

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

CALIBRACIÓN Y COMPARACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE
MONITOREO DE FORRAJE

por

Alejandra RODRÍGUEZ CASA

Federico SEBALLOS SOAREZ PEREIRA

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2021

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste

Ing. Agr. MSc. Gastón Ortega

Ing. Agr. Juan Garrido

Fecha: 22 de noviembre de 2021

Autores:

Alejandra Rodríguez Casas

Federico Seballos Soarez Pereira

AGRADECIMIENTOS

Federico

A la Universidad de la República (UdelaR) y Facultad de Agronomía, por brindarme conocimientos y herramientas con las cuales puedo desempeñarme como profesional, y contribuir a un mundo mejor.

A Gastón Ortega y a Pablo Chilibroste, por asesorarnos durante toda la tesis y realizar aportes de gran valor.

A Ale, mi compañera de tesis. Por su esfuerzo, el cual se ve reflejado en este gran trabajo. Por sus chistes e intervenciones y por tolerarme.

A los amigos que me ha dado esta casa de estudios, que de manera desinteresada han contribuido positivamente a este trabajo y además me han hecho crecer como persona.

A mi familia, el otro equipo de tesis, que siempre estuvo expectante por saber “las novedades de la última corrección”.

Alejandra

Quiero agradecer a toda mi familia, que de alguna forma u otra apoyaron el transcurso de esta carrera. En especial a mis padres Enrique y Rosario que siempre tanto a mi como mi hermana nos dieron la solvencia económica para poder formarnos profesionalmente. Agradecer a mis amigas y primas que siempre están, a los amigos que me ha dejado este camino tan sacrificado, pero lindo, como Fede.

A mi novia Victoria que me banco gran parte de la carrera, levantándose en las mayores derrotas y festejando triunfos. Agradecida a la UdelaR por tener una educación gratuita. Pero principalmente va dedicado a mi abuela Gladys, mi compañera de vida, mi gran cebadora de mate mientras estudiaba, la que me prendió una vela en todo examen que tuve en toda la carrera gracias.

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>Objetivos generales</u>	2
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. LA PRODUCCIÓN LECHERA EN URUGUAY	3
2.2. LA IMPORTANCIA DE CUANTIFICAR EL FORRAJE.....	3
2.2.1. <u>Generalidades del manejo del pastoreo</u>	5
2.3. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE FORRAJE	6
2.3.1. <u>Métodos directos o destructivos</u>	6
2.3.1.1. Método de corte.....	6
2.3.2. <u>Métodos indirectos o no destructivos</u>	7
2.3.2.1. Método de doble muestreo	8
2.3.2.2. Estimación visual	9
2.3.2.3. Altura de regla graduada	10
2.3.2.4. Plato medidor.....	11
2.3.2.5. C-Dax Pasture Meter	12
2.3.2.6. Características de los métodos.....	14
2.4. REVISIÓN DE ANTECEDENTES.....	15
2.5. HIPÓTESIS	20
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	21
3.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO	21
3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS	21
3.3. MANEJO EXPERIMENTAL	22
3.3.1. <u>Extracción y manejo de las muestras</u>	23
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	25
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	26
4.1. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL PARA C-DAX EN FUNCIÓN DE BIOMASA DISPONIBLE	26
4.1.1. <u>Comparación entre la ecuación general del fabricante y la ecuación calibrada en condiciones de Uruguay</u>	30

4.1.2. <u>Calibración de C-Dax kg ms/ha por encima de 5 cm por recurso</u>	32
4.1.3. <u>Comparación entre recursos</u>	35
4.1.3.1. Aplicabilidad y utilidad de la herramienta	37
4.2. RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL PARA REGLA EN FUNCIÓN DE BIOMASA DISPONIBLE	39
4.2.1. <u>Análisis de ecuación general para todos los datos</u>	39
4.2.2. <u>Comparación de C-Dax y regla</u>	43
5. <u>CONCLUSIONES</u>	46
6. <u>RESUMEN</u>	47
7. <u>SUMMARY</u>	48
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	49
9. <u>ANEXOS</u>	55

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Comparativa entre atributos de cada método	14
2. Ecuaciones de predicción obtenidas para cada método y pastura	16
3. R^2 ajustados para cada ecuación.....	16
4. Ecuaciones de predicción obtenidas para cada método y pastura	18
5. Parámetros del modelo de regresión lineal para C-Dax	26
6. Comparación de resultados con López y Sosa y Garrido.....	29
7. Parámetros de regresión lineal para altura de C-Dax y kg ms/ha totales y mayores a 5 cm.....	33
8. Resultados de regresión lineal para altura de regla (cm) y kg ms/ha	40
9. Comparación de resultados de regresión lineal con Garrido.....	41
10. Resultados de regresión lineal para altura de regla y kg ms/ha totales y por encima de 5 cm.....	42

Figura No.	Página
1. Método de regla graduada	11
2. Plato medidor	12
3. C-Dax (posición de transporte)	14
4. Ubicación del Centro Regional Sur	21
5. Ubicación de los potreros y pasturas	24

Gráfico No.	Página
1. Precipitación histórica vs. precipitación durante ensayo y año anterior.....	23
2. Biomasa disponible kg ms/ha en función de altura registrada mediante C-Dax (todos los datos)	26
3. Comparación de resultados de regresión lineal con López y Sosa y Garrido	29
4. Ecuación de fábrica vs. ecuación calibrada CRS.....	31
5. Comparación de los R^2 para biomasa estimada por C-Dax (mm) por encima de 5 cm	32
6. Intervalos de confianza de las pendientes para diferentes alturas de medición	35
7. Comparación de ecuación única vs. av/rg.....	35

8. Comparación ecuación única vs. dact/tb.....	36
9. Comparación de ecuación para av/rg y dact/tb	37
10. Altura de las pasturas en función de su frecuencia	38
11. Altura promedio de las transectas del área de la plataforma de pastoreo ..	38
12. Biomasa en función de altura de regla para los 264 cortes	39
13. Comparación de resultados de regresión lineal con Garrido	41
14. Comparación de los R^2 para biomasa total de regla (cm) y los R^2 para la biomasa por encima de 5 cm	42
15. Comparación de altura (mm) para C-Dax y regla.....	43
16. Comparación de valores predichos por ecuación para regla y ecuación para C-Dax	44

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la lechería uruguaya sufre fuertes cambios motivados por la expansión de la frontera agrícola y el aumento del precio de la tierra. Sumado a que más del 70% de la leche se comercializa externamente, hace que el sector deba apuntar a disminuir los costos de producción para competir a nivel internacional (MGAP. DIEA, 2018). En respuesta a esta situación, los productores modifican diferentes elementos del sistema para hacer más rentable el negocio.

El ajuste de la carga animal es un elemento que determina la productividad de los sistemas. El aumento del número de animales por hectárea (ha) logra diluir costos en una mayor cantidad de litros vendidos, sin embargo, se aumenta la exigencia sobre las pasturas. Esto incide en la cantidad de pasto para cada animal, la cual tiende a disminuir si no se toman los recaudos correspondientes. La disminución en la cantidad de alimento se puede soportar con el uso de suplementos y herramientas que hagan más eficiente el uso del pasto y suplementos.

La demanda de nutrientes de los animales se satisface utilizando en mayor medida forrajes de cosecha directa, seguidos por reservas y suplementos (Chilibroste, 2002). Gracias a esto, Uruguay presenta uno de los costos de producción de leche más bajos a nivel internacional (IFCN, 2013). Más allá de que las condiciones climáticas de Uruguay hacen posible utilizar pasturas todo el año, existen restricciones que no permiten consumir todo el forraje producido.

La estacionalidad de los recursos representa una de las principales limitantes de los tambos para lograr una eficiente utilización. El impacto de la variación estacional puede disminuir si se mejora la relación existente entre la pastura y los animales. Una de las medidas más importantes es la cuantificación de la disponibilidad de forraje ya que permite una eficiente toma de decisiones.

En el presente trabajo se calibró un nuevo dispositivo para determinar disponibilidad de los recursos forrajeros. El mismo se denomina “C-Dax Pasture Meter”, un dispositivo electrónico que registra medidas de altura de las pasturas, e indirectamente es posible cuantificar la biomasa disponible.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivos generales

Calibrar un sensor lumínico para estimar biomasa en diferentes recursos forrajeros que comprenden una rotación pastoril lechera y contrastarla con las determinaciones realizadas mediante el método de regla.

1.1.2. Objetivos específicos

- Establecer una ecuación de estimación de biomasa para C-Dax para las diferentes pasturas presentes para la estación de otoño.

- Determinar las diferencias existentes entre la biomasa obtenida mediante la ecuación de origen y la ecuación ajustada en CRS.

- Determinar si existen diferencias en la estimación de biomasa entre el método de regla graduada y C-Dax.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA PRODUCCIÓN LECHERA EN URUGUAY

En el año 2016, el número total de tambos en Uruguay fue estimado en 3873 y la superficie ocupada por estas explotaciones era de 764.000 hectáreas (ha). Para el último ejercicio se observa una disminución de este parámetro respecto al año anterior, una tendencia sostenida a la baja durante el período considerado (2012-2016), que en el acumulado alcanzó 54 mil ha (MGAP. DIEA, 2017).

Si se observa el volumen de leche medio por productor entre años extremos de la serie, se tienen valores ascendentes, desde 505 mil a 523 mil litros anuales. Se podría expresar que, para este período, se procesaron cambios hacia menos tambos, más productivos y eficientes en términos físicos (MGAP. DIEA, 2017).

Se debe destacar que este aumento en la productividad responde, en primera instancia, a la implementación de instrumentos de índole técnico y, en menor medida a incrementos en tierra y animales (MGAP. DIEA, 2009). Según MGAP. DIEA (2017) para el año agrícola 2008/2019 la superficie destinada a lechería se estima entre 800 mil ha y para el 2015/2016 763 mil ha. Y el total de animales varía entre 710 mil (2008/2009) y 767 mil cabezas (2015/2016).

La fuente principal de alimento de estos sistemas productivos proviene del consumo directo de las pasturas por parte de los animales. Por esta razón las estrategias adoptadas para mejorar la rentabilidad se enfocan en aumentar la disponibilidad de alimento. De esta manera se puede incrementar la dotación y simultáneamente mejorar la eficiencia animal individual (CONAPROLE, 2017).

2.2. LA IMPORTANCIA DE CUANTIFICAR EL FORRAJE

En las últimas décadas se ha observado una tendencia a la expansión de los sistemas agrícolas debido a la rentabilidad de dicho rubro. Esto genera un aumento en el precio de la tierra y una mayor competencia por la misma. Como resultado se observa una reducción de la superficie y un aumento de la productividad de la lechería (Chilibroste, 2015).

La producción de leche comercial aumentó un 37% en el período comprendido entre 2001 y 2017 (MGAP. DIEA, 2018). En contrapartida, el número de tambos disminuyó un 27% para el mismo período.

Este aumento en la producción se explica por qué se han implementado estrategias dirigidas a intensificar la alimentación del rodeo. Se puede citar el uso intensivo de pasturas para consumo directo o indirecto mediante silos o fardos y

el aumento de la proporción de alimentos concentrados. Esto da lugar a un incremento en la productividad por animal y por ha (Aguerre y Chilbroste, 2018).

Por otra parte, el 70% de la leche producida se destina a la exportación, según INALE (2014), esto provoca que los sistemas de producción aspiren a ser más eficientes para poder competir internacionalmente. Se ha demostrado que los sistemas más intensivos son los de mayor utilización de forraje que además de ser más competitivos, presentan mayor resiliencia frente a factores climáticos adversos (Chilbroste, 2015).

Según MGAP. DIEA (2018), las pasturas mejoradas ocupan el 60% del área lechera, siendo el alimento de menor costo por unidad de materia seca (ms) o proteína cruda (Chilbroste et al., 2010). Estudios realizados por CONAPROLE (2017), muestran que estas pasturas podrían producir anualmente más de 11 toneladas ms/ha. En el caso de los productores que utilizan reservas además de la cosecha directa de pasto se aprecia que en promedio logran cosechar 4484 kg ms/ha/año. Esto significa que la eficiencia de utilización global es de alrededor del 40%, en otras palabras 60% del pasto que se produce, no se utiliza.

Si se toma como ejemplo que el costo de una ha de rotación forrajera ronda los 340 US\$/año, se puede calcular el costo por tonelada cosechada. Si se toma como ejemplo el caso de que los animales de un tambo logren cosechar 3 TT/ha/año, el costo de cada tonelada sería de 113 US\$. Si se aumentara la cosecha a 5 TT/ha/año cada tonelada pasaría a costar 62 US\$. Estos son los costos aproximados que manejan los productores uruguayos que logran menores y mayores utilidades de forraje respectivamente (CONAPROLE, 2017).

Como se observa, aún hay espacio para aumentar la utilización de pasto. Este aumento en la cosecha tiene la ventaja de abaratar el costo unitario del ingrediente más utilizado en la dieta y además disponer de mayor cantidad.

El factor determinante de la eficiencia del sistema que impacta sobre la producción y utilización de pasturas, es la carga animal (McMeekan y Walshe 1963, Baudracco et al. 2010). La presión de pastoreo dada por la carga animal influye sobre el crecimiento del forraje y sobre la eficiencia de utilización (Cangiano, 1996). Como regla general se establece que si la eficiencia de utilización es baja, los incrementos en carga mejoran la eficiencia de cosecha. Esto repercute positivamente en la productividad y en el resultado económico del sistema (Baudracco et al., 2010).

Además del efecto de la carga animal, las pasturas presentan una producción estacional. Esto responde a cambios de temperatura, duración del fotoperíodo y diversidad de ciclos productivos. A su vez estos factores, determinan el pasaje del estado vegetativo al reproductivo. Por estos motivos las

mayores tasas de crecimiento se dan en la estación de primavera con valores que alcanzan los 70 kg ms/ha/día. Mientras que, en los meses donde la radiación solar y la temperatura son bajas, se da una menor tasa de crecimiento, lo que limita en gran medida su productividad (Cangiano, 1996).

Para no comprometer la productividad de las pasturas en el largo plazo, se debe ajustar el consumo de acuerdo al crecimiento del forraje. Este manejo debe ser implementado a lo largo de todo el año, pero adquiere particular relevancia durante los meses invernales. Si se conoce la tasa de crecimiento, se puede ajustar la velocidad de la rotación y el área de las parcelas. Esto permite que las vacas consuman lo que la pastura ha crecido (Holmes y Roche 2007, Fariña et al. 2017).

2.2.1. Generalidades del manejo del pastoreo

Cuando el clima favorece el rápido crecimiento de las pasturas se debe aumentar la velocidad de rotación en el área de pastoreo. Es decir, las vacas vuelven a pastar en el mismo potrero en menos días. Por el contrario, en períodos invernales donde la tasa de crecimiento es baja, se disminuye la velocidad de rotación con el objetivo de darle más días de descanso y rebrote a los potreros. De esta manera se logra consumir el crecimiento que el pasto ha logrado en un determinado período (Fariña et al., 2017).

Si aumentar la velocidad de rotación no permite aprovechar todo el crecimiento debido a que éste sobrepasa la capacidad de consumo del rodeo, se achica el área de pastoreo. Se cierran algunos potreros que se pueden destinar para realizar reservas o pueden ser pastoreadas por otra categoría (Fariña et al., 2017).

Cuando la tasa de crecimiento disminuye como ocurre en otoño e invierno se debe disminuir la velocidad de rotación. Esta medida impacta positivamente en las pasturas ya que se le da más días a cada potrero para que pueda lograr el rebrote recomendado. La disminución de la cantidad de pasto en la composición de la dieta de los animales debe ser balanceada con aumentos en el uso de reservas y concentrados (Fariña et al., 2017). Para ser económicos, los suplementos deben usarse para mantener el nivel de consumo y productivo del rodeo. Además pueden utilizarse para mantener el estado de una pastura pre pastoreo, post pastoreo y/o para reducir el consumo de una pastura y aumentar su cobertura. Por el contrario, no deben usarse para reemplazar pasturas intentando mejorar el valor nutritivo de la dieta porque generalmente ocasionan costos adicionales (Holmes y Roche, 2007).

Ajustar la velocidad de rotación permite que los animales entren a las parcelas en el período de aprovechamiento óptimo. Esto significa que se pastorea

cuando los factores cantidad, calidad y estado fenológico son más adecuados, lo que evita problemas de persistencia. Si la pastura no es consumida, puede haber un exceso de material senescente, que conlleva a una disminución en la calidad del forraje. En contrapartida, si las defoliaciones son muy intensas, se denotará una reducción en el crecimiento de la misma. Esto se debe a que el área remanente post pastoreo no es suficiente para captar la radiación interceptada (Cangiano, 1996).

Conocer la disponibilidad de las parcelas y la tasa de crecimiento de los recursos permite controlar mejor el consumo de los animales. De esta manera se evita la sustitución de pasturas por concentrados y/o reservas de mayor costo (CONAPROLE, 2017).

La dinámica que presenta una pastura, establece un gran desafío para el manejo del pastoreo en sistemas con incrementos de carga animal. Se debe contemplar el consumo de los animales y la disponibilidad de pasto para poder establecer la carga correcta y mejorar la eficiencia de utilización, favoreciendo la producción y persistencia de los recursos.

Por estos motivos es de suma importancia monitorear las pasturas de manera rápida y sencilla. De esta forma se ajustan los períodos de pastoreo y se consume la pastura en el momento óptimo. Además, se logra una mejor asignación de alimentos más costosos como son reservas y concentrados.

2.3. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE FORRAJE

La estimación de la disponibilidad de forraje se puede hacer mediante métodos directos o indirectos. Cuando se habla de métodos directos, se realizan muestreos destructivos con cortes para su posterior análisis en el laboratorio. En cambio, los métodos indirectos solo requieren inicialmente muestreos rápidos destructivos de pocas determinaciones para calibrarse. La cantidad de ms se infiere en los sucesivos muestreos indirectos futuros. De esta manera, no se afecta el estado de la pastura a la hora de tomar las medidas correspondientes. Este aspecto, sumado a su facilidad de uso hace posible que se pueda abarcar más área.

