

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

COMPARACIÓN DEL USO DE TRES MÉTODOS PARA LA
ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN EL ÁREA DE PLATAFORMA DE
PASTOREO

por

Andrés Manuel ARRILLAGA LÓPEZ

Sebastián Manuel PÍRIZ HERRERA

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 Manuel Garrido

Fecha: 17 de junio de 2022

Autores:

Andrés Manuel Arrillaga López

Sebastián Manuel Píriz Herrera

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a Facultad de Agronomía por brindarnos las herramientas para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Así como también al CRS donde pudimos desarrollar la totalidad de esta tesis de grado junto a las personas que ahí trabajan.

Agradecer a nuestro tutor Gastón Ortega que fue el que nos guió y acompañó en todo momento para poder lograr este trabajo, aportando sus vivencias y conocimientos para nuestro crecimiento profesional.

A todos los amigos que nos acompañaron en esta carrera, especialmente a los de EEMAC 2019 donde crecimos como personas y como agrónomos dejando recuerdos inolvidables. Reconociendo a aquellos que nos apoyaron tanto intelectualmente como de forma práctica para la elaboración del trabajo.

Para finalizar agradecer a toda la familia por el apoyo incondicional en todo momento de la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	2
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 LECHERÍA EN EL URUGUAY.....	3
2.2 ANTECEDENTES.....	3
2.2.1 <u>Métodos indirectos en la determinación en pasturas</u>	5
2.2.1.1 Uso del plato medidor.....	5
2.2.1.2 Uso de pasturómetro C-Dax.....	7
2.2.2 <u>Manejo de stock de forraje</u>	8
2.3 HIPÓTESIS.....	9
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	10
3.1 RECURSOS NATURALES.....	10
3.1.1 <u>Suelos</u>	10
3.1.2 <u>Recursos forrajeros</u>	11
3.1.3 <u>Fertilización</u>	11
3.1.4 <u>Precipitaciones</u>	11
3.2 MANEJO DEL SISTEMA.....	12
3.3 DETERMINACIONES.....	13
3.3.1 <u>Determinaciones a nivel de potrero</u>	13
3.3.2 <u>Determinaciones a nivel de plataforma de pastoreo</u>	13
3.4 MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR BIOMASA.....	14

3.4.1 <u>Estimación visual (testigo)</u>	14
3.4.1.1 Calibración del método visual mediante doble muestreo.....	14
3.4.2 <u>RPM y C-Dax</u>	14
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LOS 3 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN ..	15
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	17
4.1 RESULTADO DE CALIBRACIÓN DEL TESTIGO POR DOBLE	17
MUESTREO	17
4.2 RESULTADO DE ESTIMACIÓN DE STOCK PROMEDIO GENERAL.....	27
4.2.1 <u>Tasa de crecimiento de la plataforma de pastoreo según métodos</u>	31
4.3 COMPARACIÓN DE MÉTODOS UNO A UNO A NIVEL DE POTRERO	18
4.3.1 <u>C-Dax vs. visual a nivel de potrero</u>	18
4.3.2 <u>C-Dax vs. RPM a nivel de potrero</u>	19
4.3.3 <u>C-Dax vs. RPM diferenciado por especies forrajeras</u>	20
4.3.4 <u>Visual vs. RPM</u>	21
4.3.5 <u>Comparación de alturas C-Dax vs. RPM</u>	23
4.4 COMPARACIÓN 1:1 DE TC A NIVEL DE POTRERO	24
4.4.1 <u>C-Dax vs. RPM</u>	24
4.4.2 <u>C-Dax vs. visual</u>	25
4.4.3 <u>RPM vs. visual</u>	26
4.5 IMPLICANCIAS PRÁCTICAS	34
5. <u>CONCLUSIONES</u>	35
6. <u>RESUMEN</u>	36
7. <u>SUMMARY</u>	37
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	38
9. <u>ANEXOS</u>	42

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Correlación C-Dax y RPM por especie forrajera	20
2. Tabla anova tipo II para disponible a nivel de potrero.....	22
3. Comparación de métodos para disponible a nivel de potrero	22
4. Tabla anova tipo II para TC a nivel de potrero	27
5. Comparación de métodos para TC a nivel de potrero	27
6. Tabla anova tipo II variable stock en SEP.....	30
7. Comparación de métodos para stock en SEP	31
8. Tabla anova tipo II para TC en SEP	32
9. Comparación de métodos para TC en SEP	32
Figura No.	
1. Comparativo de precipitaciones.....	12
2. Correlación de la etapa de entrenamiento del método visual (testigo)	17
3. Correlación entre C-Dax y visual	18
4. Correlación entre C-Dax y RPM.....	19
5. Correlación entre C-Dax y RPM diferenciado por especie forrajera	20
6. Correlación entre visual y RPM.....	21
7. Correlación de alturas (h) entre C-Dax y RPM.....	23
8. Correlación entre TC RPM y TC C-Dax	24
9. Correlación entre TC C-Dax y TC visual.....	25
10. Correlación entre TC RPM y TC visual	26
11. Stock en SEP diferenciado por los distintos métodos de estimación	28
12. Tasa de crecimiento diaria según mes.....	31
13. Tasa de crecimiento diaria según semana.....	33

1. INTRODUCCIÓN

La lechería uruguaya ha experimentado un crecimiento pronunciado y constante de alrededor del 3,2% anual desde el año 1985 (MGAP. DIEA, 2017). Este proceso de intensificación ha ido de la mano con la reducción del número de productores y del área destinada a la actividad.

