones climáticas del lugar de calibración del mismo (Waikato, NZ). El manual además de la ecuación utilizada para la comparación, trae 5 ecuaciones para distintas regiones de NZ.

Otra comparación que se realizó fue la del C-dax calibrado solo con gramíneas donde se visualizó un cambio en la relación de kgMS/ha y altura medida con el C-dax, como se puede ver en el gráfico No. 8.

Gráfico No. 8. kgMS/ha total C-dax calibrado solo gramíneas



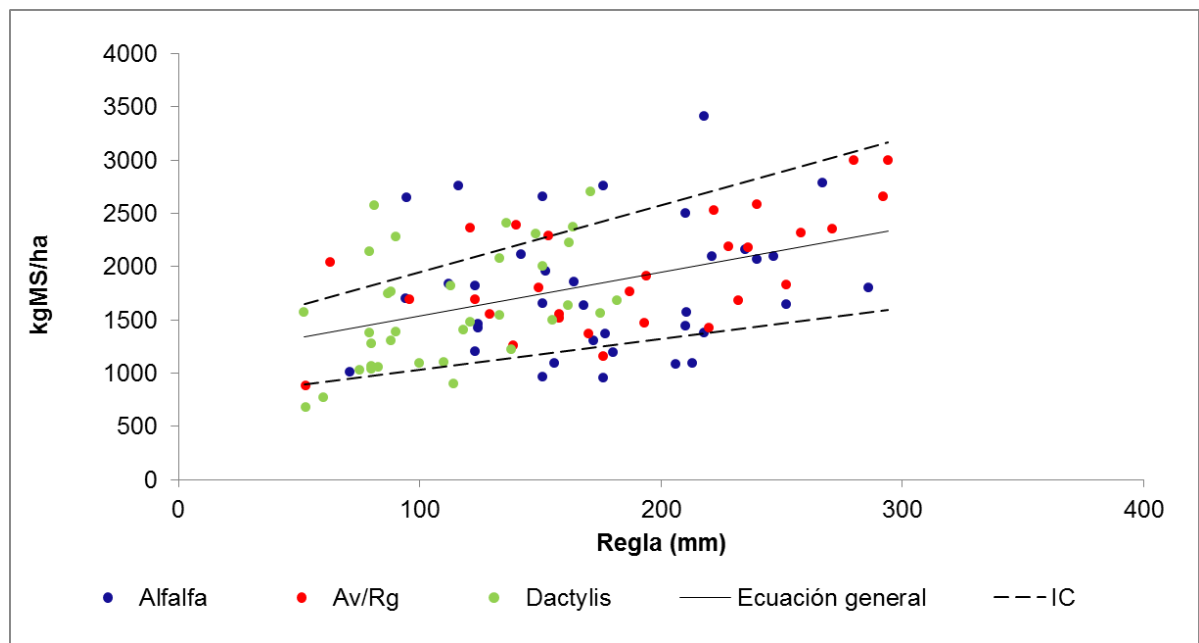
La relación entre altura y kgMS/ha sin alfalfa aumenta, pasa de ser explicada de un 21% a 35%. El coeficiente de regresión aumenta mientras el intercepto disminuye, tendiendo a imitar a la ecuación de origen. Excluir a la alfalfa provoca estos cambios pero a su vez disminuye el n, esto implica una menor confianza.

Esto remarca la importancia de hacer una calibración para las condiciones de cada situación. Así como se encontraron diferencias entre una ecuación única y el recurso de dactylis, también el aumento en la respuesta al calibrar gramíneas excluyendo la alfalfa. King et al. (2010) encontraron diferencias entre usar ecuación de origen y calibrar el C-dax para una pastura de kikuyo en el Norte de Nueva Zelanda.

4.2 RELACIÓN ALTURA REGLA GRADUADA VS. BIOMASA

El gráfico No. 9 muestra la recta de calibración para el conjunto de especies, con el método de regla graduada.

Gráfico No. 9. Calibración para el conjunto de especies con regla graduada



Cuadro No. 7. Análisis de regresión para la calibración de regla graduada en todas las especies

Modelo	Especie	B0	B1	P-valor	R2	N
RLS	Única	1030,95	4,60	<0,0001	0,23	98
RLS	dactylis	701,61	7,71	0,0005	0,32	34
RLS	Alfalfa	1437,01	2,07	0,2925	0,03	37
RLS	av/rg	767,19	6,07	0,0002	0,44	27

En el cuadro No. 7 se observa que la relación entre altura y biomasa, para una única ecuación se explica por esta regresión en un 23% la cual es significativa según ANAVA.

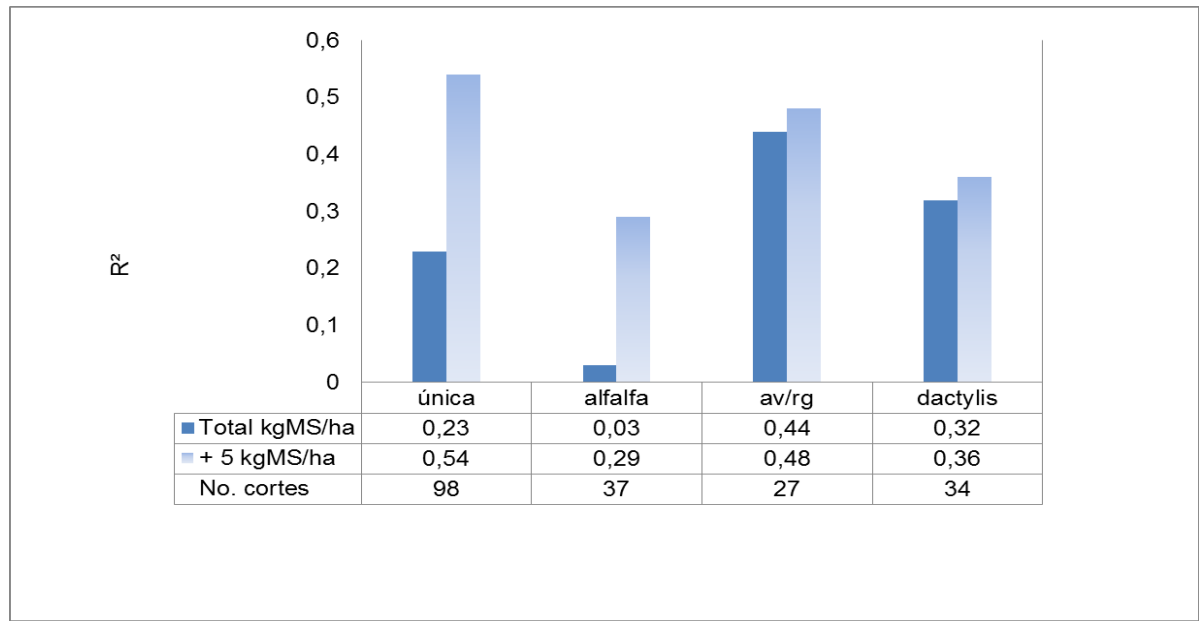
La alfalfa no presenta valores significativos (según ANAVA) que expliquen la relación lineal entre la altura y la biomasa disponible, al igual que ocurrió en el caso del C-dax.