2.3.1. Métodos directos o destructivos

2.3.1.1. Método de corte

Es un método destructivo, que consiste en cortar y pesar el forraje. Su eficacia es buena, siempre que el número de muestras que se toman sea representativo de la población. Describe muy bien lo que hay en la porción de corte, pero al extrapolar a unidades más grandes existe cierta variación

El procedimiento consiste en realizar un muestreo de un área determinada previamente definida. Se utilizan cuadrados de dimensiones conocidas, dentro de los cuales se corta la biomasa, se embolsa y se identifica la muestra. Posteriormente se pesa en fresco y se lleva al horno por 48 horas a 60 °C (temperatura constante). Es importante destacar que si la muestra no puede ser secada en el momento, lo recomendable sería mantenerla refrigerada para que no se deteriore. Con la diferencia entre el peso fresco y el peso seco, se obtiene la materia seca disponible para ese momento (Cangiano, 1996). El resultado final se expresa como la media de las muestras en kg ms/ha.

Su desventaja radica en que requiere gran disponibilidad de tiempo y mano de obra por lo que es poco práctico en grandes superficies. El corte del forraje de todo un potrero solo se realiza con el objetivo de enfardar pasto y almacenarlo.

Por otra parte, intentar hacer un muestreo del área que subjetivamente "mejor representa" todo el potrero normalmente sesga las estimaciones. Para disminuir este sesgo se debe cortar un número adecuado de muestras. Este número depende de la variabilidad de la pastura, siendo una cantidad razonable la de 15-20 muestras por ha (Fernández, 2005).

2.3.2. Métodos indirectos o no destructivos

Requieren calibrarse previamente en relación con el método directo de corte. Para esto se realiza un reducido número de cortes cuyas características de rendimiento se relacionan luego con un número elevado de muestras, las cuales no precisan ser cortadas o "destruidas" (Moliterno, 1997). Esto permite realizar un mayor número de muestras sin la necesidad de grandes inversiones en tiempo, trabajo y equipos, disminuyendo además el error de muestreo.

Esta opción fue creada para realizar medidas en grandes áreas y/o sitios en pastoreo. También se puede utilizar en áreas experimentales donde los tamaños de parcela son reducidos y el muestreo afectaría la evaluación. Además, proporciona una guía para la estimación de forraje en sistemas de producción animal de mayor escala donde no es exigible la precisión del valor absoluto (Moliterno, 1997).

Dentro de los métodos indirectos los más usados son doble muestreo, estimación visual (altura, densidad, composición), plato medidor (altura y densidad y regla, Cangiano, 1996). Además se han comenzado a utilizar pasturómetros como es el caso de C-Dax Pasture Meter.

2.3.2.1. Método de doble muestreo

Consiste en la combinación de un método directo y un método indirecto, para desarrollar una relación predictiva. Se asienta en una primera instancia en la cual se efectúan mediciones con el método indirecto que se desea calibrar. Simultáneamente se realizan cortes de cuadrados de áreas conocidas. Este muestreo destructivo brinda información precisa de la pastura. Con los datos obtenidos se realiza una regresión entre ambos. Seguidamente se establece una ecuación de asociación, entre la disponibilidad de materia seca de la muestra y su medida indirecta (Pravia et al., 2013).

El procedimiento se inicia recorriendo todo el potrero para conocer su grado de heterogeneidad. Luego se establece una escala de acuerdo a la altura y la densidad de la pastura. Esta escala se elige visualmente a juicio del observador según la heterogeneidad de la pastura previamente registrada. Los puntos de la escala (que puede ir de 1 a 3 o 1 a 5) deben ser representativos del potrero. A mayor heterogeneidad se deben considerar más puntos en la escala. Se comienza por la elección del punto que corresponde a la situación de mayor rendimiento para esa pastura en ese momento. Se continúa con la elección del punto 1, que representa el menor rendimiento posible de esa pastura. Luego se procede a elegir el o los puntos intermedios entre los extremos de la escala, considerando la misma densidad. De esta forma, quedan fijados los puntos (Haydock y Shaw 1975, Moliterno 1997).

Una vez realizada la escala y teniendo fijados los puntos, se procede a obtener el dato de rendimiento de forraje. Se recomienda realizar el corte de entre 2 y 4 puntos lo más similares posibles al punto fijado anteriormente. También se debe cortar la muestra de la propia escala, obteniendo así varias repeticiones. Esto aporta una idea de la variación con respecto a la escala efectivamente marcada (Moliterno, 1997).

Ya en el laboratorio se toma el peso fresco de las muestras y se secan en estufa a 60 °C durante 48 horas para obtener el peso seco. Se obtiene el dato de rendimiento de cada punto expresado en kg ms/ha resultante del promedio de los cortes realizados. Con estos datos se recorre la transecta del potrero, observando de manera sistemática el valor de la escala que la pastura presenta en ese punto. Esto permite obtener la frecuencia relativa con que aparece cada punto. En base a estos datos se construye el valor de disponibilidad (Haydock y Shaw, 1975).

La eficiencia del doble muestreo depende de la variación espacial de la vegetación, el número de las muestras destructivas y del número de mediciones tomadas de la variable regresora (Haydock y Shaw, 1975).

Si se aplica correctamente, es más rápido que el método de corte. Realizado por un mismo observador capacitado, permite obtener resultados moderadamente confiables (Moliterno, 1997).

Los parámetros de la ecuación de regresión son estimados usando un pequeño número de cortes. En paralelo, se toman muchas mediciones de la variable fácilmente medible y luego se usa la ecuación para estimar la biomasa promedio de un área. Por tanto, la cantidad de tiempo consumido en el muestreo destructivo es reducida (Catchpole y Wheeler, 1992).

El observador debe estar capacitado para relacionar lo que está observando con los estándares que han sido fijados previamente. Esto implica además, que el doble muestreo presenta una cuota de subjetividad ya que depende de la apreciación y criterio de cada observador (Moliterno, 1997).

La escala no es extrapolable a otras pasturas de diferente composición, altitud y topografía. El método se debe recalibrar en cada tipo de pastura de diferente composición. De la misma forma, tampoco puede ser marcada en una fecha dada y mantener los valores de rendimiento por varias semanas, más aún si está bajo pastoreo (Moliterno, 1997). Deberán desarrollarse nuevas ecuaciones de regresión para áreas de diferente aspecto, altitud y/o topografía (Catchpole y Wheeler, 1992).

El dato de rendimiento que se obtiene da cuenta de los kg de ms de todo el perfil de la pastura registrada. El observador por su parte, deberá contemplar la proporción de la pastura deseable además de restos secos y malezas. También se deberá tener presente la cantidad de pasto que los animales no pueden aprovechar y el remanente a dejar para un rebrote adecuado (Moliterno, 1997).

2.3.2.2. Estimación visual

Un operador estima visualmente la disponibilidad de biomasa en determinada área. Para esto, el método debe calibrarse relacionando las observaciones con estándares ya fijados mediante cortes. Este método tiene la ventaja de no requerir equipamiento especial, es fácil y rápido por lo que su uso es extensivo en países como Australia (Fernández, 2004).

La altura de la pastura es importante para la estimación visual pero además el observador debe integrar los efectos de la densidad del forraje, la cobertura, las relaciones hoja tallo, vivo-muerto y la composición botánica. Este método se aplica mejor a pastizales y pasturas de composición simple. Presenta una carga subjetiva que repercute en su eficacia, a su vez se observa una mayor precisión realizando las estimaciones antes del pastoreo (Cangiano, 1996).

Se requiere entrenamiento específico ya que el observador debe mantener los criterios que juzgue, la densidad y la altura de la pastura a lo largo del año. Y también en diferentes pasturas, que si tienen diferente composición, no se podrá utilizar la misma escala (Moliterno, 1997).

Si la estimación no es realizada por un observador experimentado se requiere calibrar el método cada vez que se realiza una serie de estimaciones. Más allá de que el operario esté debidamente capacitado se pueden presentar errores de sobreestimación de altura o subestimación de los efectos de densidad (Fernández, 2004).

2.3.2.3. Altura de regla graduada

La regla estima la biomasa de la pastura convirtiendo la altura media de las plantas en kg ms/ha. Esto es posible a través de una ecuación que relaciona el promedio de mediciones de altura (dentro rectángulos de corte) y la disponibilidad de ms. Por tanto, en una primera instancia se debe calibrar con cortes considerando estratos de vegetación como en el doble muestreo y en el método visual (Montossi et al., 2013a).

Una correcta estimación de la altura de la pastura requiere de 20 a 40 mediciones por potrero, lo que depende, entre otros, de: a) tamaño del potrero, b) heterogeneidad de la pastura, c) topografía del terreno, d) tipo de suelo, e) estación del año, que influye sobre la relación verde/seco y proporciones de tallo/hoja de las pasturas y f) experiencia del medidor (Montossi y De Barbieri, 2013c).

Es una herramienta práctica, de fácil aprendizaje y de resultados inmediatos para la toma de decisión. Si bien la regla necesita entrenamiento del observador es mucho menor, ya que no es un método muy sofisticado. Esto hace que pueda ser llevado a cabo por operarios sin experiencia y no requiere de ninguna inversión (Montossi, 2013b).

Muestra mayor precisión en las medidas si lo realiza la misma persona debido a que la estimación puede ser influenciada por la posición del observador. Si se modifica la perspectiva, se puede estar modificando la medida de la regla. Se vuelve más exacta cuando la densidad de la pastura es uniforme y su composición botánica es simple (Pravia et al., 2013).

Una desventaja radica en que no contempla diferentes aspectos que hacen a la heterogeneidad de la superficie. Estos son topografía del terreno, densidad de las pasturas, intensidad de pisoteo, composición botánica, época y manejo del pastoreo. Por lo tanto es importante calibrar este método con

frecuencia debido a que las mediciones pueden presentar diferencias que causen errores (Dowdeswell, 1998).



Figura No. 1. Método de regla graduada

Otro inconveniente de este método, es que las ecuaciones de relación no pueden ser extrapoladas a regiones, condiciones o pasturas diferentes a las cuales fueron calculadas. A modo de ejemplo, Montossi et al. (1998) presentaron una serie de ecuaciones para estimar la fitomasa para la región de Basalto de Uruguay. Se estudió campo natural, campo natural fertilizado y campo natural mejorado con valores de predicción. Los autores destacan que estas ecuaciones no pueden ser extrapoladas a otras comunidades vegetales dominadas por otras especies, particularmente gramíneas.

2.3.2.4. Plato medidor

Otro instrumento que permite estimar disponibilidad en pasturas de manera indirecta es el plato medidor (Rising Plate Meter, RPM). Consiste en un eje vertical con un disco en la base, que registra altura y densidad de follaje (Spada y Cangiano, 1991). El plato relaciona la altura comprimida con el rendimiento en kilogramos de la pastura mediante una ecuación. Para obtener esta relación, el plato debe calibrarse para cada situación forrajera, en distintas épocas del año.

Se encuentran diferentes modelos de disco que varían en tamaño, peso y materiales (Earle y McGowan 1979, Spada y Cangiano 1991). La presión ejercida por el disco se encuentra en el rango de 1,7 a 5 kg m² (Cangiano, 1996).

El disco es adecuado para utilizarlo en pasturas homogéneas con terrenos llanos. Las diferencias también se observan entre los tipos de disco y en la manipulación de la herramienta, ya que dejar caer el disco en diferentes alturas, puede arrojar diferencias en los datos. Habría necesidad de calibrar el

plato para cada región, en las distintas pasturas y estaciones del año (Cangiano, 1996). También se debe tener en cuenta que los errores de estimación han sido mayores después del pastoreo.

Su principal ventaja es la practicidad y rapidez con que los productores y/o técnicos pueden disponer de la estimación de forraje (Pravia et al., 2013).

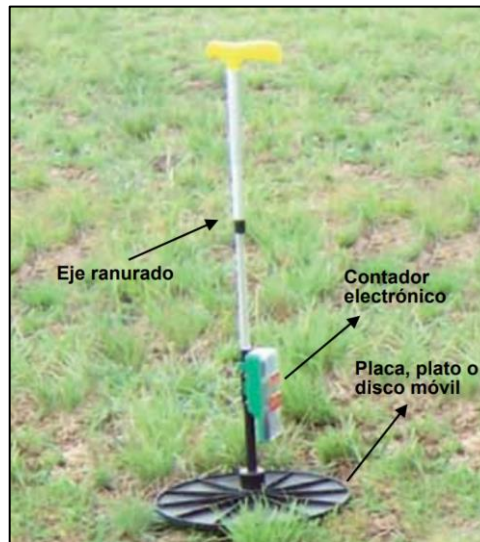


Figura No. 2. Plato medidor

En Uruguay diversos estudios han probado que el plato medidor realiza estimaciones confiables en lo que respecta a verdeos de avena y pasturas mezclas de gramíneas y leguminosas. Sin embargo, es muy escasa la información en pasturas de leguminosas puras como alfalfa (Millapán, 2014).

2.3.2.5. C-Dax pasture meter

El pasturómetro C-Dax es un dispositivo electrónico que se acopla al sistema de tiro de un cuatriciclo. Posee dos ruedas laterales que le permiten desplazarse rápidamente sobre caminos con o sin asfalto. Al momento de tomar medidas, estas ruedas se alzan otorgando estabilidad a la plataforma, la cual se desliza sobre el suelo (Yule et al., 2011).

En los laterales internos del C-Dax se encuentran 2 barras verticales de sensores encargadas de tomar medidas. De un lado se ubican los emisores de luz infrarroja y del otro lado los receptores. Cuando el C-Dax avanza, la pastura cruza entre estas 2 barras e interrumpe el haz infrarrojo y se registra la altura del material. Este dato se relaciona con la biomasa mediante un modelo lineal (Yule et al., 2011).

Además de dar dirección al recorrido, el cuatriciclo lleva una consola donde se visualizan las mediciones. Esta consola es la encargada de promediar las alturas detectadas por los sensores y transformarlas en kg de ms/ha (Yule et al., 2011).

Un sensor detecta la velocidad de avance y si el cuatriciclo se detiene, el registro de medidas también lo hace, luego vuelve a comenzar si se retoma la marcha (Yule et al., 2011).

El C-Dax posee la capacidad de tomar 200 medidas por segundo lo que permite un muestreo con gran nivel de detalle. A su vez, puede realizar estas mediciones a velocidades de 20 km/h, permitiendo cubrir grandes áreas. Otra ventaja es que el uso del pasturómetro no requiere entrenar al operario, ni utilizar una técnica específica. Lo cual evita diferencias entre mediciones debidas a la subjetividad de una u otra persona. Su exactitud en grandes áreas es similar o mayor a la del RPM. La reducción del costo de mano de obra y su fácil utilización permite incrementar la frecuencia de uso comparado con otros métodos (King et al., 2010).

Entre las desventajas se puede citar que requiere una inversión inicial importante ya que se debe adquirir el pasturómetro y además un cuatriciclo. Cabe destacar que el dispositivo C-Dax se puede acoplar/desacoplar del cuatriciclo cuantas veces sea necesario de manera fácil y rápida, permitiendo que el vehículo quede disponible para otras tareas del establecimiento. Otros puntos negativos de este dispositivo se corresponden con las desventajas intrínsecas de medir altura para estimar cantidad de ms. La subestimación de la cantidad de materia seca es común cuando se incrementa la altura de la pastura. Esto se debe a que una alta proporción de ms está concentrada en los estratos inferiores de la pastura. Por otro lado, con el pasturómetro no es posible distinguir la altura de los escapos florales de la altura de las hojas comestibles más altas, lo cual puede incrementar el error de sobreestimación (King et al., 2010).

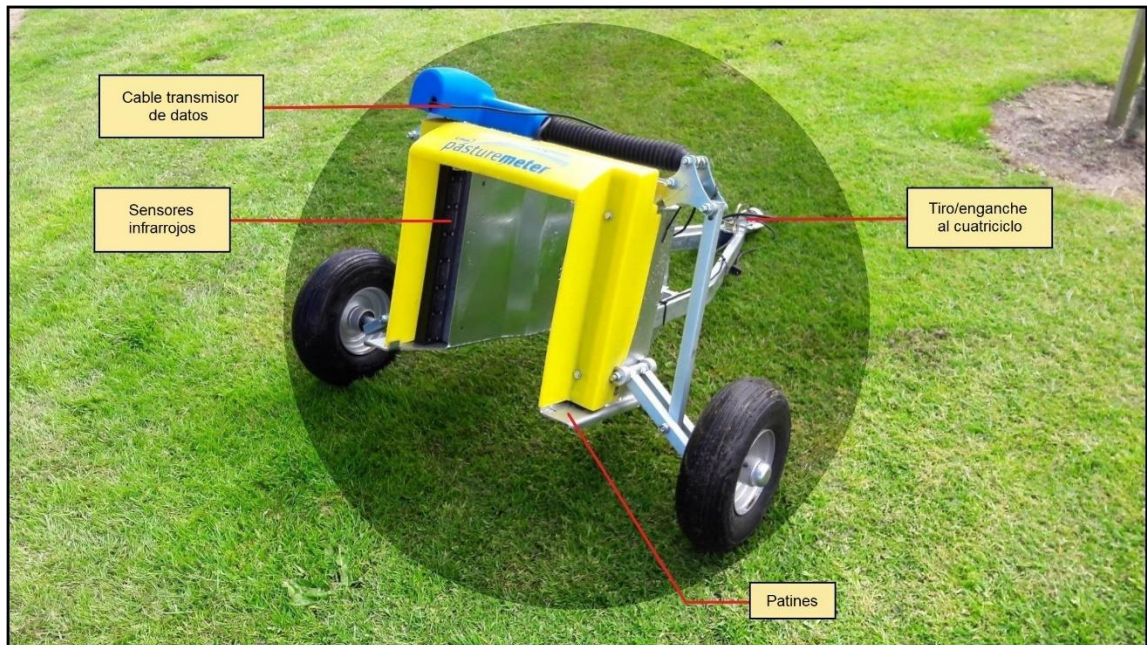


Figura No. 3. C-Dax (posición de transporte)

2.3.2.6. Características de los métodos

A modo de resumen se presenta el siguiente cuadro en el que se realiza una comparación entre los métodos anteriormente mencionados.