En Uruguay el 70% de la leche producida se exporta, por lo que depende de los mercados internacionales para fijar los precios al productor. Razón que ha determinado el éxito en aquellos sistemas que se han desempeñado con bajos costos de producción. La alimentación en los sistemas lecheros ocupa gran parte de los costos directos y existen componentes como los concentrados que son dependientes del precio de los granos de los cereales. Por lo tanto, los sistemas productivos que basan la alimentación con pasturas mayoritariamente enfrentan de mejor manera la variación de precios logrando bajar sus riesgos en años con adversidades climáticas y de precio (Fariña et al., 2017).

Al ser la alimentación un factor muy relevante a la hora de analizar el margen que deja el negocio de las empresas lecheras, estas pueden disminuir el costo de producción por litro de leche basándose en dietas con el componente pasturas como principal alimento. Este tipo de sistema demanda una excelente gestión del pasto tanto en la producción de este como para la cosecha directa e indirecta con la realización de reservas forrajeras.

En Uruguay existen diversos sistemas pastoriles donde la pastura misma está involucrada en mayor o menor proporción. Esta se hace presente mediante praderas perennes, verdeos de invierno y verdeos de verano, donde en sistemas con rotaciones estabilizadas se pueden llegar a producir en el entorno de 10-12 toneladas de materia seca/hectárea/año.

Los sistemas pastoriles no sólo son los que tienen a la pastura como alimento principal sino también aquellos que cosechan mayores cantidades de materia seca del sistema. Para asegurar altas cosechas directas es importante mantener una carga animal ajustada donde se vuelve crucial la suplementación estratégica con reservas y concentrados tanto proteicos como energéticos dada la variabilidad estacional de las bases forrajeras predominantes.

De esta manera, contar con herramientas que faciliten la toma de decisiones y gestión del forraje son necesarias para ajustar y planificar decisiones estratégicas. Es aquí donde cobra importancia la medición y el

monitoreo sobre el crecimiento de la pastura (componente más barato en la dieta), sino que es interesante ver como estiman los diferentes métodos las variables de control de un sistema pastoril y cuál se ajusta mejor a cada sistema de producción.

El presente trabajo hace hincapié en comparar herramientas para tratar de gestionar la base forrajera, componente y recurso de menor costo y de gran impacto en la alimentación.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

El objetivo general del trabajo es estimar el stock de forraje disponible y tasa de crecimiento (TC) en un sistema intensivo de producción de leche en el área de plataforma de ordeño sobre pasturas sembradas con tres metodologías diferentes: estimación visual (testigo), pasturómetro (C-Dax) y plato medidor (RPM).

1.1.2 Objetivos específicos

Determinar si existen diferencias entre los tres métodos indirectos de estimación para tasa de crecimiento y disponibilidad a nivel de potrero como también TC y stock en plataforma de pastoreo, cómo influyen a la hora de tomar una decisión en el plan de alimentación evaluando su facilidad operativa.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 LECHERÍA EN EL URUGUAY

La lechería en Uruguay ha venido en un marcado crecimiento registrando una remisión a planta de 1109 millones de litros para el año 2002, INALE (2002) mientras que para el año 2020 se registró una remisión a planta de 2076 millones de litros (MGAP. DIEA 2002, 2014, 2017). Esto equivale a un crecimiento acumulativo anual de 4% donde, a su vez, se vio acompañado de una reducción en el área por lo tanto un crecimiento de producción por hectárea y por vaca, logrando tambos cada vez más eficientes y de mayor producción.

En base a datos provenientes de MGAP. DIEA (2019) Uruguay consta de 3423 establecimientos lecheros, donde 2532 remiten a planta. En cuanto a la superficie destinada al rubro es de 761 mil hectáreas incluyendo tenencia y arrendamiento y con un rodeo lechero de 759 mil cabezas.

Un aspecto particular de la cadena láctea es que el 70% de la producción nacional es exportada, equivalente a 629 millones de dólares para el año 2020, donde los principales compradores fueron Argelia, Brasil, China y Rusia.

2.2 ANTECEDENTES

Los sistemas pastoriles son económicamente muy interesantes, y es en el buen uso del pasto donde se ven los mayores resultados tanto en leche como en carne por hectárea (Schori, 2015).

Como se ha mencionado anteriormente las empresas lecheras para que sean sustentables han tenido que poner foco en reducir costos de producción, y esto ha llevado a que cada recurso utilizado para producir sea desempeñado lo más eficientemente posible.