Los otros recursos presentan correlaciones positivas y significativas por ANAVA. La pradera con *dactylis* explica la relación entre altura y forraje disponible en un 32%, con un equivalente por mm de altura de 7,71 kgMS/ha, siendo este el 37% del que se estimó en la calibración del C-dax. Esto refleja que el cambio en la disponibilidad del forraje será menos agresivo al variar la altura medida con regla y que las herramientas no contemplan de igual forma la densidad de la pastura.

Por otro lado, la avena con raigrás explica con un R^2 mayor la relación entre forraje disponible y altura al medirla con regla (R^2 0,44), en comparación con el C-dax (R^2 0,24). Montossi y De Barbieri (2013b), para las condiciones de otoño-invierno en Uruguay en avena, explica la relación entre altura medida con regla y biomasa total para pre y post pastoreo, obteniendo coeficientes de determinación de 0,81 y 0,54 respectivamente, siendo estos más altos que los obtenidos en este trabajo pero difiriendo no solo en la discriminación de potreros pastoreados sino que también en el número de N utilizados. Estos autores también reportan R^2 en pre y post pastoreo para raigrás de 0,63 a 0,88 respectivamente realizando un año de mediciones, mientras que Insua et al. (2019) para la mezcla festuca-raigrás obtuvieron R^2 de 0,82. Por lo tanto, tener en cuenta si el potrero ha sido pastoreado o no, tiene una influencia en la correlación de las medidas, la cual también muestra una variación según la especie o mezclas analizadas.

A continuación, el gráfico No. 10 muestra la comparación entre los R^2 para el conjunto de especies con el método regla graduada, con la totalidad de los kgMS/ha y a más de 5 cm del suelo.

Gráfico No. 10. Comparación de R^2 con kgMS/ha totales vs. R^2 con kgMS/ha a más de cinco centímetros del suelo, medido con regla graduada



Igual a lo observado para C-dax, se ve en la regla que teniendo en cuenta solo los kgMS/ha por encima de los 5cm, el R^2 en una única ecuación aumenta de 21 a 50%, concluyendo que la diferencia del 30 % está dada por la diversidad de 0-5 cm (diferencias entre especies, mayor cantidad de tallos, mucho rastrojo levantado). El otro 50 % puede abarcar una diversa cantidad de errores por bajo número de muestras, la forma de medir, el procedimiento, la persona que realizó la medida, etc.

Cuadro No. 8. Análisis de regresión para la calibración de regla graduada en todas las especies más de 5 cm

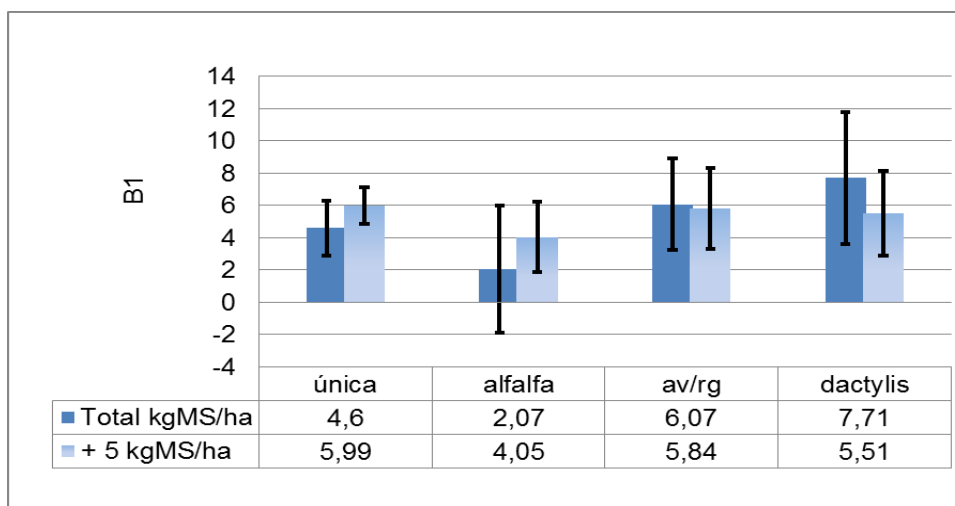
Modelo	Especie	B0	B1	P-valor	R2	N
RLS	única	-26.54	5.99	<0,0001	0,54	98
RLS	dactylis	-48.88	5.51	0,0002	0,36	34
RLS	alfalfa	293.05	4.05	0.0006	0,29	37
RLS	av/rg.	129.26	5.84	0,0001	0,48	27

En la alfalfa, cuando se excluye la materia seca por debajo de 5 cm, se da una correlación positiva y significativa según ANAVA entre los kgMS/ha y la

altura, pasando a ser explicada la relación entre estas variables por esta regresión en un 29%.

El gráfico No. 11 muestra los diferentes coeficientes de correlación con el total de biomasa disponible y con más de 5 cm de altura.

Gráfico No. 11. Comparación de B1 con kgMS/ha totales vs. B1 con kgMS/ha a más de cinco centímetros del suelo, midiendo con regla



La regresión es positiva y significativa por ANAVA para cada uno de los recursos cuando se toman los kgMS/ha a más de 5 cm de altura, donde también se observa que los intervalos de confianza son menores. El recurso que más difiere es la alfalfa, al igual que ocurrió en la calibración del C-dax, de todos modos no existen diferencias en el uso de la ecuación única o por recurso.