Cuadro No. 1. Comparativa entre atributos de cada método

tipo de método		practicidad	costo	precisión	capacitación operario	área de cob.
método directo	corte	+	++++	++++	+	+
método indirecto	D.M.	+	+++	+++	+	+++
	E.V.	++++	+	+	++++	++++
	regla	++	+	+	+++	+++
	plato	+++	+++	+	+	+++
	C-Dax	++++	++++	+++	+	++++

D.M. (doble muestreo), E.V. (estimación visual), área de cob. (área de cobertura)

2.4. REVISIÓN DE ANTECEDENTES

A continuación se realiza una breve revisión de estudios preexistentes donde se calibraron y se compararon métodos en diferentes condiciones.

Bisio et al. (2001) compararon el corte de biomasa con los métodos plato medidor, regla y método visual. El estudio se realizó sobre pasturas de diferentes tipos como son: 1) mezcla de alfalfa (*Medicago sativa*), festuca (*Festuca arundinacea*) y cebadilla criolla (*Bromus willdenowii*); 2) alfalfa pura; 3) avena pura (*Avena sativa*). Todos los métodos obtuvieron un buen ajuste entre altura y biomasa ($R^2 > 0,85$). Los autores concluyen que en pasturas similares a las utilizadas en el estudio, es recomendable el uso de los métodos indirectos debido a su facilidad de aplicación y economía, destacándose el método visual.

Montossi (2013b) investigó el uso de la altura medida con regla como herramienta para el manejo de sistemas pastoriles. Las evaluaciones fueron realizadas sobre pasturas de gramíneas (*Avena sativa*, *Lolium multiflorum* en el período otoño-invernal y *Festuca arundinacea* en el período invernal – primaveral) y leguminosas (*Trifolium repens*, *Lotus subbiflorus*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium pratense*, *Lotus uliginosus*). Para todos estos materiales se realizaron mediciones en condiciones de pre y post pastoreo, menos para *Lotus subbiflorus* que estaba en pastoreo continuo y la ecuación ajustada fue $Y = 281,73x + 620,19$ ($R^2 = 0,53$). Las ecuaciones ajustadas presentan variaciones entre la especie y el momento de pastoreo.

Intxusta Irisarri et al. (2007) probaron la efectividad del C-Dax durante la estación de primavera. El estudio se realizó sobre una pastura mezcla de festuca alta, pasto ovillo y falaris como especies principales y trébol blanco, trébol rojo y lotus tenuis como componentes menores. Las determinaciones de altura se realizaron con un C-Dax especial, el cual consistía de un contador que registra la altura del pasto al deslizarse sobre una plataforma en cada medición. Para establecer la ecuación de ajuste entre altura y biomasa se utilizó el método de cortes. Los resultados indican que es posible utilizar una única ecuación para estimar la disponibilidad de forraje con el C-Dax. La ecuación ajustada fue $Y = 155,49x + 23,40$; $R^2 = 0,92$. Los autores concluyen que el C-Dax es una herramienta confiable para realizar estimaciones de disponibilidad de forraje durante el período de rebrote.

Loaiza et al. (2012), evaluaron el C-Dax en pasturas de *Lolium perenne* durante el invierno. Los datos aportados por C-Dax fueron comparados con mediciones realizadas por el plato medidor y el método de referencia fue el corte.

Dichas determinaciones fueron realizadas en un cuadrante de 28 cm de ancho por 100 cm de largo. El estudio encontró una relación positiva, lineal y significativa ($p < 0,001$) entre la altura media registrada por C-Dax y la cantidad de biomasa presente en la pradera. El coeficiente de determinación fue de 0,70. La estimación puede ser más precisa si se ajustan ecuaciones específicas que tomen en cuenta la estación del año ya que varía la densidad de las pasturas.

Lyons (2007), comparó el método C-Dax con el plato medidor. Las pasturas que se analizaron fueron *Lolium multiflorum* (L. m.), *Bromus wildenowii*, *Medicago sativa* y *Pennisetum clandestinum* (P. c.).

Cuadro No. 2. Ecuaciones de predicción obtenidas para cada método y pastura

	C-Dax	plato medidor
<i>L. m.</i>	$Y = 0,16x^2 - 16,32x + 820,75$	$Y = 2,08x^2 + 50,53x - 264,72$
<i>B. wildenowii</i>	$Y = 25,17x - 698,96$	$Y = 3,70x^2 + 14,57x + 99,78$
<i>M. sativa</i>	$Y = 0,12x^2 - 9,14x + 971,52$	$Y = 2,51x^2 + 27,48x + 281,32$
<i>P. c.</i>	$Y = 6,35x + 574,17$	$Y = -3,62x^2 + 192,81x - 994,23$

Fuente: Lyons (2007).

Cuadro No. 3. R^2 ajustados para cada ecuación

	C-Dax	plato medidor
<i>L. multiflorum</i>	0,85	0,89
<i>Bromus wildenowii</i>	0,69	0,78
<i>Medicago sativa</i>	0,87	0,52
<i>P. clandestinum</i>	0,17	0,27

Fuente: Lyons (2007).

Los datos demuestran que C-Dax y plato medidor no poseen diferencias significativas al estimar biomasa de pasturas de *Lolium multiflorum* y *Bromus Wildenowii* durante primavera-verano. No obstante, las ecuaciones ajustadas para estos recursos fueron diferentes, siendo polinómica de segundo orden para lolium y lineal para bromus.

Para el caso de *Medicago sativa* la precisión de C-Dax es mucho mayor que la del plato. Esto se debe a que C-Dax posee una mayor tasa de medición en función de tiempo (200 mediciones/segundo) y además la estructura de la plata de alfalfa es más homogénea lo que permite obtener medidas más ajustadas. En base a lo anterior se concluye que el verdadero beneficio de C-Dax se ve en pasturas de *Medicago sativa*, debido a que hasta el momento no se habían podido encontrar métodos de estimación indirecta, con cierta confianza y precisión. Para el caso de *Pennisetum clandestinum*, posiblemente la falencia de ambos métodos está relacionada con el tipo de crecimiento, ya que es una especie de crecimiento más rastrero, que se extiende superficialmente, con acumulación de biomasa senescente en los estratos inferiores (Lyons, 2007).

Rennie et al. (2009) comprobaron la exactitud de C-Dax y plato medidor en Nueva Zelanda. Para esto usaron la calibración del fabricante, sobre pasturas compuestas por *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens* (especies principales) y *Pennisetum clandestinum* (especie secundaria). A su vez desarrollaron calibraciones específicas para esas pasturas. El estudio se llevó a cabo durante diciembre 2007 y noviembre 2008 y como método de referencia, se realizaron cortes. Con respecto al C-Dax, los autores concluyen que las ecuaciones del fabricante pueden sobreestimar disponibilidad en más de 1000 kg ms/ha.

King et al. (2010), compararon C-Dax y plato medidor para las condiciones de verano, otoño e invierno. Se utilizaron calibraciones proporcionadas por el fabricante y nuevas calibraciones desarrolladas para regiones específicas. La biomasa fue estimada utilizando la calibración estacional proporcionada por los fabricantes del C-Dax y del plato, y se comparó con la biomasa determinada por cortes (generando una calibración del lugar). El estudio concluye que ambas técnicas de medición mostraron errores sustanciales de subestimación, que van desde 439 a 1126 kg ms/ha.

Oudshoorn et al. (2011) probaron la utilidad del C-Dax en Dinamarca durante verano y otoño. Para esto realizaron calibraciones en pasturas mezcla de *Trifolium repens* y *Lolium multiflorum*. Los autores optaron por describir la relación existente entre altura y biomasa mediante una ecuación lineal. Dicha ecuación fue $Y = \text{altura pasto} \times (18,93) - 1921$, $R^2 = 0,83$. En base a estos datos los autores concluyen que C-Dax proporciona información precisa para estimar biomasa indirectamente. Para la altura de pastoreo más utilizada en Dinamarca (comprendida entre 7 y 18 cm) parece probable que se pueda utilizar una sola ecuación.

Schori (2015) estudió la exactitud de C-Dax y la comparó con el plato medidor. La composición de las pasturas utilizadas fue estimada visualmente como: 1) pasturas donde predominaban las gramíneas (gramíneas > 70%), 2) pasturas balanceadas (gramíneas = 50%), 3) las gramíneas constituían menos

del 50%. Se comparó altura de la pastura comprimida obtenida por plato medidor y altura de corte no comprimida dada por C-DAX. Se pesó la biomasa cosechada y se determinó la ms de una submuestra para calcular los kg ms/ha sobre una altura de corte promedio de 49 mm. Para aumentar la validez, se utilizó un conjunto de datos combinados para calcular la siguiente regresión: $Y = 7,2 x + 5,3$ ($R^2 = 0,79$), donde Y es la altura medida con el C-Dax y X es la altura medida con el RPM. Las ecuaciones ajustadas para cada sitio miden alturas diferentes, lo cual indica la necesidad de ajustar ecuaciones adaptadas a cada región. Las regresiones de estimación de biomasa para cada dispositivo fueron para plato medidor: $Y = 118 x - 728$ ($n = 252, R^2 = 0,81$) y para C-Dax: $Y = 15,2 x - 742$ ($n = 252, R^2 = 0,77$)

Basándose en estos datos Schori (2015) concluye que la exactitud de las estimaciones podría mejorar si se realizan previamente mediciones de la densidad, tomando muestras y analizando la ms contenida en los diferentes estratos de la pastura. Más allá de esto, las estimaciones realizadas con plato medidor o C-Dax proporcionaron similares estimaciones de ms por ha y explicaron aproximadamente el 80% de la variación de la misma (Schori, 2015).

López y Sosa (2019) compararon C-Dax y regla sobre recursos forrajeros anuales (*Avena byzantina* y *Lolium multiflorum*) y perennes (*Dactylis glomerata*, *Trifolium repens*, *Bromus catharticus* y *Medicago sativa*) en las condiciones de Uruguay para las estaciones de otoño-invierno. Las estimaciones fueron realizadas en condiciones de pre y post pastoreo sin identificación de cortes.

Cuadro No. 4. Ecuaciones de predicción obtenidas para cada método y pastura

	especie	ecuación	n	R ²	p-valor
C-Dax	única	$Y = 970,10 + 8,95 x$	98	0,21	<0,0001
	dactylis	$Y = 133,68 + 20,61 x$	34	0,50	<0,0001
	alfalfa	$Y = 426,88 + 4,40 x$	37	0,02	0,3639
	av/rg	$Y = 1069,30 + 7,80 x$	27	0,24	0,0103
regla	única	$Y = 1030,95 + 4,60 x$	98	0,23	<0,0001
	dactylis	$Y = 701,61 + 7,71 x$	34	0,32	0,0005
	alfalfa	$Y = 1437,01 + 2,07 x$	37	0,03	0,2925
	av/rg	$Y = 767,19 + 6,07 x$	27	0,44	0,0002

Para el método C-Dax los datos de biomasa se explican en un 21% por la altura. Con respecto a los recursos, *dactylis* es el que presenta una mejor correlación entre altura y biomasa. En cambio para alfalfa el p-valor (0,3639) fue no significativo según ANAVA alcanzando un $R^2=0,02$. Estos resultados se explicaron por diferentes factores entre los que se encuentran, la estructura de planta, edad del recurso, época de realización del trabajo y déficit hídrico durante el estudio. A su vez, mencionan que Lyons (2007) encontró una relación cuadrática que se ajusta mejor con un $R^2= 0,87$ en primavera (López y Sosa, 2019).

Para el caso de la regla graduada la altura explica un 23% los datos de biomasa, siendo estadísticamente significativo. 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 kg ms/ha. Esto refleja que las herramientas no contemplan de igual forma la densidad de la pastura (López y Sosa, 2019).

Garrido (2019) calibró el C-Dax y la regla durante las estaciones de primavera verano. El trabajo se realizó sobre pasturas de primer y segundo año de *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens*, pradera mezcla de *Medicago sativa* y *Bromus catharticus* y sobre un verdeo de invierno de *Avena sativa* y *Lolium multiflorum*. Se ajustó la ecuación $Y = 14,33 (x) + 804,91$ para C-Dax y para regla $Y = 71,15 (x) + 1082,2$. El autor concluye que tanto para C-Dax como para regla no se encontraron diferencias entre las pendientes de las ecuaciones por recurso y las pendientes de la ecuación general. Por lo tanto, es posible utilizar una única ecuación general para cada uno de los métodos. En el caso de la regla con un $R^2= 0,41$ y en el caso de C-Dax con un $R^2= 0,48$.

Waller (2020) estudió la precisión en la estimación de la biomasa, en 5 recursos forrajeros, mediante la medición de la altura de C-Dax, a lo largo de todo el año. Su trabajo fue realizado sobre pasturas mezclas de *Medicago sativa* y *Dactylis glomerata*, *Medicago sativa* y *Bromus catharticus*, *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens*, *Lolium multiflorum* y *Avena byzantina*, y por último *Festuca arundinacea* pura. Se recolectaron 773 muestras de pastura en total, conformadas por cortes a ras de suelo y por encima de 5 cm. Su metodología de trabajo fue idéntica a la de este abordaje, ya que se estimó en una sección de 6 m x 30 de ancho por donde pasó el C-Dax. Para la biomasa entre el suelo y los 5 cm, se estimó cortando con tijeras con tres marcos de 50 x 30 cm distribuidos aleatoriamente en una sección de 6 m. Y el secado fue a 65° con estufa por 48 horas, realizando posteriormente el estudio de cenizas. Que para este trabajo, ese estudio no se determinó.

El R^2 varió entre 0,93 y 0,10 dependiendo del recurso forrajero, época y edad. Obtuvo una ecuación general para todos los recursos $Y= 0,93x + 61,9$ con

un promedio $R^2 = 0,40$, siendo bueno por la heterogeneidad que presentan las pasturas. En comparación entre recursos, la festuca fue la que presentó una relación diferente entre altura y biomasa. Destacó que se podría mejorar la precisión de la ecuación eliminando este recurso.

Se encontró que C-Dax estimó mejor la biomasa de las pasturas por encima de los 5 cm, alcanzando un $R^2 = 0,40$. El hecho de que C-Dax sea preciso luego de una altura determinada coincide con lo encontrado por Oudshoorn et al. (2011) mencionado previamente.

2.5. HIPÓTESIS

1 - Es posible establecer una única ecuación para todas las especies con el método C-Dax.

2 - Existen diferencias en la estimación de la biomasa utilizando el método C-Dax con la calibración de origen y con la calibración realizada en el Centro Regional Sur (CRS).

3 - Los métodos regla graduada y C-Dax estiman la biomasa de igual manera.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

El estudio se realizó entre el 26 de febrero y 4 de julio de 2018. Se utilizaron las instalaciones de Facultad de Agronomía. CRS (Centro Regional Sur), ubicada en Camino Folle km 35.500, s/n, localidad de Progreso, departamento de Canelones, Uruguay ($34^{\circ}22' S$ $56^{\circ}12' O$). Las determinaciones fueron realizadas en parcelas donde se desarrollaba un experimento de mayor magnitud, en el que pastoreaban 96 vacas divididas en 4 lotes, de la plataforma experimental del tambo del CRS.



Figura No. 4. Ubicación del Centro Regional Sur

3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS

Según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (MGAP. DGRN, 2016) a escala 1:40.000, el ensayo se encuentra sobre las siguientes unidades de mapeo:

- Can;Pant;TI e2
- Ba;PPa;PdIP;CGr;LP;AdJ

Estas unidades de mapeo se denominan complejos indiferenciados. Dichos complejos están integrados por 2 o más series que se distribuyen en el paisaje en un padrón difícil de definir, que no siempre es el mismo en las

diferentes delineaciones. Debido a esto no se tiene información de las unidades pero si de cada serie por separado. A continuación se presenta información de las series dominantes de cada unidad (MGAP. DGRN, 2016).

Serie: Canelones (Can)

La serie Canelones está constituida por suelos profundos, moderadamente bien drenados, desarrollados a partir de sedimentos limo arcillosos de color pardo, normalmente con concreciones de carbonato de calcio provenientes de la formación Libertad, depositados sobre sedimentos de la Formación Fray Bentos. Se encuentra ubicada en un relieve de lomadas fuertes. La temperatura media anual es de 16.8°C y la precipitación media anual acumulada de 1170.5 mm. Los suelos de esta serie se clasifican taxonómicamente como Vertisoles Rúpticos Típicos, familia limo arcillosa. Esta unidad posee un grado de erosión e2 (erosión moderada), el suelo ha perdido entre el 25 y 75 % del horizonte superficial. Puede haber cárcavas de poca profundidad (MGAP. DGRN, 2016).

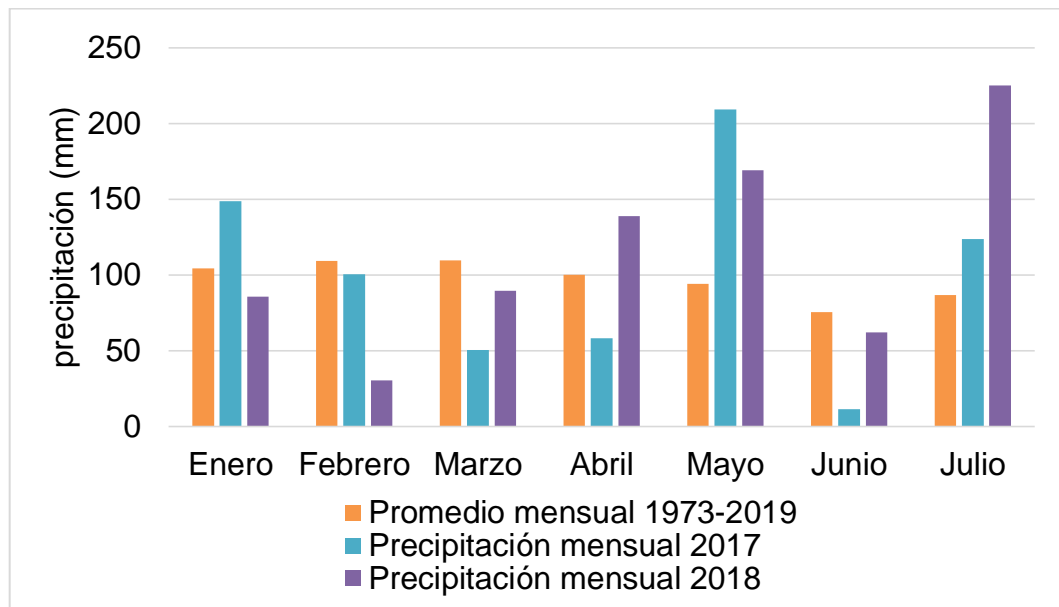
Serie: Barrancas (Ba)

La serie Barrancas está constituida por suelos profundos, con conductividad hidráulica en flujo saturado estimada baja y escurrimiento superficial alto a medio; desarrollados a partir de sedimentos limo arcillosos pertenecientes a la Formación Libertad, depositados sobre sedimentos de la Formación Dolores. Se encuentra ubicada en un relieve de valles planos. La temperatura media anual es de 16.8°C y la precipitación media anual acumulada de 1170.5 mm. Los suelos de esta serie se clasifican como Argisoles Subéutricos Melánicos Abrúpticos, familia limosa (MGAP. DGRN, 2016).

3.3. MANEJO EXPERIMENTAL

Las mediciones fueron realizadas sobre un verdeo mezcla de *Avena bizantina* 1095 (80 kg/ha) y *Lolium multiflorum* 284 (20 kg/ha) y una pradera de *Dactylis glomerata* Oberón (24 kg/ha) con *Trifolium repens* Zapicán (4 kg/ha). Los verdesos fueron sembrados en el mes de febrero 2018 y las praderas durante los años 2016 y 2017. Los potreros fueron fertilizados y tratados con herbicidas. Dichos tratamientos se explicitan en anexos.

Gráfico No. 1. Precipitación histórica vs. Precipitación durante ensayo y año anterior



Fuente: Fagro. CRS¹

Como se observa en el gráfico para el mes de febrero 2018 se obtuvieron datos de precipitaciones menores a los registrados en el promedio histórico. Esto determinó un impacto sobre los datos de materia seca en los meses en los que transcurrió el estudio.

3.3.1. Extracción y manejo de las muestras

Las determinaciones fueron realizadas en 14 parcelas donde 6 fueron sembradas con *Avena bizantina* y *Lolium multiflorum* y 8 con *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens*. La rotación comprendía tres años de pasturas perennes con uno de verdeos.

¹ Fagro. CRS (Centro Regional Sur, UY). s.f. Registros de precipitaciones. s.p. (sin publicar).

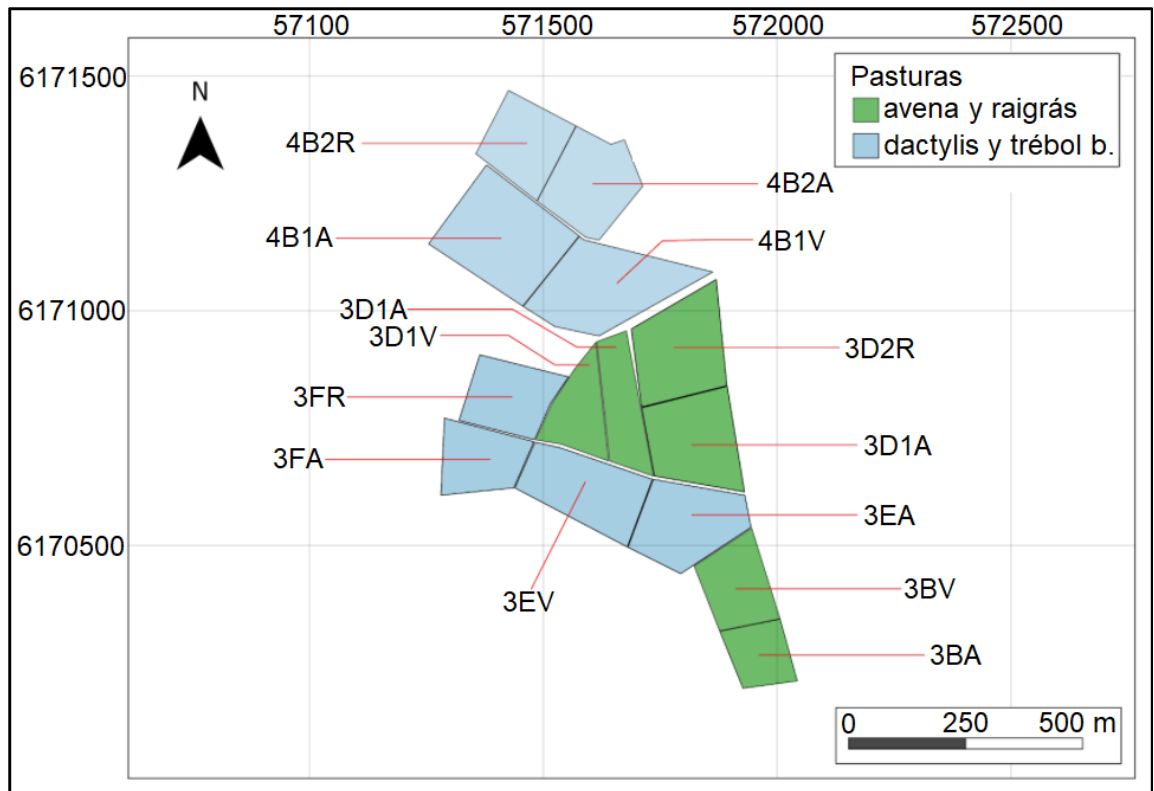


Figura No. 5. Ubicación de los potreros y pasturas

A los efectos de la calibración de C-Dax, se registraban medidas de 3 puntos situados sobre la diagonal de cada potrero. Se elegían puntos observando la topografía vegetal (alto, medio, bajo), y su representatividad con respecto al estado del potrero. Un punto está integrado por dos segmentos de 6 metros situados de manera paralela entre sí.

El trabajo consistió en registrar medidas de altura de la pastura usando regla y C-Dax. Para esto se establecían las rectas de 6 metros y se tomaban 10 medidas de altura con regla al contacto con la vegetación a intervalos regulares. Posteriormente se conducía el C-Dax a lo largo de los segmentos de 6 m y se anotaba la lectura de altura registrada por el sensor dada en mm.

Después de registrar las medidas se realizaban cortes de biomasa verde por encima de 5 cm, para esto se utilizaba una máquina cortadora de césped (Honda, modelo: HRT 216). Las muestras se colocaban en bolsas con sus respectivas descripciones para luego ser pesadas. El ancho de corte de la máquina estaba dado por el ancho de medición del C-Dax que correspondía a 30 cm, conformando una sección de 1,8 m². Luego de realizado el corte, se medía la altura del remanente con el objetivo de corroborar si la misma era correcta.

Una vez terminada esta medición se procedía a realizar 3 cortes con tijera de la biomasa remanente (por debajo de 5 cm) por cada segmento de 6 m, con cuadrante de 0,3 m de ancho por 0,5 m de largo. Estos cortes también se embolsaban y etiquetaban para su respectivo pesado. Así se estimó la biomasa en el estrato de 0-5 cm que no era removida por la máquina.

En el laboratorio se ordenaban los cortes de cada punto y se pesaban. A los cortes más grandes se les extraía una submuestra ya que no era posible secar todo el volumen. Se registraba el peso de la bandeja y el peso de la submuestra. Los cortes de menor volumen se pesaron completamente, descontando el peso de la bandeja. Los pesos eran registrados en una planilla excel.

Estas muestras se mantenían durante 48 horas a 60°C, este procedimiento de secado fue utilizado para todas las muestras. Pasadas las 48 horas, se registraban los pesos secos de las muestras y se volvían a registrar en la planilla excel.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

Se utilizó el programa Infostat, mediante el cual se ajustó una regresión lineal simple con la siguiente ecuación:

$$Y = \beta_1 x + \beta_0$$

Dónde:

Y - kg ms/ha

β_0 - ordenada en el origen

β_1 - coeficiente de regresión (pendiente)

x - variable independiente (altura)

La variable independiente fue la altura de C-Dax (mm) y la de la regla (cm) y la variable dependiente (Y), los kg ms/ha. La comparación de kg ms y alturas estimadas entre los métodos se realizó con el método de regresión lineal.

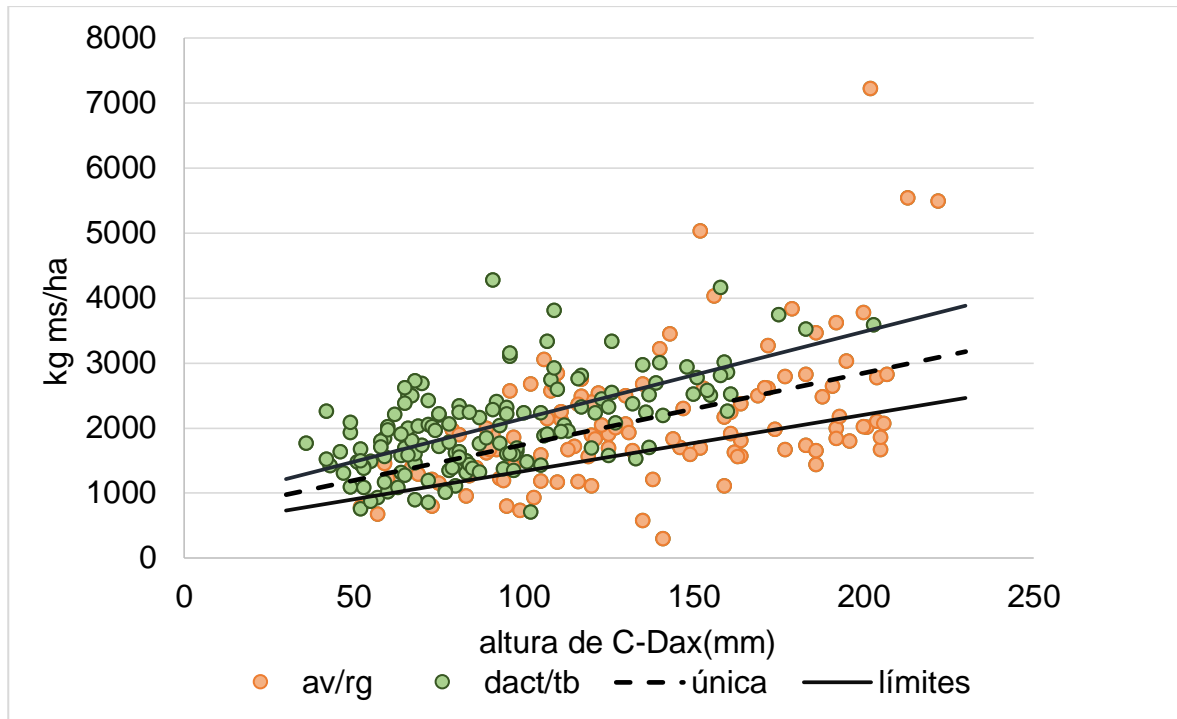
El estudio de la relación entre las variables se realizó comparando las pendientes de las rectas ajustadas para los diferentes recursos e instrumentos y sus intervalos de confianza.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL PARA C-DAX EN FUNCIÓN DE BIOMASA DISPONIBLE

En el gráfico No. 2 se muestra la relación entre los kg ms/ha en función de la altura en mm medida por el C-Dax. La altura es la variable independiente y los kg ms/ha la variable dependiente. Se presenta el total de cortes realizados diferenciados por recurso (n= 264).

Gráfico No. 2. Biomasa disponible kg ms/ha en función de altura registrada mediante C-Dax (todos los datos)



Cuadro No. 5. Parámetros del modelo de regresión lineal para C-Dax

especie	β_0	β_1	n	R^2	LI	LS	p-valor
única	976,4	9,5	264	0,25	7,5	11,5	<0,0001
av/rg	466,7	11,9	114	0,25	8,0	15,7	<0,0001
dact/tb	863,8	12,3	150	0,37	9,7	14,9	<0,0001

Existe una relación positiva entre la altura de C-Dax y la biomasa de la pastura, ya que se obtuvo un p-valor significativo según el análisis de regresión. El valor de R^2 es inferior con respecto a los valores encontrados en la bibliografía. Por ejemplo, Loaiza et al. (2012) obtuvieron coeficientes de 0,70. Lyons (2007) por su parte encontró coeficientes que van desde 0,69 a 0,85. Estudios en Uruguay como el de Waller (2020) obtuvieron $R^2 = 0,40$. Solo en el trabajo de López y Sosa (2019) se encuentran resultados similares ($R^2 = 0,21$).

Con respecto a los recursos forrajeros, dact/tb presenta un mejor ajuste con un $R^2 = 0,37$. A su vez, posee un mayor número de observaciones que la mezcla av/rg. Cuando C-Dax aumenta 1 mm de altura, aumenta 12,35 kg ms/ha dact/tb. Se observa una mayor concentración de cortes entre los 50 a 100 mm de altura de C-Dax.

Para av/rg, si bien se tiene un menor número de observaciones, en relación a dactylis, también tuvo una correlación positiva con un $R^2 = 0,25$ y una pendiente de 11,93. En el gráfico No. 2, se observa una mayor dispersión de los cortes entre 100 y 200 mm, teniendo mayor altura comparada con dact/tb.

Loaiza et al. (2012), obtuvieron un coeficiente de regresión de 0,70 para raigrás y festuca al utilizar C-Dax. Las diferencias con este autor pueden deberse a que Loaiza determinó altura de la pastura con el paso de C-Dax dentro de un cuadrante 28 cm de ancho por 100 cm de largo.

Existen otras particularidades como las que presentaron Intxusta e Irisarri et al. (2007). En ese estudio las mediciones de altura fueron tomadas con un pasturómetro diferente al utilizado en el presente trabajo. El mismo consistía de un contador que registra la altura del pasto al deslizarse sobre una plataforma en cada medición. Puede ser que este sistema tenga un mejor registro ya que su plataforma está fija, lo que permite una mejor medición de la pastura dando un $R^2 = 0,92$. Más allá de eso, el pasturómetro fue diseñado para realizar el trabajo en movimiento enganchado a un cuatriciclo, tal como se lo utilizó en el presente trabajo. Esto presenta una desventaja ya que puede suceder, que C-Dax registre alturas erróneas al medir pasto que fue pisado por el cuatriciclo. Este punto deberá mejorarse, ajustando de alguna manera el cuatriciclo o el pasturómetro en futuras fabricaciones. A nivel comercial y precisamente en Argentina, hay reportes del uso de un pasturómetro ubicado a un costado del cuatriciclo (Millapán, 2014).

Por su parte Lyons (2007) realizó los muestreos sobre un cuadrante de 3 m x 0,25 m, tomando 30 muestras. A su vez, utilizó regresiones lineales pero dependiendo del caso ajustó ecuaciones polinómicas de segundo orden, como por ejemplo en raigrás. Los coeficientes encontrados van desde 0,69 a 0,85. En

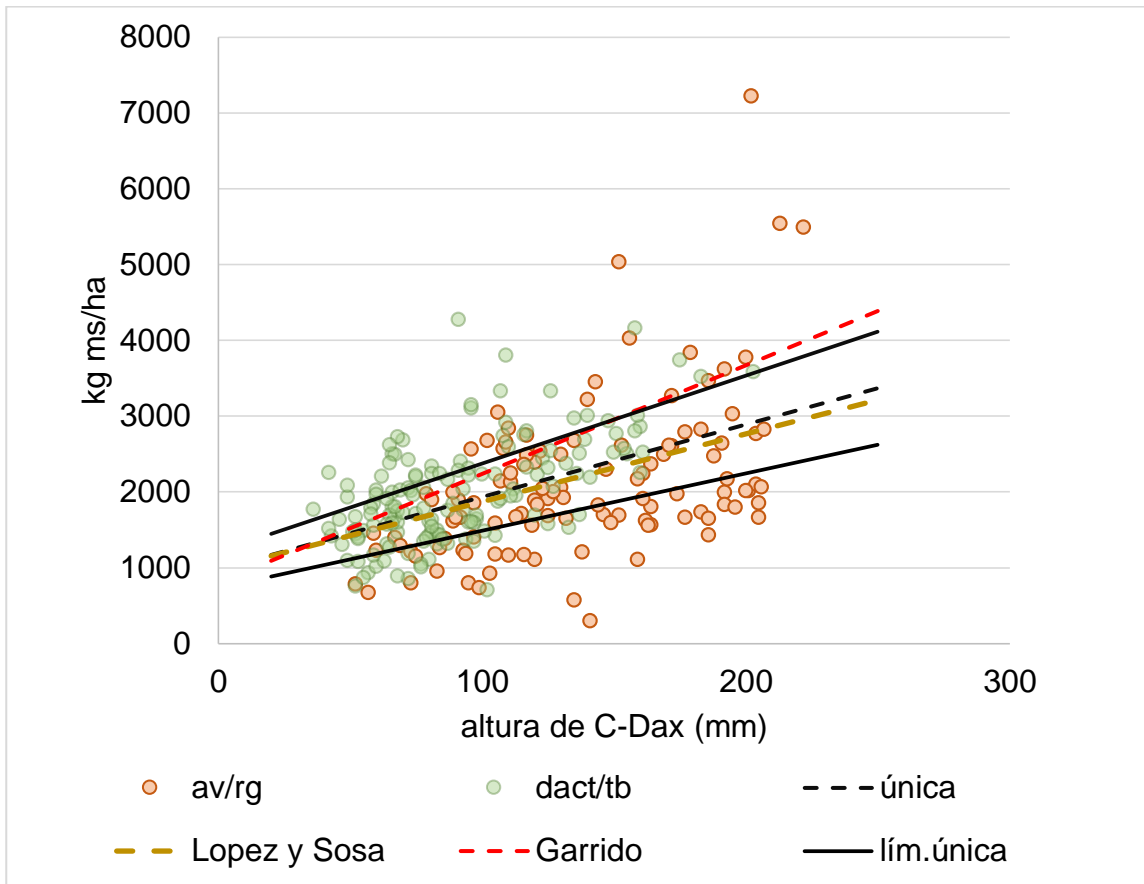
comparación con el presente trabajo el área de muestreo fue de 6 m x 0,30 m, con un total de 264 muestras y se utilizaron solo regresiones lineales.