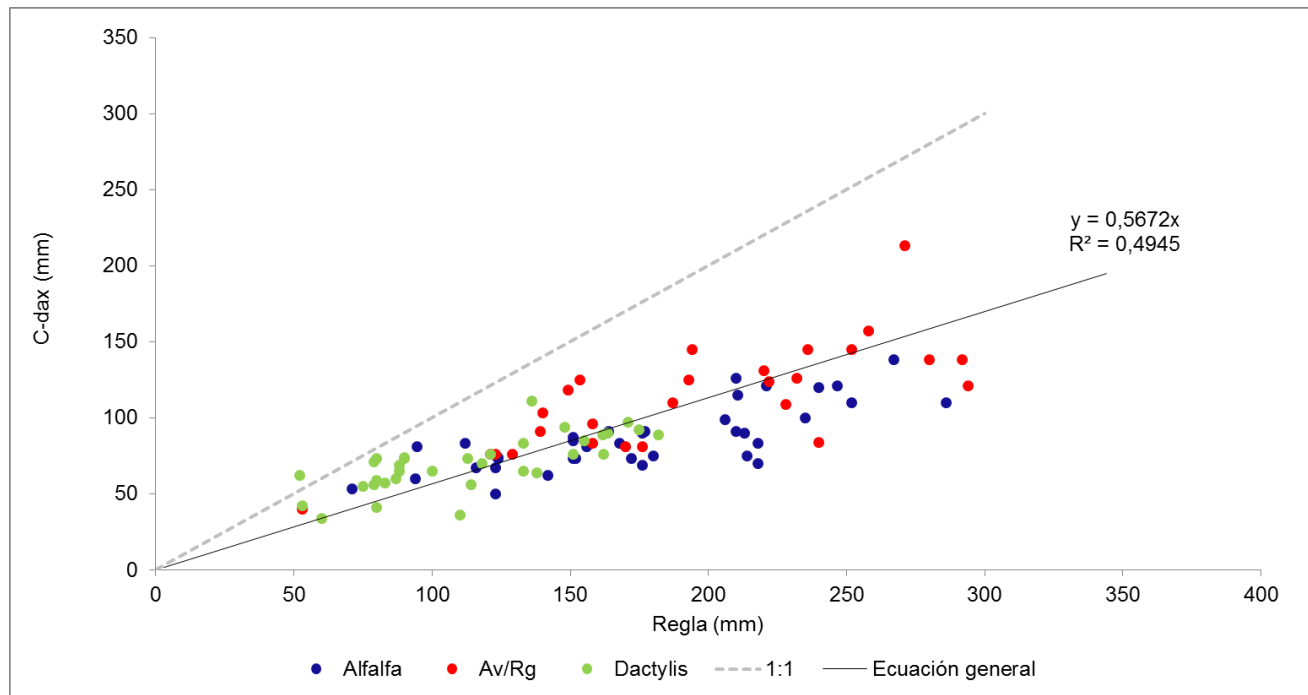
Utilizar la ecuación única en la medición de avena con raigrás y dactylis para kgMS/ha totales, no tendría diferencia en utilizar la ecuación propia de estos recursos, en cuanto a sus pendientes. En cambio en la alfalfa al no ser significativa con el total de biomasa, el modelo lineal no explica la relación altura biomasa por lo tanto la regla no se recomendaría para su estimación.

Los B1 obtenidos en este trabajo difieren a los reportados en el cuadro No. 3 por Montossi (2013a), siendo estos mayores. Las diferencias de los trabajos van desde las mezclas utilizadas hasta los criterios de diferenciación de las pasturas, lo que puede estar influyendo en los resultados. Insua et al. (2019) reportan también B1 mayores y similares a los reportados por Montossi (2013a) en pre pastoreo, en diferentes localidades.

4.3 COMPARACIÓN DE MÉTODOS

Dado que ambos métodos registran altura, la diferencia en la misma se observa en el gráfico No12.

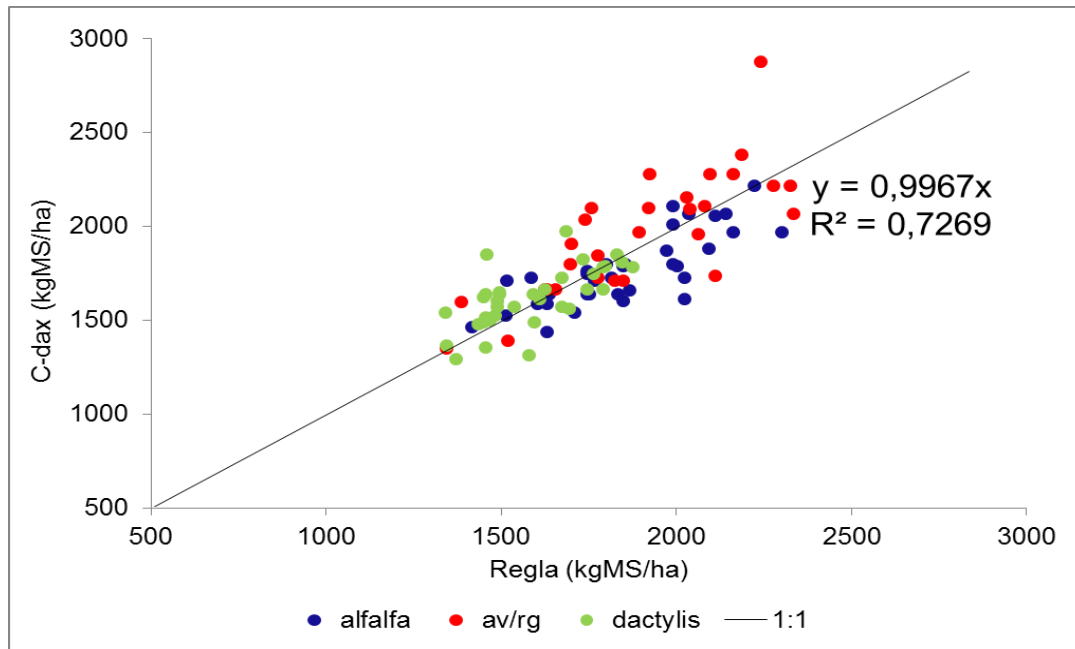
Gráfico No. 12. Comparación de alturas en mm C-dax vs. regla para todas las especies



La relación entre altura medida con C-dax y regla, para el conjunto de especies está explicada por esta regresión en un 50%. Esto explica que por cada medición en 1 mm de la regla, el C-dax mide 0,57 mm.

La alfalfa es la que tiene mayor diferencia de alturas con un B1 de 0,48, siendo la especie más subestimada por el C-dax en relación a la regla. Mientras que Av/Rg presenta un B1 igual al total, y en dactylis un B1 de 0,59 siendo el que más se acerca a las mediciones de altura de ambos métodos.