Waller (2020) analizó como variables, los recursos forrajeros, temporada del año y la altura de C-Dax, utilizando ecuaciones lineales y cuadráticas, concluyendo que la bondad del ajuste, es similar en términos de R^2 entre la altura del pasto y la biomasa seca mayor a 5 cm. El R^2 varió entre 0,93 y 0,10 dependiendo del recurso forrajero, época y edad. Las mezclas utilizadas en este trabajo dact/tb y av/rg difieren de la estación de medición (primavera vs. otoño). También destacó que entre los 70 a 80 cortes, los intervalos de confianza son similares para las ecuaciones por recurso. A su vez López y Sosa (2019) obtuvieron, ajustes y ecuaciones similares con un número de cortes $N = 98$. Por lo tanto no serían necesarios más de 90 cortes para la calibración de C-Dax.

En el estudio realizado por Garrido (2019) se ajusta una recta de calibración: $Y = 14,33 (x) + 804,91$, con un R^2 mayor al del presente trabajo (0,48 vs. 0,25). La diferencia en los coeficientes de regresión puede estar relacionada con la estación del año donde se realizaron los ensayos, desde agosto 2017 a febrero 2018 (primavera verano).

En cambio se aprecian coincidencias en los R^2 de este trabajo con los de López y Sosa (2019) obtenidos durante otoño - invierno ($R^2 = 0,25$ vs. 0,21). En el gráfico No. 3 se ilustran los resultados de forma comparativa con estos autores.

Gráfico No. 3. Comparación de resultados de regresión lineal con López y Sosa y Garrido



Cuadro No. 6. Comparación de resultados con López y Sosa y Garrido

estudio	especie	β_0	β_1	n	R^2	p-valor
López y Sosa	Única	976,1	8,9	98	0,21	<0,0001
Rodríguez y Seballos	Única	976,4	9,5	264	0,25	<0,0001
Garrido	Única	804,9	14,3	295	0,48	

Del gráfico No. 3, se observa que el valor de las pendientes es similar en valor absoluto entre López y Sosa (8,95) y el trabajo realizado (9,57), estas dos ecuaciones se encuentran dentro del intervalo de confianza, que presenta este

trabajo. Sin embargo, la ecuación de Garrido (2019) posee una pendiente (14,33) y se solapa con el intervalo superior. A alturas mayores a 150 mm la ecuación de Garrido (2019) tiende a sobrestimar los kg por hectárea, para las mismas alturas comparada con la ecuación de este trabajo.

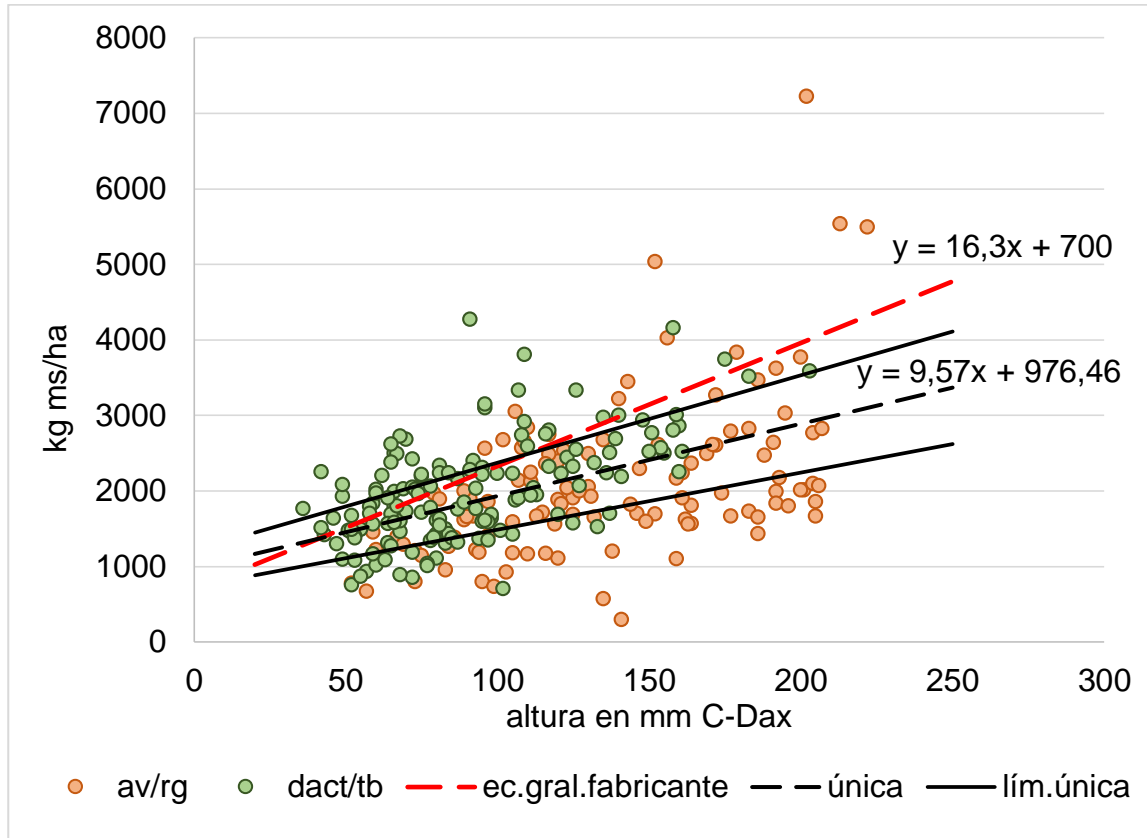
Las condiciones de calibración fueron similares en los tres trabajos con situaciones pre y post pastoreo y los mismos criterios de consumo de forraje. Sin embargo, en este trabajo no se utilizó alfalfa. Además otra diferencia con Garrido (2019) fue la estación de medición (primavera vs. otoño). Las diferencias en valor absoluto dadas entre las ecuaciones pueden ser atribuidas a este cambio estacional.

La ecuación de López y Sosa (2019) se encuentra dentro de los intervalos de confianza obtenidos en este trabajo, por lo que no se tienen elementos para afirmar que son diferentes entre sí.

4.1.1. Comparación entre la ecuación general del fabricante y la ecuación calibrada en condiciones de Uruguay

Al momento de conocer su aplicación es relevante comparar la información que proviene por defecto, debido a que es un instrumento de procedencia extranjera. Por tal motivo se comparó la ecuación calibrada para las condiciones de Uruguay con la ecuación correspondiente a la región de Waikato. No obstante, se debe tener en cuenta que el fabricante proporciona varias ecuaciones de acuerdo con la región de Nueva Zelanda en la cual se desea utilizar el artefacto.

Gráfico No. 4. Ecuación de fábrica vs. ecuación calibrada CRS



La ecuación del fabricante intercepta el intervalo de confianza superior, quedando por encima de él a partir de los 120 mm de altura aproximadamente. Aun así hasta los 120 - 130 mm no existen grandes diferencias usando una u otra ecuación. A partir de esa altura y a medida que aumenta, la ecuación del fabricante sobrestima la biomasa disponible con respecto a la ecuación encontrada en este trabajo.

Las diferencias entre los términos de estas ecuaciones se deben a factores de la pastura y del clima. El valor de la constante encontrado en este trabajo es mayor al que se observa en la ecuación de fábrica. Esto es producto de que β_0 se incrementa con la edad de la pastura y/o cuando la estación de crecimiento se hace más seca (C-Dax, 2016).

Por otro lado, la calibración de fábrica se realizó de forma estática (C-Dax, 2016). Realizar la calibración en movimiento simula las condiciones de una situación real, pero introduce el error de presionar el botón de medir en el momento justo que comienza la sección de 6 metros. A su vez en este trabajo las muestras fueron tomadas durante otoño. Mientras tanto, la calibración de fábrica

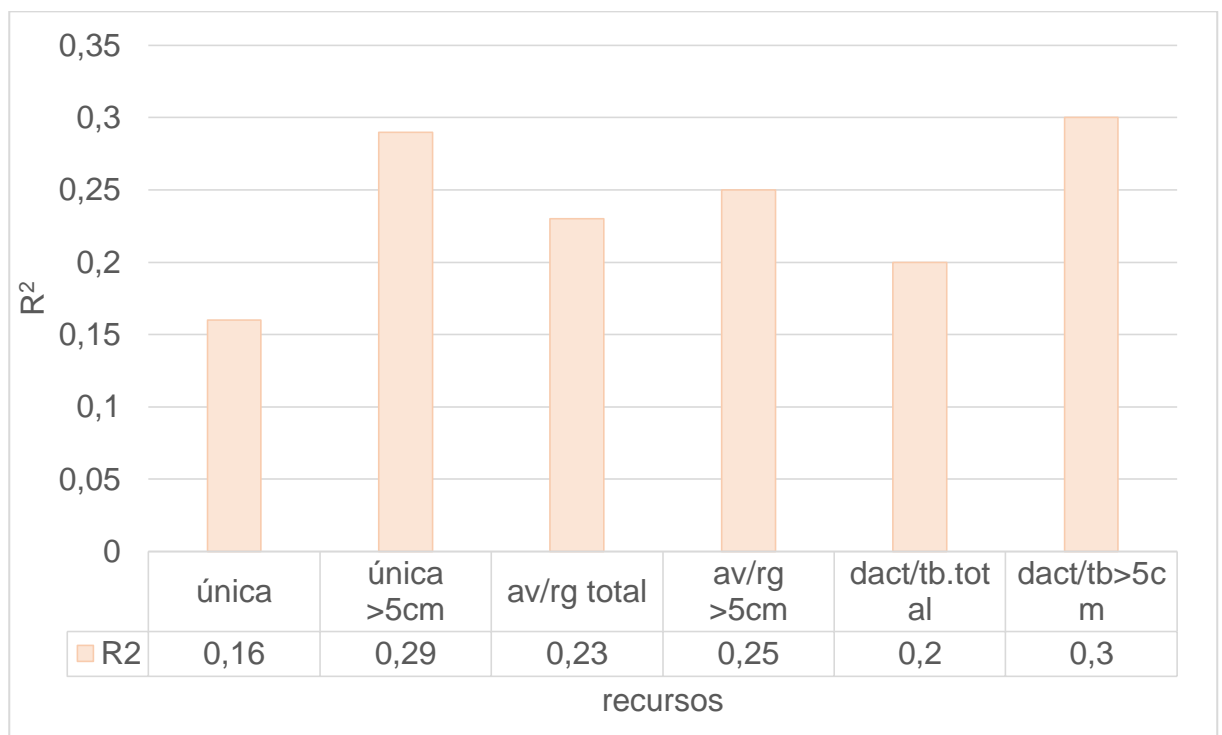
fue realizada únicamente en pasturas mezcla de raigrás (80%) y trébol blanco (20%) durante un año.

4.1.2. Calibración de C-Dax kg ms/ha por encima de 5 cm por recurso

Debido a que la construcción de la biomasa se realizó en dos partes (tal como se detalló en el apartado 3.3.1.) también se dividió al momento del análisis. Por un lado la biomasa contenida entre el suelo y los primeros 5 cm, y por otro, la biomasa existente por encima de 5 cm, que era la altura de corte definida por la máquina.

Oudshoorn et al. (2011) obtuvieron un R^2 de 0,83 con pasturas mezclas de trébol y raigrás. Además el dato obtenido por estos autores fue resultado de medir pasturas entre 7 y 18 cm lo cual no representa la biomasa del perfil completo. Esto permite obtener un buen ajuste para raigrás pero presenta una limitación para el caso de pasturas que concentran biomasa en diferentes estratos como el trébol.

Gráfico No. 5. Comparación de los R^2 para biomasa estimada por C-Dax (mm) por encima de 5 cm



Cuadro No. 7. Parámetros de regresión lineal para altura de C-Dax y kg ms/ha totales y mayores a 5 cm

especie	β_0	β_1	n	R ²	LI	LS	p-valor
única total	976,4	9,5	264	0,25	7,5	11,5	<0,0001
única > 5	144,7	11,7	264	0,39	9,9	13,5	<0,0001
av/rg total	466,7	11,9	114	0,25	8,0	15,7	<0,0001
av/rg > 5	-30,2	12,4	114	0,29	8,8	16,0	<0,0001
dact/tb total	863,8	12,3	150	0,37	9,7	14,9	<0,0001
dact/tb > 5	46,2	13,5	150	0,49	11,0	15,8	<0,0001

El gráfico No. 5 muestra que los coeficientes de regresión aumentan cuando la medición de biomasa se realiza por encima de 5 cm. Dicho efecto puede estar dado por la forma de obtención del estrato más bajo, ya que fue muestreado y no se recogió el total de la sección (promedio de tres cortes). También es posible que al cortar la muestra se extraiga material senescente del cultivo anterior (rastreo) o posibles partículas de tierra que incrementan el contenido de ms.

Este aumento de los coeficientes de determinación no es igual para los diferentes recursos. La variación existente en av/rg pasa de un R² de 0,25 (kg ms/ha totales), a un R² de 0,29 (kg ms/ha > 5 cm). En cambio los aumentos son más notorios para la ecuación única y para dact/tb. Dicha variación puede estar asociada a una mayor biomasa en la base del dactylis dada por sus macollos y por la contribución del trébol. Esto hace que C-Dax mejore su capacidad de predicción por encima de 5 cm.

Otro punto a considerar es que la actividad del pastoreo dejando un remanente de hasta 5 cm, se considera adecuada para optimizar el aprovechamiento por parte de los animales y la duración de las pasturas (Fariña et al., 2017). El pasturómetro es útil para determinar variables en sistemas pastoriles, por lo tanto, trabajar con una ecuación mayor a 5 cm permite tener menores niveles de interferencia (tierra, cenizas, etc.). Lo que ayudaría a disminuir restricciones para la utilización del mismo en condiciones reales.

Waller (2020) obtuvo mejores coeficientes de determinación para ecuaciones de biomasa seca por encima de los 5 cm (R² = 0,40). Pérez-Prieto y Delagarde (2013) mencionan que se pueden realizar asignaciones de forraje de

manera precisa con estas medidas. No obstante, se hace impreciso para estimar el consumo, debido a que los animales pueden acceder a material presente por debajo de 5 cm. Por ello no se recomienda la utilización de las ecuaciones ya que podría tener limitaciones para la determinación de remanentes post pastoreo.

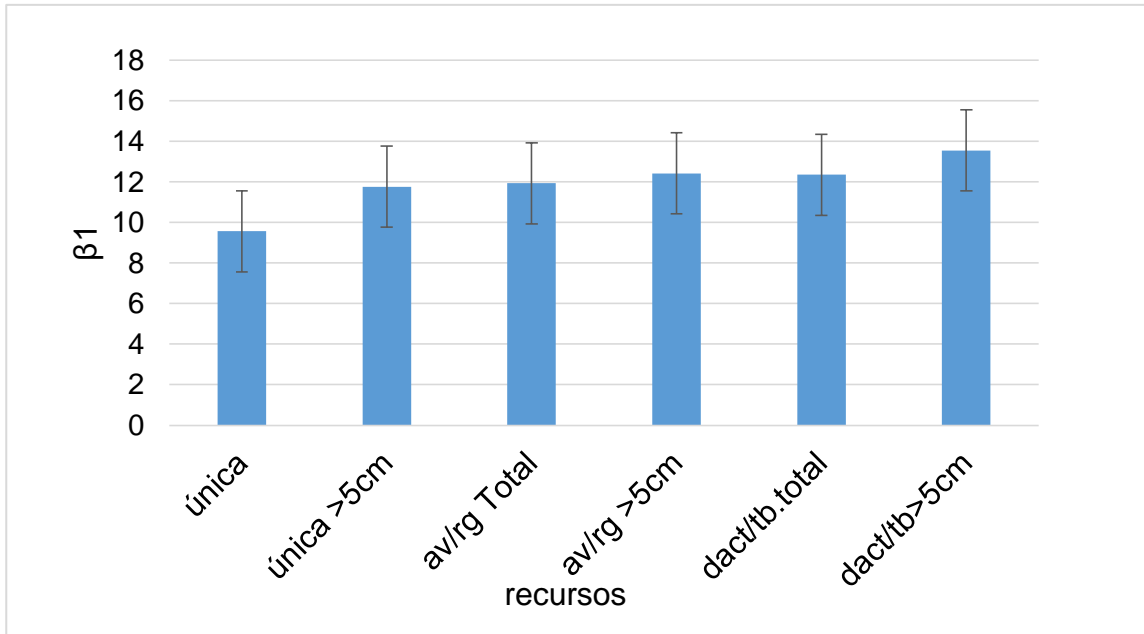
En el trabajo de López y Sosa (2019), también se utilizaron las ecuaciones por encima de 5 cm y se observó el mismo comportamiento. Para López y Sosa (2019) el R^2 fue de 0,50 mientras que para este trabajo el R^2 fue de 0,39. Las pendientes (β_1x) son similares (11,77 y 11,76) respectivamente.

La diferencia existente en el intercepto puede ser consecuencia del ambiente y de los diferentes recursos utilizados. Si bien en los dos trabajos existió una sequía, la del 2018 fue más pronunciada (ver gráfico No.1). Esto pudo aumentar el valor de m incrementando β_0 . Por otro lado, en este trabajo se utilizaron pasturas mezcla de av/rg y de dact/tb. Esto difiere de las pasturas utilizadas por López y Sosa (2019) que además de av/rg, utilizaron pasturas puras de alfalfa.

Otro punto a destacar, es que al aumentar la altura de medición decrecen los intervalos de confianza de las ecuaciones. Esta disminución indica una mayor precisión junto con una mejora en la relación de las variables.

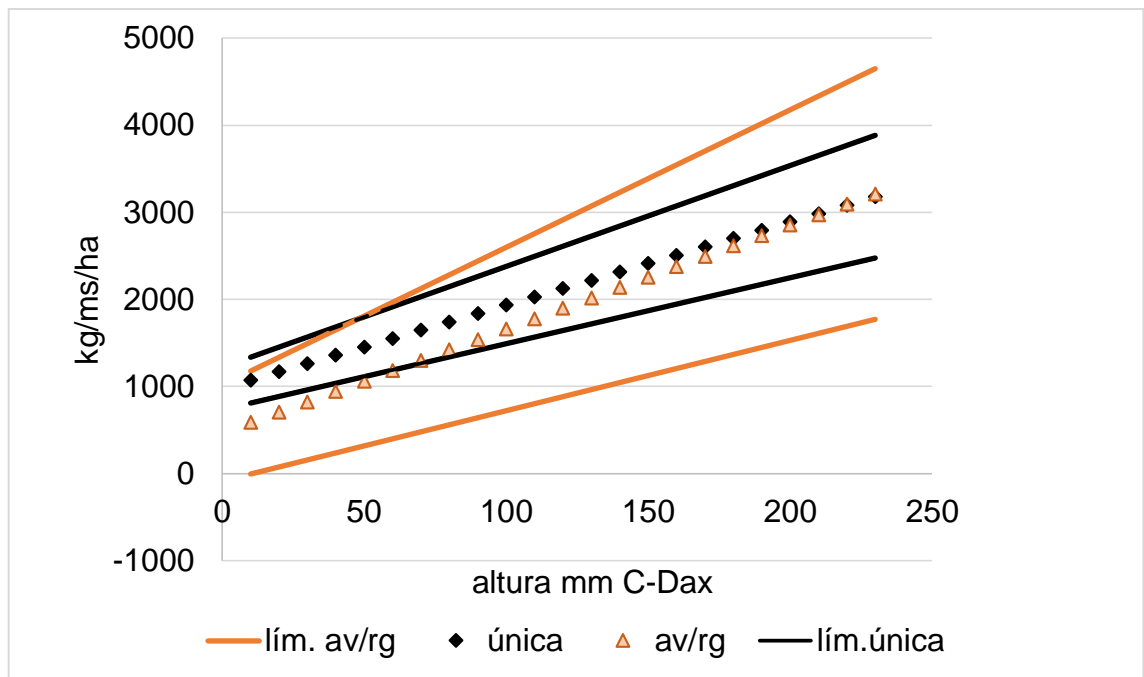
En el gráfico No. 6 se muestran los valores de las pendientes de todos los recursos para sus ecuaciones únicas y mayores a 5 cm. De este gráfico se puede observar que no hay diferencias significativas entre las ecuaciones por especie ya que los intervalos de confianza de todas las ecuaciones se solapan.

Gráfico No. 6. Intervalos de confianza de las pendientes para diferentes alturas de medición



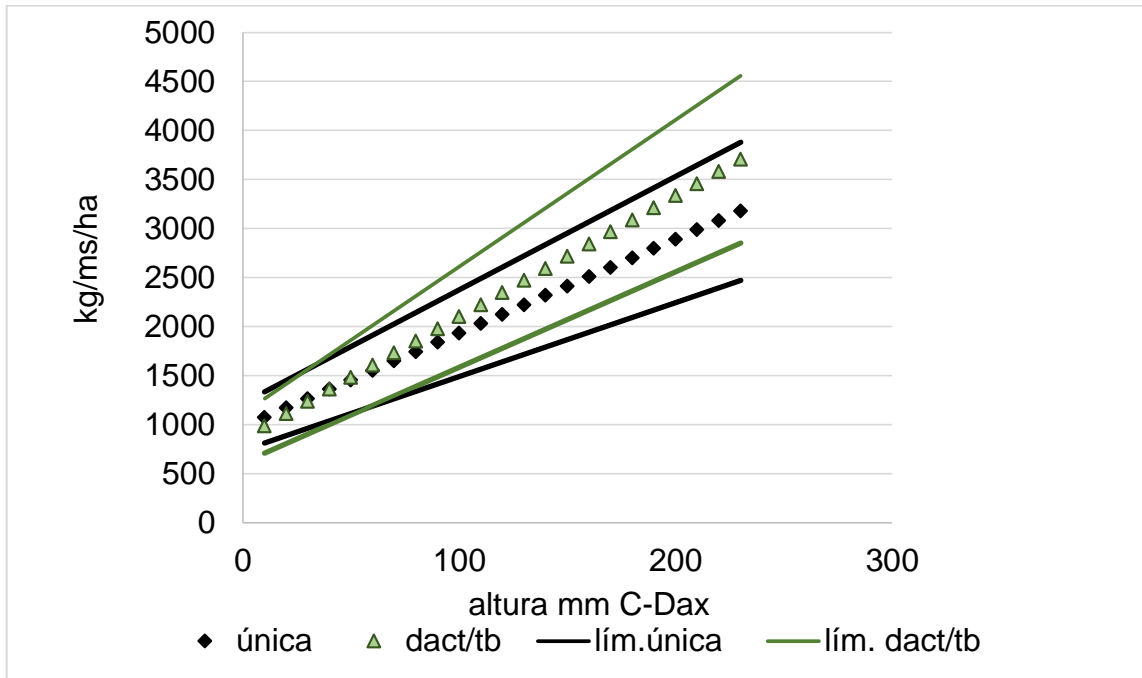
4.1.3. Comparación entre recursos

Gráfico No. 7. Comparación de ecuación única vs. av/rg



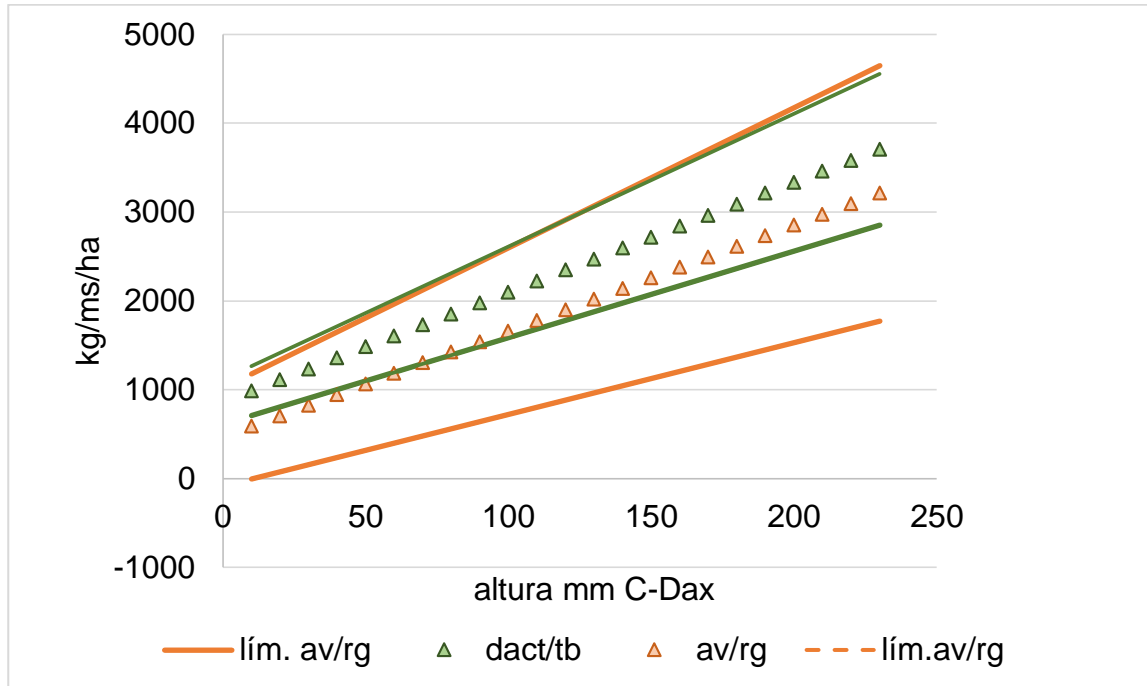
De 0 a 50 mm la ecuación de av/rg se solapa con el límite inferior de la ecuación única. A partir de los 50 mm de altura las rectas coinciden, dentro de los límites de las ecuaciones. Para av/rg, los límites son más amplios que la ecuación única y se solapan en el límite superior.

Gráfico No. 8. Comparación ecuación única vs. dact/tb



Con el 95% de confianza se puede afirmar que las ecuaciones se encuentran dentro de los intervalos y que no presentan diferencias significativas.

Gráfico No. 9. Comparación de ecuación para av/rg y dact/tb



Con el 95% de confianza se trazaron los límites para cada ecuación y en los cuales para av/rg el límite inferior es más amplio que la ecuación de dact/tb. La ecuación de av/rg se solapa con el límite inferior de dact/tb. Se puede concluir que no hay diferencias significativas.

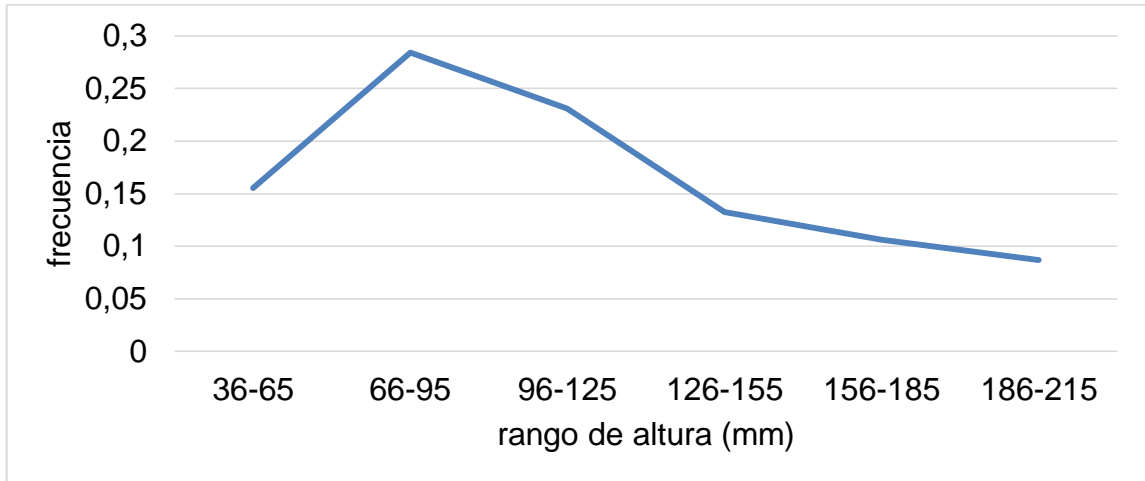
Observando los últimos gráficos se puede afirmar que no existen diferencias entre las ecuaciones para cada recurso y la ecuación única. Por tanto es posible utilizar una ecuación que abarque todos los recursos $Y = 9,57x + 976,46$ con un $R^2 = 0,25$.

Este hecho adquiere particular relevancia ya que aplicar una sola ecuación para todos los recursos simplifica el manejo de C-Dax. Esto facilitaría su implementación en predios comerciales.

4.1.3.1. Aplicabilidad y utilidad de la herramienta

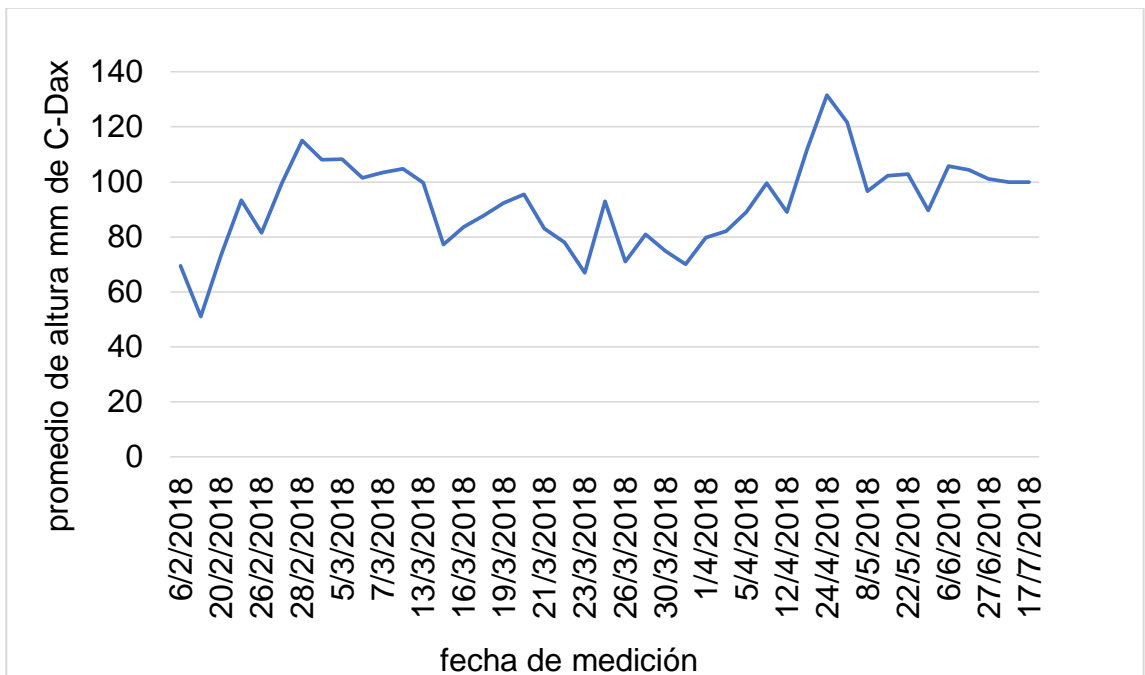
Otro dato importante para describir la utilidad de C-Dax en explotaciones comerciales es la información de la recorrida de las transectas. En el siguiente gráfico se compararon las alturas obtenidas en este trabajo con los promedios de altura de las transectas durante 7 meses de trabajo con una frecuencia de medición semanal (ver figura No. 5).

Gráfico No. 10. Altura de las pasturas en función de su frecuencia



Se aprecia que la mayor cantidad de mediciones se encuentran entre alturas que van desde 66 a 95 mm. El promedio de altura de los segmentos de 6 m ($h = 110$ mm) es mayor que el promedio de las transectas de los potreros ($h = 96$ mm).

Gráfico No. 11. Altura promedio de las transectas del área de la plataforma de pastoreo



La mayor frecuencia ($f = 0,28$) de mediciones de alturas registradas en 6 metros se encuentra en el rango de 65 a 95 mm como se observa en el (gráfico No. 10). Esto coincide con las alturas registradas en las transectas de los potreros de 2 a 4 has. Dichas transectas fueron medidas, una vez por semana, durante el período de estudio de este trabajo. En el gráfico No. 11 se detallan todas las fechas de medición de las transectas y las alturas promedio. Se aprecia que la mayor cantidad de alturas está entre 60 y 120 mm.

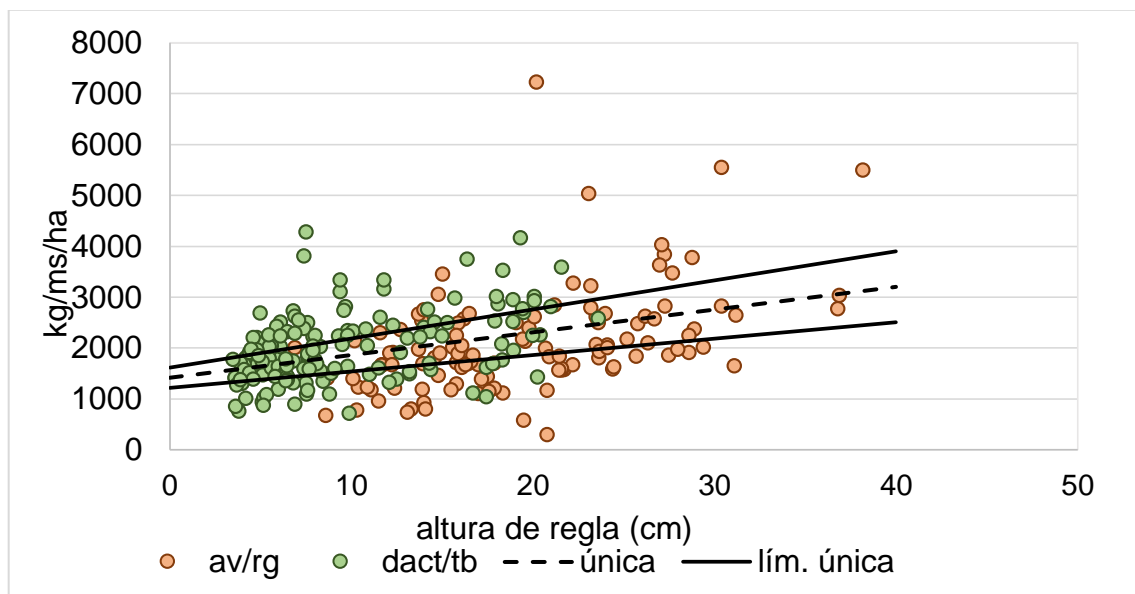
Estas observaciones fueron realizadas en una plataforma experimental y en los mismos potreros que se tomaron los cortes, se realizaron 1 vez por semana las medidas de las transectas. Por lo tanto, si las alturas de los cortes tomados en 6 metros, se asemejan a las alturas de las transectas, se concluye que la herramienta es eficiente para la medición de potreros (superficies mayores a 6 metros). La utilización de esta herramienta en predios de mayor escala, permitirá una estimación de forraje a nivel predial más precisa y en un menor tiempo. Esto facilita la toma de decisiones referentes a la disponibilidad de forraje y su asignación.