Gráfico No. 13. Comparación en kgMS/ha C-dax y regla calibradas para todas las especies



El gráfico muestra que para todas las especies con kgMS/ha totales no se perciben diferencias entre ambos métodos dentro de los 6 metros. Esto no quiere decir que a nivel de potrero ocurra lo mismo, ya que en un potrero hay más heterogeneidad y que la relación 1:1 podría no cumplirse.

Gráfico No. 14. Comparación en kgMS/ha C-dax y regla calibradas para alfalfa

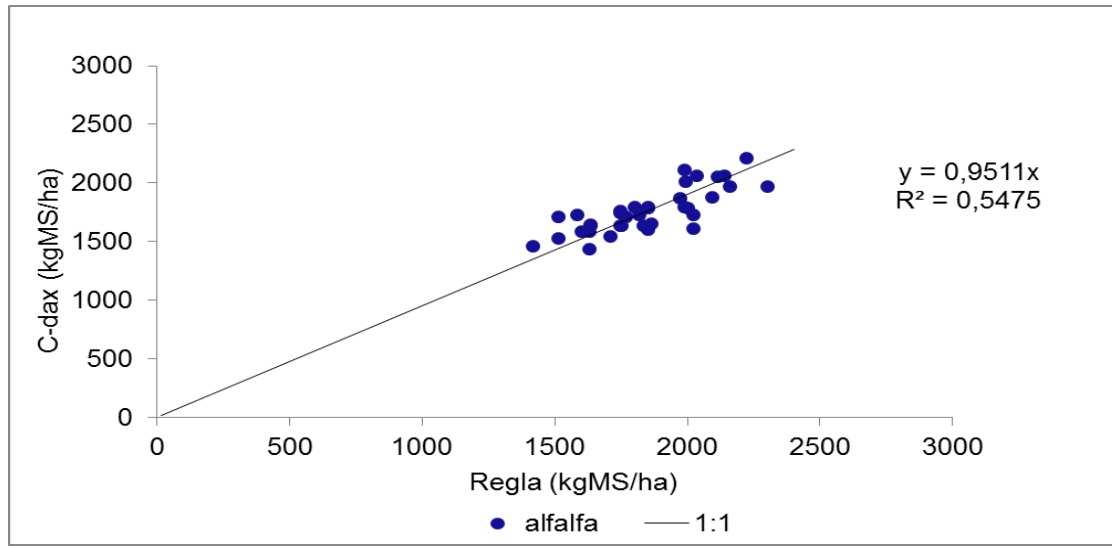


Gráfico No. 15. Comparación en kgMS/ha C-dax y regla calibradas para av/rg

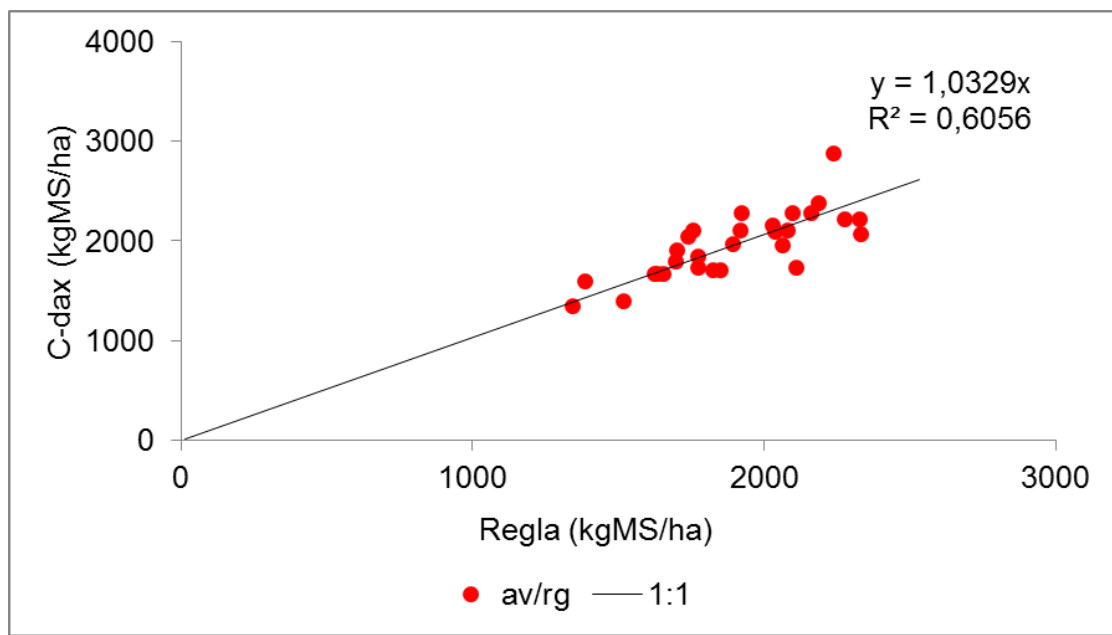
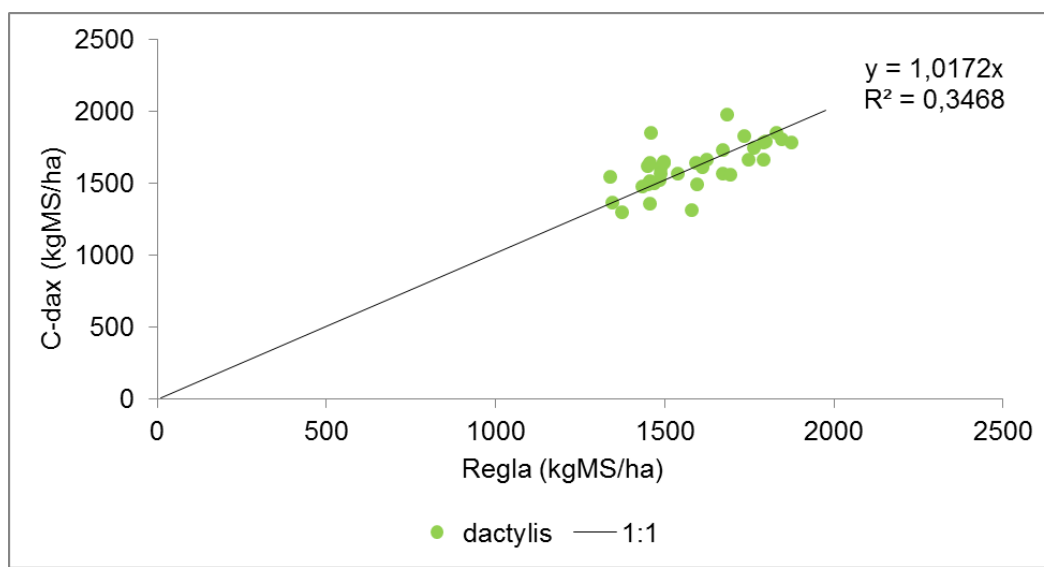
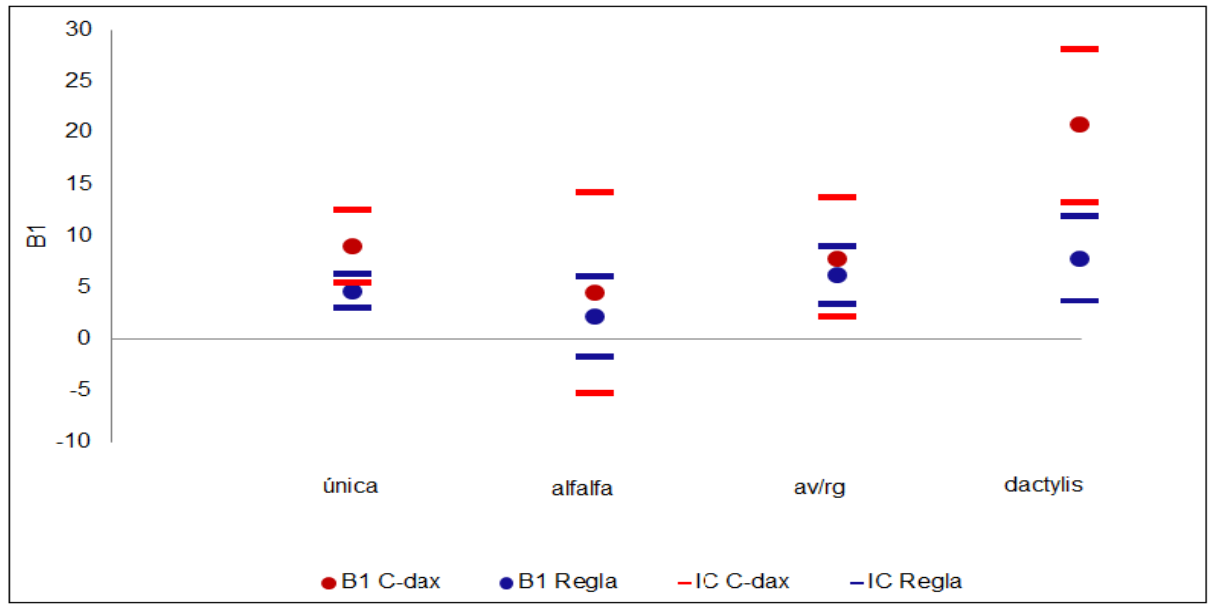


Gráfico No. 16. Comparación en kgMS/ha C-dax y regla calibradas para dactylis



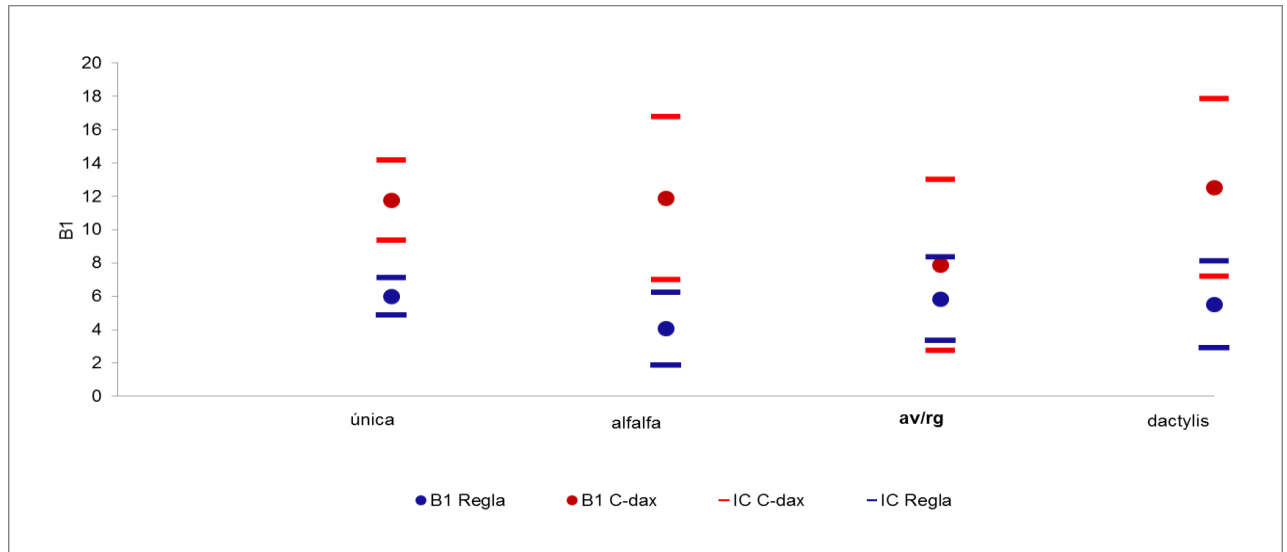
Al realizar la comparación por especies entre métodos en base a los kgMS/ha se visualiza una similitud, ya que sus pendientes tienden a 1. En cuanto al dactylis se observa un bajo coeficiente de correlación entre métodos, Por otro lado en los recursos av/rg y alfalfa los R^2 son mayores que en la comparación de todas las especies juntas.

Gráfico No. 17. Comparación de métodos calibrados con kgMS/ha totales



Al comparar los distintos métodos en el total de los kgMS/ha en base a las pendientes e intervalos de confianza, según lo que se observa en el gráfico No. 17, no se puede decir que son diferentes al estimar con la ecuación única, en alfalfa y av/rg. En cambio en el recurso de dactylis se puede decir que son distintos ya que los intervalos de confianza nunca se solapan.

Gráfico No. 18. Comparación de métodos calibrados con kgMS/ha más de 5 cm



Al comparar los distintos métodos tomando los kgMS/ha a más de 5 cm en base a las pendientes e intervalos de confianza, se observan diferencias entre métodos al estimar con la ecuación única y en alfalfa. En cambio en el recurso de dactylis y Av/Rg no se observan diferencias con solapamientos de los intervalos.

5. CONCLUSIONES

Para medir alfalfa hay que considerar la biomasa a más de 5 cm.