4.2. RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL PARA REGLA EN FUNCIÓN DE BIOMASA DISPONIBLE

En el gráfico No. 12 se detalla la altura de regla en cm, que sería la variable independiente y los kg ms/ha de muestreo es la variable dependiente.

4.2.1. Análisis de ecuación general para todos los datos

Gráfico No. 12. Biomasa en función de altura de regla para los 264 cortes



En el gráfico No. 12 se observa nuevamente la existencia de una tendencia de correlación positiva entre las variables altura de regla y kg ms/ha, como se da con C-Dax.

Cuadro No. 8. Resultados de regresión lineal para altura de regla (cm) y kg ms/ha

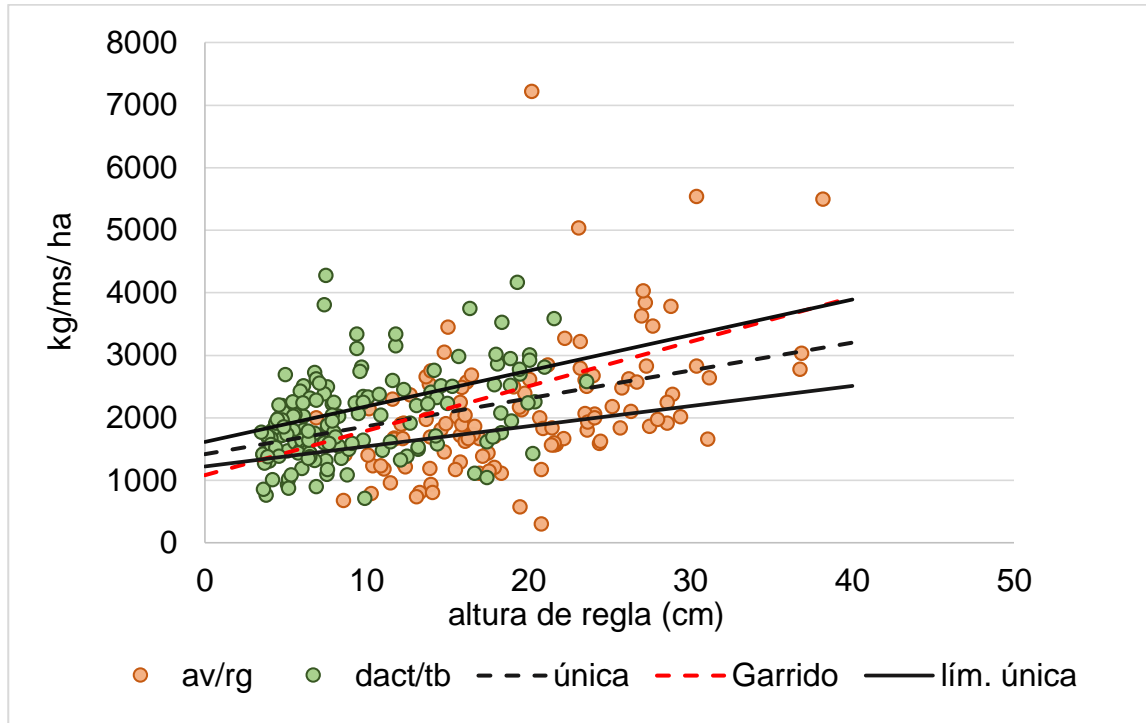
especie	β_0	β_1	n	R ²	LI	LS	p-valor
única	1418,4	44,6	264	0,16	32,1	57,0	<0,0001
av/rg	634,0	75,1	114	0,23	49,7	100,6	<0,0001
dact/tb	1415,7	59,6	150	0,20	40,3	78,8	<0,0001

La ecuación general se explica por la altura en cm para el 16% de los datos. Por cada cm de altura la biomasa aumenta 44,61 kg ms/ha, estos datos se obtuvieron mediante 264 observaciones.

Para cada recurso el R² aumentó con respecto a la ecuación única. Según los datos para dact/tb la altura de regla explica en un 20% los datos de biomasa para un total de 150 observaciones. En cambio, para av/rg con 114 observaciones, los datos explicados por la altura de regla son un 23% del total. Por cada aumento de 1 cm de regla, se obtienen 75,17 kg ms/ha de av/rg.

En comparación con Montossi (2013b) se tienen datos para avena y raigrás separados en el período otoño invernal con mediciones pre y post pastoreo. Estos autores obtuvieron un R² para avena pre pastoreo de 82% y para post pastoreo un R² de 54%. Raigrás registro un R² pre pastoreo de 63% y para post pastoreo 88%. También existen diferencias en las pasturas utilizadas en cada estudio. La estructura y el ciclo de estas pueden hacer variar la medición. Además, el número y el tamaño de las observaciones realizadas en el presente trabajo fueron mayores. Se registraban 3 puntos por potrero y en cada punto se cortaban dos secciones de 1,8 m², vs. al menos 3 cortes de 0,1 m² realizados por Montossi (2013b). Por otro lado se tomó la altura 10 veces en cada sección de 6 metros y se hicieron 6 secciones por lo tanto se tomó la altura con regla 60 veces por potrero, mientras que Montossi (2013b) tomó un máximo de 30 medidas por potrero clasificando estos datos en pre y post pastoreo. Para este trabajo no se tuvo en cuenta esa situación.

Gráfico No. 13. Comparación de resultados de regresión lineal con Garrido



Cuadro No. 9. Resultados de resultados de regresión lineal con Garrido

estudio	especie	β_0	β_1	n	R ²	LI	LS	p-valor
Garrido	única	1082,2	71,1	295	0,41	61,3	81,0	<0,0001
Rodríguez y Seballos	única	1418,4	44,6	264	0,16	32,3	57,0	<0,0001

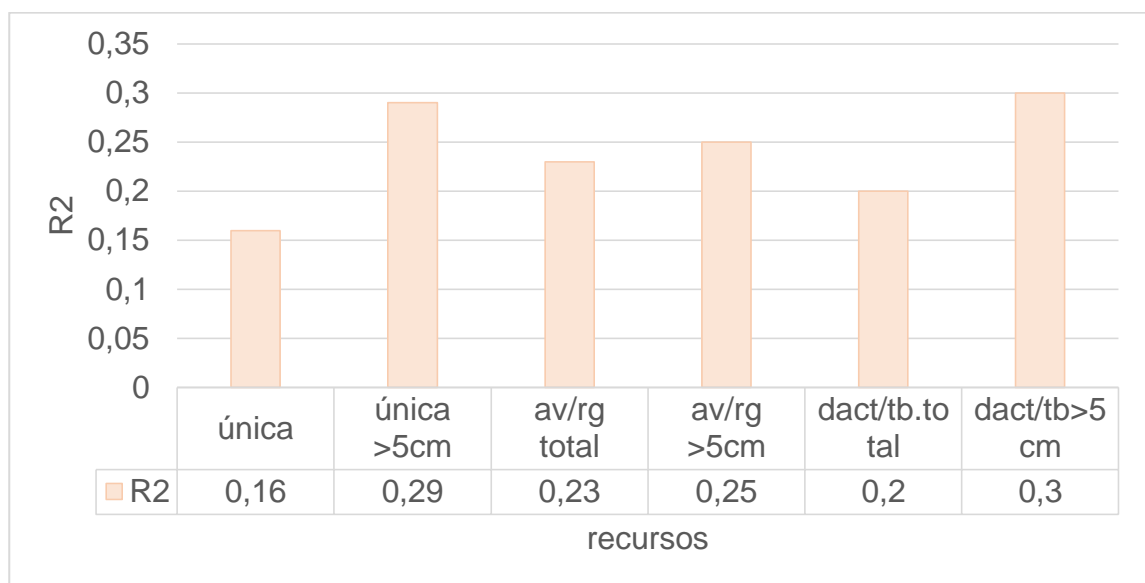
Se observa que la ecuación de Garrido (2019), queda dentro de los límites obtenidos en este trabajo. Con este análisis no se puede afirmar que las ecuaciones son estadísticamente diferentes. Cabe destacar que a la ecuación de Garrido le faltan los intervalos de confianza.

Según Garrido (2019), el R² obtenido fue de 41% con un número de observaciones de 295. En cambio, en el presente estudio el número de observaciones es de 264 y los datos explicados por la altura representan un 16%. Dicho autor realizó las mediciones en primavera verano y además de las especies utilizadas en este trabajo (av/rg y dact/tb) agregó alfalfa al experimento. La regla es un método de estimación subjetiva, porque queda a criterio del observador,

por lo tanto, puede haber diferencias de medición entre Garrido (2019) y los resultados de este trabajo.

Como se estudió en la relación altura de C-Dax y biomasa, para obtener una mejor predicción, se analizaron los kg ms/ha mayores a 5 cm. En el gráfico No. 14 se detallan los R^2 para el total de la disponibilidad de kg ms/ha y para los kg ms/ha mayores a 5 cm.

Gráfico No. 14. Comparación de los R^2 para biomasa total de regla (cm) y los R^2 para la biomasa por encima de 5 cm



Cuadro No. 10. Resultados de regresión lineal para altura de regla y kg ms/ha totales y por encima de 5 cm

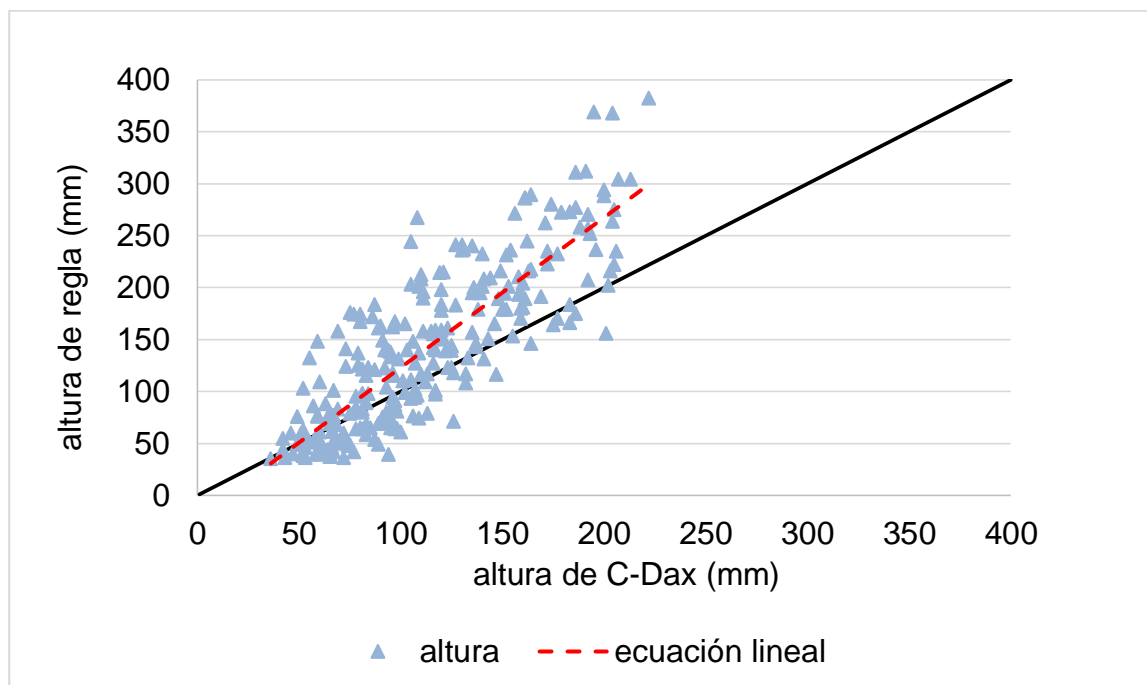
Especie	β_0	β_1	n	R^2	LI	LS	p-valor
única total	1418,4	44,6	264	0,16	32,1	57,0	<0,0001
única > 5cm	629,3	59,0	264	0,29	47,7	70,3	<0,0001
av/rg total	634,0	75,1	114	0,23	49,7	100,6	<0,0001
av/rg > 5cm	197,1	75,5	114	0,25	51,2	99,8	<0,0001
dact. total	1415,7	59,6	150	0,20	40,3	78,8	<0,0001
dact. > 5cm	609,7	69,8	150	0,30	52,5	87,0	<0,0001

En el cuadro No. 10 se detallan los resultados de la regresión lineal entre altura de regla y los kg ms/ha por encima de 5 cm y también los kg ms/ha total por recurso. Para el caso de av/rg el aumento que se observó no es de gran magnitud ($R^2 = 0,23$ para biomasa total y $R^2 = 0,25$ para biomasa mayor a 5 cm). Para dact/tb los datos se explican con un R^2 de 0,20 para el total de kg ms/ha y para los kg ms/ha mayor a 5 cm el R^2 es 0,30. Este aumento también se observa en la ecuación única que pasa de un R^2 de 0,16 a 0,29. Estas diferencias entre las especies pueden atribuirse a la estructura de cada planta, para el caso de dact/tb, la cantidad de macollos, los tallos presentes y la edad de la planta, pueden estar influenciando los resultados obtenidos.

El aumento de los coeficientes no es igual para los dos métodos, C-Dax presenta una mayor variación con respecto a regla. Esto podría sugerir que la manera de medir de cada método influencia los resultados. En el caso de la regla, fueron tomadas 10 mediciones cada 60 cm para luego realizar un promedio. En cambio C-Dax toma medidas continuamente durante el avance (200 medidas/segundo, lo cual da un total de 216 medidas en 6 m) y realiza un promedio de esos datos. Por tanto se obtiene un promedio a partir de una base de datos más amplia que lo hace más representativo. Este mejor promedio afecta positivamente la capacidad de predicción de C-Dax.

4.2.2. Comparación de C-Dax y regla

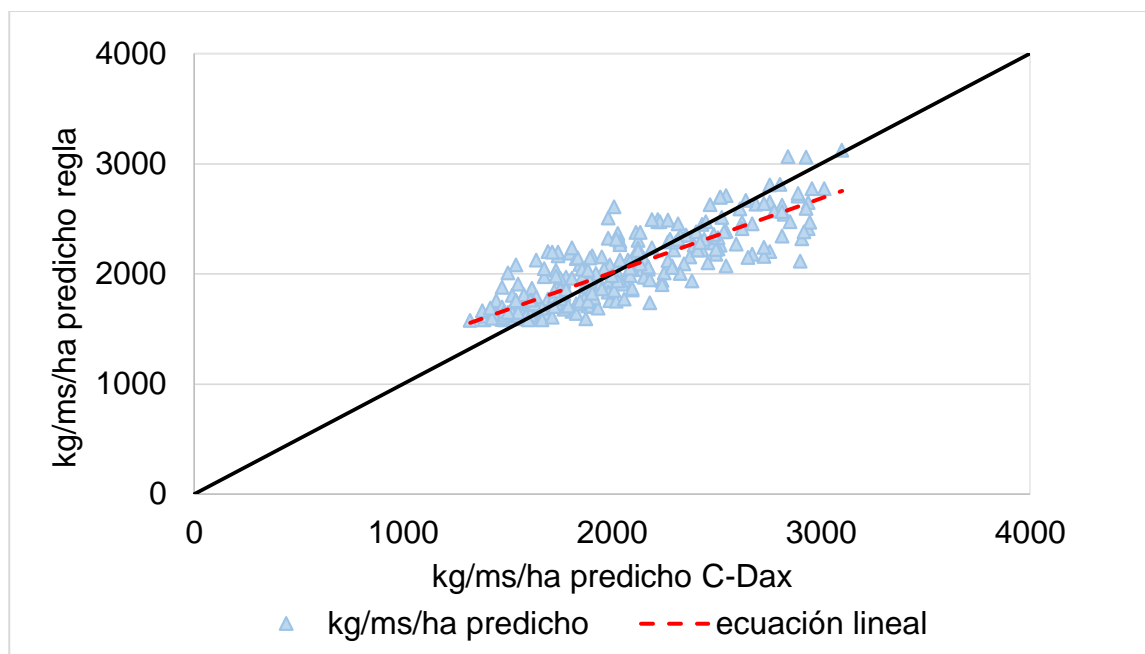
Gráfico No. 15. Comparación de altura (mm) para C-Dax y regla



En el gráfico No. 15 se observa una correlación positiva y lineal entre la altura medida de C-Dax y altura medida de regla. La ecuación resultante fue $Y = 1,44x - 21,03$ ($r^2 = 0,70$). Con respecto a la dispersión de los datos para el caso de C-Dax la mayoría de los datos se agrupan entre 50 y 160 mm de altura según la frecuencia. Para regla los datos se distribuyen en un rango mayor desde alturas de 40 hasta 210 mm.

La mayoría de los valores de altura se posicionan por encima de la línea naranja (1:1), por lo tanto la altura de regla sobrestima frente a la altura de C-Dax.