Al comparar dentro del método C-dax la ecuación única con la de cada recurso, el dactylis por IC muestra ser diferente. Llevándolo a la práctica, el IC de la ecuación del dactylis es muy grande y tiene menor número de N comparado con la ecuación única, por lo tanto se podría utilizar una única ecuación para todas las especies.

En la regla no hay diferencia entre una ecuación única y una por recurso.

Para C-dax por IC no hay diferencia entre utilizar una ecuación calibrada y la ecuación de origen hasta los 157 mm, pero a efecto de utilizar la medición e sistemas productivos para la toma de decisiones es necesaria la calibración local.

Al comparar los métodos en base a la altura, concluimos que miden distinto.

Utilizar una ecuación única contemplando la biomasa total para realizar las mediciones es más práctico, independientemente de la herramienta a utilizar.

Las diferencias entre métodos fueron a partir de un perímetro de 6 m, ¿qué pasaría a nivel de potrero? Es de suponer que las diferencias aumenten.

6. RESUMEN

El objetivo general de este trabajo tuvo como fin comparar los métodos c-dax y regla graduada de estimación indirecta de biomasa disponible (KgMS/ha) en diferentes mezclas forrajeras. El trabajo constó de dos etapas, la calibración de las herramientas para luego ser comparados. La investigación se llevó a cabo dentro del proyecto Red Tecnológica Sectorial, en la estación experimental Centro Regional Sur (CRS) de UdelaR. Facultad de Agronomía, ubicado en camino Folle km 35.500 s/n (34°36'47.62" S, 56°13'04.49" O), Progreso – Canelones, Uruguay. El periodo de trabajo de campo estuvo comprendido entre fines de marzo 2017 hasta fines de julio 2017. La zona de muestreo estuvo dividida en 6 potreros, subdivididos a la mitad. Los mismos están conformados por 3 mezclas forrajeras *Avena bizantina* y *Lolium multiflorum* (avena y raigrás), *Medicago sativa* y *Bromus catharticus* (alfalfa y cebadilla), *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens* (Dactylis y TB). El área de cada recurso fue de 16 ha., 12 ha. y 14 ha. respectivamente, donde se realizaron cortes de biomasa en 6 metros de largo en los cuales se midió la altura con c-dax y regla graduada para su posterior calibración. Como resultado obtenido, hasta los 157 mm de altura no hay diferencia estadísticas en utilizar la ecuación de C-dax original y la calibrada. Los métodos se ajustaron significativamente en un modelo de regresión lineal simple para la variable altura y la biomasa disponible, donde se encontró una mayor relación entre estas variables al contemplar los kilogramos de materia seca por encima de los 5cm. En C-dax la ecuación única no tiene diferencia en la medición de biomasa total en Av/Rg pero si en el dactylis con un R^2 mayor al utilizar su propia ecuación. En regla graduada no se puede concluir que sea distinto el uso de una ecuación única o una por recurso, exceptuando la alfalfa que no presenta una correlación entre altura y biomasa total significativa para ninguno de los dos métodos. Para kgMS/ha a más de 5 cm, no se encontraron diferencias entre la ecuación única y las individuales en ambos métodos, teniendo mayor R^2 la ecuación única. Se concluye que los métodos estiman igual los kgMS/ha totales disponibles en la estación otoño-invierno. Al comparar las ecuaciones por recurso entre métodos, se aprecian diferencias solo dactylis. La mayor diferencia entre métodos es en la comparación de alturas, donde se encontró que el C-dax mide el 57% en relación a la medición en mm con la regla graduada. Si la relación de altura se comporta igual a nivel del potrero las diferencias en usar un método u otro pueden llegar a ser relevantes a la hora de tomar decisiones.

Palabras clave: C-dax; Regla graduada; Calibración; Biomasa disponible; Mezclas forrajeras.

7. SUMMARY

The general objective of this work was to compare the available data methods (kgMS / ha) in different mixtures for users. The work consisted of two stages, the calibration of the tools to then be compared. The research was carried out within the Sectorial Technology Network project, at the Centro Sur Sur (CRS) experimental station in UdelaR. Faculty of Agronomy, located in Folle road 35,500 km / n (34°36'47.62 "S, 56°13'04.49" W), Progreso - Canelones, Uruguay. The period of work in the field was between the end of March 2017 until the end of July 2017. The sampling area was divided into 6 paddocks, subdivided in half. They consist of 3 mixtures of Byzantine Avena and *Lolium multiflorum* (avena and raigrás), *Medicago sativa* and *Bromus catharticus* (alfalfa and cebadilla), *Dactylis glomerata* and *Trifolium repens* (dactylis and TB). The area of each resource was 16 ha., 12 ha. and 14 ha. respectively, where biomass cuts are made in 6 meters long in which they are at the height of the reading and graduation for later calibration. As a result, up to 157 mm in height there is no difference in the use of the original and calibrated C-dax equation. The methods are adjusted in a simple linear regression model for the variable height and available biomass, where a greater relationship between these variables is found in kilograms of dry matter above 5 cm. In C-dax, the single equation has no difference in the measurement of total biomass in av/rg but in the dactylis with an R^2 greater than using its own equation. In this case, it cannot be concluded that the use of a single equation or a resource, except for alfalfa that does not have a correlation between height and total importance for either method. For kgMS / ha at more than 5 cm, there are no differences between the single equation and the individual equations in both methods, taking into account R^2 the single equation. It is concluded that the methods estimate the total kgMS / ha available in the autumn-winter season. When comparing the resource equations between the methods, the differences only dactylis are appreciated. The difference between the methods is in the comparison of the heights, where 57% is found in relation to the measurement in mm with the graduated ruler. The height ratio also refers to a level of power.