Gráfico No. 16. Comparación de valores predichos por ecuación para regla y ecuación para C-Dax



Se observa una correlación lineal entre ambos métodos. La ecuación resultante fue $Y = 0,673x + 666,13$ ($r^2 = 0,70$). Para los kg predichos de 1000 a 2000 la regla sobrestima sobre C-Dax. A partir de 2000 en adelante C-Dax sobrestima sobre los predichos de regla.

A nivel de potrero se puede concluir que C-Dax permite obtener un mayor número de muestras. Esto cobra especial importancia cuando la cobertura de la pastura es heterogénea (Hutchinson et al., 2016). Una mayor heterogeneidad implica tener un mayor número de medidas y esto hace que C-Dax logre una mejor representación de la altura promedio del potrero. Como aspecto negativo C-Dax no selecciona especies deseadas de no deseadas, por lo tanto, mide todo

lo presente en el campo como puede ser inflorescencias o malezas (King et al., 2010).

Con respecto al uso de regla para relevar grandes extensiones se puede mencionar que es un método más engorroso que C-Dax, ya que depende de otros factores para su correcta estimación, entre ellos el tamaño del potrero, ya que esto condiciona la cantidad de muestras a tomar y por ende el tiempo requerido para hacerlo. No obstante, es muy útil si se cuenta con una cobertura homogénea de la pastura.

5. CONCLUSIONES

Se logró realizar la calibración de C-Dax para las condiciones de otoño realizado en el CRS. No se encontraron diferencias entre las ecuaciones para cada recurso y la ecuación única. Por tanto, se acepta la hipótesis planteada en este trabajo. Esta ecuación es similar a los trabajos realizados en el CRS. Se comprobó que el mejor ajuste de las ecuaciones se obtuvo con estimaciones por encima de los 5 cm sobre el nivel del suelo.

Existe una correlación positiva entre C-Dax y regla. Para alturas que van desde 50 a 160 mm, ambos métodos predicen la biomasa sin diferencia significativa. A partir de 160 mm C-Dax sobreestima biomasa sobre regla. Se puede concluir que esta diferencia se da porque C-DAX toma una mayor cantidad de medidas, logrando una mejor representación de la altura, por lo tanto, una sobrestimación en la biomasa frente a regla.

No se encontraron diferencias entre la ecuación de origen y la ajustada en este trabajo hasta los 120 mm de altura (2124 kg ms/ha). A partir de esa altura la ecuación de origen sobreestima sobre la ecuación ajustada en el CRS. Por tanto la hipótesis planteada previamente.

Se concluye que C-DAX es una herramienta confiable debido a su cantidad de mediciones por segundo, además de su fácil utilización ya que no requiere capacitación del operario y es una herramienta adecuada para implementar mediciones rápidas en potreros. No obstante, los resultados obtenidos en el estudio deben ser tomados en cuenta como un complemento para futuros trabajos de investigación y estimaciones de biomasa en el país.

6. RESUMEN

La gran mayoría de la leche producida en Uruguay se exporta, lo que implica que el sector deba competir a nivel internacional. En respuesta a esta situación los productores adoptan medidas con el objetivo de hacer más rentable su negocio. La medida más extendida es satisfacer la demanda animal con forrajes de cosecha directa. Esto hace que Uruguay tenga uno de los costos de producción más bajos en comparación con otros países. Aun así, sucede que las explotaciones difícilmente alcanzan a utilizar la mitad de la biomasa que las pasturas producen anualmente. Para alcanzar esta meta existen herramientas como los métodos de estimación de forraje. El objetivo de este trabajo fue calibrar el pasturómetro C-Dax, un dispositivo electrónico que registra altura de pasturas y cuantifica su biomasa. Además fue comparado con el método de regla graduada. Los muestreos fueron realizados en el Centro Regional Sur, en pasturas mezcla de *Avena bizantina* con *Lolium multiflorum* (av/rg) y de *Dactylis glomerata* con *Trifolium repens* (dact/tb). Esos recursos eran pastoreados por vacas pertenecientes a una plataforma de pastoreo de otro ensayo de mayor magnitud. Se realizaron 264 cortes durante febrero y julio 2018 (114 de av/rg y 150 de dact/tb). Se concluye que existe una correlación moderadamente buena entre altura y biomasa tanto en C-Dax como en regla. Esta correlación mejora también para ambos métodos si se toma la biomasa presente por encima de 5 cm. Otro aspecto a destacar es que dentro de cada método no es necesario utilizar ecuaciones específicas por recurso ya que no se detectaron diferencias.

Palabras clave: C-Dax; Biomasa; Calibrar; Dispositivo; Método regla; Pasturas mezcla; Correlación; Ecuaciones.

7. SUMMARY

The most important part of milk production that is produced in Uruguay it is exported, this requires that the sector must deal with the international prices. To improve this situation, dairy farmers try to implement new solutions and tools. The most widely used measure is to feed the herd with grazing. This make that Uruguay one of the country with lower production costs. In spite of this positive point, it is hard to reach the aim of consume all of the biomass that is produced annually by the grasslands. To make easier this duty there are different tools like methods to quantify the herbage mass. The aim of this study was to calibrate the C-Dax Pasture Meter: an electronic device that it takes grass height measures and transforms it in kilograms of dry matter (DM) ha⁻¹. In addition, it was compared with the pasture ruler method. The sampling it was maked in Centro Regional Sur, using mixed pastures of *Avena byzantina* with *Lolium multiflorum* (av/rg) and *Dactylis glomerata* with *Trifolium pratense* (dact/tb). These resources it was being grazing by cows of a bigger study. It was made 264 samples during February and July 2018 (av/rg: 114; dact/tb: 150). The conclusion it was that there is a moderate correlation between pasture's height and biomass for both methods. The correlation is better when it measures only the biomass over five centimeters. Other point is that for each method is not necessary use specific equations for each pasture because there is no differences detected.

Keywords: C-Dax; Biomass; Calibrate; Device; Ruler method; Mixed pastures; Correlation; Equations.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguerre, M.; Cajarville, C.; La Manna, A.; Cavestany, D.; Mendoza, A.; Mattiauda, D.; Carriquiry, M.; Repetto, J.; Meikle, A.; Chilibroste, P. 2017. Estrategias de alimentación de vacas en pastoreo. ¿Qué hemos aprendido de los sistemas comerciales y qué hemos generado desde la investigación en Uruguay? s.n.t. 30 p.
2. _____.; Chilibroste, P. 2018. Análisis nutricional y manejo de la alimentación en predios lecheros: ¿hay oportunidades de mejoras? In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (46^{as.}, 2018, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, CMVP. v. 1, pp. 137-147.
3. Bisio, A.; Larripa, M.; Galli, J.; Cangiano, C. 2001. Comparación de metodologías para estimar fitomasa aérea en pasturas cultivadas. *Revista Argentina de Producción Animal*. 21 (1):101-103.
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. Catchpole, W. R.; Wheeler, C. J. 1992. Estimating plant biomass: a review of techniques. Canberra, Australia, University of New South Wales. 12 p.
6. C-Dax. 2016. Operation Manual. Universal Controller. C-Dax Smart Control. 2400-6657 – 4. Palmerston North, New Zealand. 46 p.
7. Chilibroste, P. 2002. Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño invernal. In: Congreso Latinoamericano de Buiatría (10°.), Jornadas Uruguayas de Buiatría (30^{as.}, 2002, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. s.p.
8. _____.; Soca, O. Bentancur, D. Mattiauda, A. 2010. Estudio de la conducta en pastoreo de vacas Holando de alta producción: síntesis de 10 años de investigación sobre la relación planta animal suplemento en la Facultad de Agronomía. EEMAC. Paysandú, Facultad de Agronomía. 6 p.
9. _____. 2015. ¿Carga o productividad individual? ¿Pasto o concentrado?: mitos y realidades en la intensificación de los

sistemas de producción de leche en Uruguay. In: Congreso Latinoamericano de Buiatría (19°), Jornadas Uruguayas de Buiatría (43^{as}., 2015, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. s.p.

10. CONAPROLE (Cooperativa Nacional de Productores de Leche, UY). 2017. El pasto en el tambo. Montevideo. 22 p. (Ficha no. 12).
11. Earle, D.; McGowan, A. 1979. Evaluation and calibration of an automated rising plate meter for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 19:337-343.
12. 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).
13. 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
14. _____. 2005. Estimación de la disponibilidad de pasto. Cuadernillo Clásico de Forrajeros. no. 98:1-4.
15. García, J. 1995. *Dactylis glomerata* L. INIA LE OBERÓN. Montevideo, INIA. 15 p. (Boletín de Divulgación no. 49)
16. Garrido, J. 2019. Calibración y comparación de diferentes métodos de estimación de forraje disponible. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 62 p.
17. 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.
18. Holmes, 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, New Zealand Society of Animal Production. pp. 221-242.

19. Hutchinson, K. J.; Scobie, D. R.; Beutrais, J.; Mackay, A. D.; Rennie, G. M.; Moss, R. A.; Dynes, R. A. 2016. A protocol for sampling pastures in Hill country. *Journal of New Zealand Grasslands*. 78:203-210.
20. IFCN (International Farm Comparison Network, DE). 2011. IFCN Dairy Report. Kiel. 208 p.
21. _____. _____. 2013. IFCN Dairy Report. Kiel. 208 p.
22. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agro-clima y Sistema de Información, UY). 2020. Banco de datos agroclimáticos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 18 jun. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>.
23. Intxusta Irisarri, J.; Brizuela, M.; Fernández, H.; Guaita, M.; Cid, M. 2007. Estimación de acumulación de forraje durante el rebrote de una pastura mediante un pasturómetro. *Revista Argentina de Producción Animal*. 27 (1):130-131.
24. King, W.; 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 (4th., 2010, Lincoln University)*. Proceedings. Christchurch, s.e. pp. 233-238.
25. 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.
26. López, J.; Sosa, O. 2019. Uso de herramientas alternativas en el monitoreo del forraje. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 60 p.
27. López-Guerrero, I.; Fontenot, J.; García-Peniche, T. 2011. Comparaciones entre cuatro métodos de estimación de biomasa en praderas de festuca alta. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2 (2):209-220.

28. 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.
29. Millapán, L. 2014. Estimación de biomasa aérea en pasturas templadas de sistemas lecheros pastoriles. Tesis Ing. Agr. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 63 p.
30. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2009. La producción lechera en el Uruguay año 2007. Montevideo. 79 p. (Serie de Encuestas no. 278).
31. _____. _____. 2017a. Anuario estadístico agropecuario 2017. Montevideo. 214 p.
32. _____. _____. 2017b. Estadísticas de la producción de leche 2016. Montevideo. 22 p. (Serie de Trabajos Especiales no. 347).
33. _____. _____. 2018. Anuario estadístico agropecuario 2018. Montevideo. 211 p.
34. _____. DGRN (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Recursos Naturales, UY). 2016. Carta de reconocimiento detallado de suelos del Uruguay. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado mar. 2019. Disponible en <http://dgrn.mgap.gub.uy/js/visores/cartasuelos/>
35. Moliterno, E. 1997. Estimación visual de la disponibilidad de forraje en pasturas. Principios y uso de un método de doble muestreo. Cangüé. no. 9:32-36
36. Montossi, F.; Berretta, E.; Pigurina, G.; Santamarina, I.; Bemhaja, M.; San Julián, R.; Risso, D.; Mieres, J. 1998. Estudios de selectividad de ovinos y vacunos en diferentes comunidades vegetales de la región de basalto. In: Seminario sobre Actualización de Tecnologías para el Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 257-285 (Serie Técnica no. 102).

37. _____; Pravia, M.; Dighiero, A.; Porcile, V.; Gutiérrez, D.; De Barbieri, I.; 2013a. Estimaciones indirectas de la cantidad de forraje para una mejor gestión de nuestras pasturas. *Revista INIA* no. 34:25-29.
38. _____. ed. 2013b. 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. 2013c. 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.; Dighiero, A. eds. *Tecnologías de engorde de corderos pesados sobre pasturas cultivadas en Uruguay*. Montevideo, INIA. pp. 159-182 (Serie Técnica no. 206).
40. Oudshoorn, F. W.; Hansson, S. L.; Hansen, H. 2011. Calibration of the C-Dax Pasture Meter in a Danish grazing system. *Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions. Grassland Science in Europe*. 16:166-168.
41. Perrachon, J. 2009. Pensemos en los verdes de invierno. *Revista del Plan Agropecuario*. no. 132:42-46.
42. Pravia, M.; 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. *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).
43. Rennie, G. M.; King, W.; Puha, M. R.; Dalley, D. E.; Dynes, R. A.; Upsdell, M. P. 2009. Calibration of the C-DAX Rapid Pasturemeter and the rising plate meter for kikuyu-based Northland dairy pastures. *Journal of New Zealand Grassland*. 71:49-55.
44. Schori, F. 2015. Sward surface height estimation with a rising plate meter and the C-Dax Pasture meter. *Grassland Science in Europe*. 20:310-312.

45. Spada, M. del C.; Cangiano, C. 1991. El uso del disco en la estimación de la fitomasa aérea: una comparación con otros métodos. *Revista Argentina de Producción Animal*. 11(1):19-27.
46. Waller, A. 2020. Análisis de metodología para el monitoreo de pasturas en predios comerciales. Tesis MSc. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 92 p.
47. Yule, I.; Lawrence, H.; Murray, R. 2011. Pasture yield measurement with the C-Dax pasturemeter. s.n.t. 15 p.

9. ANEXOS

C-Dax

El C-Dax posee la capacidad de tomar 200 medidas por segundo lo que permite un muestreo con gran nivel de detalle. Este número de mediciones es muy superior a la cantidad de muestras que se logran tomar con el método de corte y de doble muestreo (C-Dax, 2016).

El aparato posee unas dimensiones de 1,4m de largo, 1,25m de ancho, 0,75m de alto. Tiene dos ruedas a los lados que le permiten desplazarse rápidamente sobre caminos con o sin asfalto. Al momento de tomar medidas, estas ruedas se alzan otorgando estabilidad a la plataforma de medición que se desliza sobre el suelo (C-Dax, 2016).

Cuadro No. 1. Manejo de los potreros

Potrero	Fecha	Actividad	Observaciones
3B	25/02/2018	aplicación de herbicida	1.8 L/ha glifosato y 90 cc/ha picloram
	27/02/2018	siembra	80 kg/ha <i>Avena bizantina</i> 1095 + 20 kg/ha <i>Lolium multiflorum</i> 284
	06/03/2018	aplicación de herbicida	6 gr/ha metilerb
3E	08/04/2017	siembra de pradera y fertilización	70 kg 0-22/28-0
	13/04/2017	aplicación de herbicida	4.5 L/ha roundup
	18/08/2017	aplicación de herbicida	0.8 L/ha preside
	14/03/2018	aplicación de herbicida	1 L/ha vanceweed (potrero: amarillo y verde)
3FR	23/06/2017	siembra	22 kg/ha <i>Dactylis glomerata</i> + 3 kg/ha <i>Trifolium repens</i>
	01/11/2017	aplicación de herbicida	500 cc preside + 1.1 L vanceweed + ducilan
	10/04/2018	aplicación de herbicida	0.5 L preside + 0.5 L vanceweed
	18/05/2018	aplicación de herbicida	0.5 L preside + 1.1 L vanceweed + 35 cc ducilan
3FA	08/04/2017	siembra	18 kg/ha <i>Dactylis glomerata</i> y 3 kg/ha <i>Trifolium repens</i>

	14/03/2018	aplicación de herbicida	1 L vanceweed
	08/05/2018	aplicación de herbicida	1.4 L/ha vanceweed
3D1	27/02/2018	siembra	80 kg/ha <i>Avena bizantina</i> + 20 kg/ha <i>Lolium multiflorum</i>
	06/03/2018	aplicación de herbicida	6 gr/ha metilerb
	10/04/2018	intersiembra	20 kg/ha <i>Lolium multiflorum</i>
3D2	25/02/2018	aplicación de herbicida	1.8 lts/ha glifosato + 90 cc/ha picloram
	27/02/2018	siembra	80 kg/ha <i>Avena bizantina</i> + 20 kg/ha <i>Lolium multiflorum</i>
	06/03/2018	aplicación de herbicida	6 gr/ha metilerb
	10/04/2018	inter-siembra	20 kg/ha <i>Lolium multiflorum</i>
4.B1	16/05/2016	siembra	<i>Dactylis glomerata</i> (24 kg/ha) + <i>Trifolium repens</i> (4 kg/ha) fertilización: 18-46 (100 kg/ha)
	14/06/2016	MCPA	
	08/08/2016	aplicación de herbicida	preside 0.5 lt/ha
	11/11/2016	corte/silopack	sup: 2.5 ha potrero: amarillo
	17/03/2017	fertilización urea	amarillo y verde dosis: 70 kg/ha
	21/04/2017	aplicación de herbicida	verde y amarillo dosis: vanceweed 1 L/ha

	13/06/2017	fertilización urea	amarillo y verde dosis: 70 kg/ha
	10/04/2018	aplicación de herbicida	amarillo dosis: 0.5 L preside + 0.5 L vanceweed
4.B2	22/5/216	siembra	<i>Dactylis glomerata</i> (24 kg/ha) + <i>Trifolium repens</i> (4 kg/ha) Dosis: 18-46 (100 kg/ha)
	14/06/2016	MCPA	
	08/08/2016	aplicación de herbicida	preside 0.5 L/ha
	05/10/2016	pastoreo	verde
	07/11/2016	chirquera atrás del pastoreo	azul y rojo
	17/03/2017	fertilización Urea	azul y rojo dosis: 70 kg/ha
	21/04/2017	aplicación de herbicida	azul y rojo dosis: vanceweed 1 L/ha
	13/06/2017	fertilización Urea	azul y rojo dosis: 70 kg/ha
	10/04/2018	aplicación de herbicida	azul y rojo dosis: 0.5 L preside + 0.5L vanceweed