Keywords: C-dax; Graduated rule; Calibration; Biomass available; Forage mixtures.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnusdei, M. 2013. Rol de la ecofisiología en el diseño de manejos especializados de pasturas. (en línea). Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 21(1): 63-78. Consultado feb. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/170-ecofisiologia.pdf
2. Baethgen, W. 1999. El nitrógeno en los sistemas agrícolas-ganaderos. (en línea). In: Morón, M.; Martino, D.; Sawchik, J. eds. Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo. INIA. pp. 9-22 (Serie Técnica no. 76). Consultado feb. 2019. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807135249.pdf>
3. Bruno, O.; Castro, H.; Comerón, E.; Díaz, M.; Guaita, S.; Gaggiotti, M.; Romero, L. 1995. Técnicas de muestreo y parámetros de calidad de los recursos forrajeros. INTA. Publicación técnica no 56. 15 p.
4. Cangiano, C. A. 1996. Métodos de medición de fitomasa aérea. In: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 117-128.
5. _____.; Brizuela, M. 2011. Cómo evaluar la pastura. In: Cangiano, C. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 237-258.
6. Carámbula, M. 1991. Manejo de praderas. Montevideo, INIA. 16 p. (Boletín de Divulgación no. 17).
7. _____. 2006. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 2, 371 p.
8. _____. 2007. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
9. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R. Bidegain, M. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. (en línea). Montevideo, INIA. 34 p. (Serie Técnica no.193). Consultado dic. 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/Documentos/Privados/GRAS/Caracterizacion-agroclimatica/carac-agro-2010.pdf>

10. C-dax, NZ. 2016. Universal Controler: C-dax xc1 smart control operation manual (version 2400-6657-4). (en línea). Palmerston North. s.p. Consultado dic. 2018. Disponible en http://www.c-dax.co.nz/index.php?page=shop/flypage&product_id=17331&parent_cats=8fb6a98cdda3e6ee46d4a736f8efb89d.
11. Chilibroste, P.; Ibarra, D.; Laborde, D. 2003. Producción de leche y alimentación. In: Proyecto alimentación-reproducción. Acuerdo de trabajo CONAPROLE – EEMAC: resultado del relevamiento de 37 predios comerciales durante el periodo abril-noviembre del 2003. Montevideo, CONAPROLE. p. irr.
12. _____.; Soca, P.; Mattiauda, D. A. 2011. Balance entre oferta y demanda de nutrientes en sistemas pastoriles de producción de leche: potencial de intervención al inicio de la lactancia. Montevideo, UdelaR. Facultad de Agronomía. 16 p.
13. _____. 2012. Estrategias de alimentación en sistemas de producción de leche de base pastoril. (en línea). Cangüé. no. 32:1-8. Consultado feb. 2019. Disponible en http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/cangue032_chilibroste.pdf
14. _____. 2015. Carga o productividad individual? Pasto o concentrado?: mitos y realidades en la intensificación de los sistemas de producción de leche en Uruguay. Montevideo, UdelaR. Facultad de Agronomía. 9 p.
15. Díaz, R. 1992a. Evolución del nitrógeno total en rotaciones con pasturas. Investigación Agronómica. 1 (1): 27-25.
16. _____. 1992b. Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos con pasturas. Investigación Agronómica. 1 (1): 103-110.
17. 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).
18. Fernández, H. 2004. Estimación de la disponibilidad de pasto. (en línea). Balcarce, INTA. 23 p. Consultado sep. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/41-disponibilidad.pdf

19. Formoso, F. 2008. Principales variables a considerar para aumentar la eficiencia de la producción y utilización de forraje, especialmente durante otoño e invierno. (en línea). In: Jornada de Producción Animal (2008, La Estanzuela, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 1-20 (Actividades de Difusión no. 532). Consultado jul. 2018. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/529/1/112761150508131605.pdf>
20. Fulkerson, W. J.; Doyle, P. 2001. The australian dairy industry. Tatura, Victoria, Australia, The State of Victoria. Department of Natural Resources and Environment. s.p.
21. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture. 15: 663-670.
22. Hansson, L. 2011. Herbage dry matter of pastures estimated through measures of sward height. Master's thesis. Denmark, Carolina del Sur. University of Copenhagen. Faculty of Life Sciences. Department of Large Animal Science. 78 p.
23. Homles, C.; Roche, J. 2007. Pastures and supplements in dairy production systems. In: Rattray, P. V.; Brookes, I. M.; Nicol, A. M. eds. Pasture and supplements for grazing animals. Hamilton, New Zealand, Society of Animal Production. pp. 221-242.
24. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2010. Productos INIA. (en línea). Montevideo .s.p. Consultado jul. 2018. Disponible en <http://www.inia.org.uy/productos/cvforrajas/dactylises.html>
25. Insua, J.; Utsumi, S.; 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):1-21. Consultado jul. 2019. Disponible en <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0212773>
26. King, W.; Rennie, G.; Dalley, D.; Dynes, R.; Upsdell, M. 2010. Pasture mass estimation by the C-DAX Pasture Meter: regional calibrations

for New Zealand. In: Australasian Dairy Science Symposium (4th., 2010, Lincoln University). Proceedings. Christchurch, s.e. pp. 233-238.

27. Kloster, A.; Zaniboni, M. 2007. Manejo y utilización de pasturas de alfalfa en producción de carne. In: Basigalup, D. ed. El cultivo de la alfalfa en la Argentina. Buenos Aires, INTA. cap. 13, pp. 277-301.
28. Leborgne, R. 1983. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 54 p.
29. Loaiza, P.; Pérez, A.; Balocchi, O.; Casas, F.; Cussen, R. 2012. Estimación de la fitomasa presente en praderas de *Lolium perenne* L. mediante C-Dax Pasture Meter en el sur de Chile. In: Congreso Sociedad Chilena de Producción Animal (37°. 2012, Termas de Catillo). Libro de resúmenes. Catillo, Sochipa. pp. 175-176.
30. Lyons, N. 2007. Calibración de un nuevo método de estimación indirecta de disponibilidad forrajera en pasturas típicas de Australia. Tesis Ing. Agr. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 55 p.
31. Macdonald, K.; Penno, J. 1998. Management decision rules to optimize milk solids production on dairy farms. In: Elvidge, D. G. ed. Dairy farm management decision rules. Palmerston North, New Zealand, New Zealand Society of Animal Production. pp. 132-135.
32. Mattiauda, D.; Chilibroste, P.; Bentancur, O.; Soca, P. 2009. Intensidad de pastoreo y utilización de pasturas perennes en sistemas de producción de leche: ¿qué niveles de producción permite y qué problemas contribuye a solucionar? Montevideo, UdelaR. Facultad de Agronomía. 13 p.
33. _____. 2017. Adaptación de vacas lecheras a estrategias integradas de manejo del pastoreo y suplementación: conducta en pastoreo, fermentación ruminal y rendimiento productivo. (en línea). Tesis MSc. Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la Republica. Facultad de Agronomía. 16 p. Consultado dic. 2018. Disponible en <http://www.spluy.com/documentos/tesisencurso/DiegoMattiauda.pdf>

34. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2015. Anuario estadístico agropecuario. (en línea). Montevideo. 214 p. Consultado abr. 2018. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/anuario2015.rar>
35. _____. _____. 2017. Anuario estadístico agropecuario. (en línea). Montevideo. 214 p. Consultado abr. 2018. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/diea-anuario2017web01a.pdf>
36. _____. _____. 2018. Anuario estadístico agropecuario. (en línea). Montevideo. 211 p. Consultado ago. 2019. Disponible en https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2018/Anuario_2018.pdf
37. Millapán, L. 2014. Estimación de biomasa aérea en pasturas templadas de sistemas lecheros pastoriles. Trabajo final para acceder al título de especialista en Producción Lechera. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 63 p.
38. Montossi, F. ed. 2013a. Invernada de precisión: pasturas, calidad de carne, genética, gestión empresarial e impacto ambiental (GIPROCAR II). Montevideo, INIA. 188 p. (Serie Técnica no. 211).
39. _____.; De Barbieri, I. 2013b. El uso de la altura del forraje: una herramienta disponible para el manejo eficiente de sistemas pastoriles orientados a la producción ovina. In: Montossi, F.; De Barbieri, I. eds. Tecnologías de engorde de corderos pesados sobre pasturas cultivadas en Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 159-182 (Serie Técnica no. 206).
40. O'Donovan, M.; Connolly, J.; Dillon, P.; Rath, M.; Stakelum, G. 2002. Visual assessment of herbage mass. Irish Journal of Agricultural and Food Research. 2 (41): 201- 211.
41. Oleggini, G.; Gallego, F.; Lecuna, C. 2017. El pasto en el tambo. CONAPROLE. Área de Producción Lechera y Relaciones Cooperativas. Ficha técnica no. 12. 22 p.

42. Ortega, G.; Nuñez, T.; Custodio, D.; Mello, R.; Lopez, Y.; Chilibróste, P. 2018. Effect of stocking rate on pasture production and utilization on a grazing dairy system during winter and spring. *Dairy Science*. 101: 257.
43. Pagliaricci, H.; Ohanian, A.; Pereyra, T.; González, S. 2002. Utilización de pasturas. (en línea). *In*: Curso Introducción a la Producción Animal, Producción Animal (1º., 2002, Facultad Agronomía y Veterinaria) Utilización de pasturas. Río Cuarto, Universidad Nacional de Córdoba. cap.12, pp. 1-28. Consultado jun. 2018. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/08-utilizacion_de_pasturas.pdf
44. Parsons, A.; Chapman, D. 2000. The principles of pasture growth and utilisation. *In*: Hopkins, A.; Holmes, W. eds. *Grass: its production and utilisation*. Oxford, UK, Blackwell Science. pp. 31-88.
45. Paruelo, J. M.; Oyarzabal, M.; Oesterheld, M. 2011. El seguimiento de los recursos forrajeros mediante sensores remotos: bases y explicaciones. *In*: Altesor, A.; Ayala, W.; Paruelo, J. M. eds. *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales*. Montevideo, INIA. pp. 135-145 (FPTA no. 26).
46. Pérez, M.; Hernández, A.; Pérez, J.; Herrera, J.; Bárcena, R. 2002. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte. (en línea). *Técnica Pecuaria en México*. 40 (3): 251-263. Consultado nov. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/613/61340307.pdf>
47. Pizzio, M.; Bendersky, D. 2014. Metodología de muestreo de vegetación. (en línea). Corrientes, INTA. 38 diapositivas. Consultado feb. 2019. Disponible en <https://fcvinta.files.wordpress.com/2014/08/medicion-de-la-vegetacion-3b3n-3.pdf>
48. Pravia, M. I.; Montossi, F.; Gutiérrez, D.; Ayala, W.; Andregnette, B.; Invernizzi, G.; Porcile, V. 2013. Estimación de la disponibilidad de pasturas y forrajes en predios de GIPROCAR II. Ajuste del “Rising plate meter” para las condiciones de Uruguay. (en línea). *In*: Montossi, F. ed. *Invernada de precisión: pasturas, calidad de*

carne, genética, gestión empresarial e impacto ambiental (GIPROCAR II). Montevideo, INIA. cap. 3, pp. 31-67 (Serie Técnica no. 211). Consultado dic. 2018. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7664/1/St-211-2013-p.31-67.pdf>

49. Rebuffo, M. 2000. Manejo agronómico de la alfalfa: implantación.(en línea). In: Rebuffo, M.; Risso, D.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, INIA. pp. 27-35 (Boletín de Divulgación no. 69). Consultado mar. 2019. Disponible en <http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807160703.pdf>
50. Rennie, G.; King, W.; Puha, M.; Dalley, D.; Dynes, R.; Upsdell, M. 2009. Calibration of the C-dax rapid pasture meter and the rising plate meter for kikuyu-based Northland dairy pastures. DairyNZ. 71: 49-55.
51. Soca, P.; Olmos, F.; Espasandín, A. C.; Bentancur, D.; Pereyra, F.; Cal, V.; Sosa, M.; Do Carmo, M. 2008. Herramientas para mejorar la utilización del forraje del campo natural, el ingreso económico de la cría y atenuar los efectos de la variabilidad climática en sistemas de cría vacuna del Uruguay: a) Impacto de cambios en la estrategia de asignación de forraje sobre la productividad de la cría con diversos grupos genéticos bajo pastoreo de campo natural. (en línea). In: Soca, P.; Espasandín, A.; Carriquiry, M. eds. Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural. Montevideo, INIA. pp. 110-119 (FPTA no. 48). Consultado sep. 2019. Disponible en http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/fpta%2048_2013.pdf
52. _____. 2015. La gestión del pasto permite aumentar hasta 70% la producción de carne por hectárea. (en línea). El Observador, Montevideo, UY, ene. 8:1A. Consultado dic. 2018. Disponible en <https://www.elobservador.com.uy/nota/la-gestion-del-pasto-permite-aumentar-hasta-70-la-produccion-de-carne-por-hectarea-20151813240>

9. ANEXOS

MÉTODOS

Pasturómetro Rapid pasture meter (C-dax)



Regla graduada



Plato medidor de forraje



MATERIALES

Monitor



Cuatriciclo



Rectángulo (31cmX52cm)



Cinta métrica



Maquina de cortar pasto



PROCESO

Al campo



Medición de altura en 6 metros, con regla y C-dax



Corte posterior de biomasa a más de 5cm de altura



Corte de 0cm a 5cm



Muestras identificadas en laboratorio



Pesando muestra