Para lograr aumentar la producción y el consumo de pasto por hectárea es necesario llevar adelante un ajustado manejo del pastoreo que permita maximizar la cosecha de forraje durante todo el año (Holmes y Roche 2007, Fariña et al. 2017).

Según INALE (2014), en Uruguay el promedio anual de cosecha total de forraje fue de 4900 kg materia seca (MS) por hectárea (ha) y en ningún caso superó los 6800 kg MS/ha. El promedio de cosecha directa se ubicó en los 3400 kg MS/ha y el máximo se ubicó en los 4700 kg MS/ha.

Sistemas pastoriles evaluados por tres años bajo condiciones experimentales han logrado valores de cosecha de forraje mayores por arriba de las 10 toneladas por hectárea por año (Ortega et al. 2018, Stirling et al. 2019, Waller 2020). Proyectos a de nivel de farmlets (Ortega et al., 2018) concluyen positivamente el impacto de una mayor carga animal en el desempeño físico y económico de las empresas lecheras.

A la importancia del monitoreo del sistema, se han ido incorporando diferentes tecnologías para poder estimar el forraje con el objetivo de incrementar la producción y manejar el recurso de una manera más eficiente. Además, otro aspecto relevante de los diferentes métodos para estimar biomasa es en qué medida pueden facilitar la toma de registros y decisiones (Schori, 2015).

Existen métodos directos o destructivos, e indirectos o no destructivos que se pueden utilizar para la medición de las variables de estado en pasturas como disponibilidad y tasa de crecimiento. Según Thomson (1983) los métodos directos utilizados para la estimación de biomasa de las pasturas como el corte directo implican grandes dificultades en lo que respecta a la práctica sobre todo si se pretende incorporar esta metodología en sistemas reales de producción en donde existen grandes variaciones de escalas, ya que se deberá obtener un importante número de muestras para lograr que sea realmente representativo del potrero (Sanderson et al., 2001).

Los métodos indirectos o no destructivos fueron creados para obtener una mayor simplicidad operativa haciendo posible aumentar la frecuencia de medición. Aunque sean de menor precisión que los directos, su ejecución implica menos tiempo y trabajo. El plato medidor (RPM), el pasturómetro (C-Dax) y el método de estimación visual son ejemplos de métodos indirectos utilizados para estimar disponibilidad en sistemas pastoriles.

2.2.1 Métodos indirectos en la determinación en pasturas

2.2.1.1 Uso del plato medidor

Este consiste en usar un plato que comprime el pasto generando una estimación objetiva de la masa forrajera presente en el potrero a través del ajuste de una regresión que relaciona altura con biomasa. Mediante la caminata, el productor puede obtener información de la cantidad de biomasa que tiene un potrero puntual o en el establecimiento (Watters, 1990). *“En general, consisten en un disco rígido o placa, normalmente de 0,3 a 0,8 m de diámetro, con un orificio central que aloja una varilla marcada en incrementos a lo largo de su longitud. Un mango fijado al centro del disco, alrededor de la varilla central, permite que el disco se deslice perpendicularmente a lo largo de la varilla de acuerdo a la altura y densidad de la pastura, mientras que la varilla central queda en contacto con la tierra. La altura de la placa acumulada y el número de observaciones son manualmente o automáticamente registrados en contadores, lo que permite una captura muy rápida de datos.”* (Montossi et al., 2013).

El RPM ha tenido amplia adopción en países como Nueva Zelanda, donde se han realizado evaluaciones a nivel de 14 Farmlets y 3 años de experimento donde se pudo probar que el RPM la aplicabilidad del instrumento que proporciona un dato objetivo y sistemático para los productores con respecto al forraje disponible (Lile et al., 2001).

A su vez, en Australia Stockdale (1984) llevó a cabo un experimento en North Victoria, el cual en distintas pasturas bajo riego el RPM tuvo mayor precisión que el método visual de estimación de forraje.

En Irlanda algunos autores señalan al RPM como una herramienta muy exitosa pero que se debe hacer un buen trabajo en cuanto a la calibración de la ecuación y siempre teniendo en cuenta la estación del año y la pastura a estimar (Horan et al., 2018).

A nivel de la región, la búsqueda por obtener métodos sencillos y de fácil aplicabilidad también ha sido motivo de desarrollo. Existen diversos artículos argentinos que hicieron uso de RPM y mostraron que es una muy buena herramienta a la hora de estimar forraje (Fernández et al., 2002). En INTA Balcarce incluso se creó un pasturómetro similar al RPM para evaluar el funcionamiento del mismo.

Esta técnica tiene muchas ventajas ya que no solo facilita el trabajo semanal frente a los métodos directos, sino que también es una herramienta

sencilla, económica y que requiere de poco entrenamiento para su uso. Además, este método disminuye el error humano entre operarios, pudiendo variar al operador sin cambios en los datos.

Si bien, el obtener un método para estimar biomasa proporciona ventajas al sistema, algunas desventajas han sido reveladas por algunos investigadores. Tal es el caso de King et al. (2010) que afirman que existen diferencias en disponibilidad entre las distintas épocas muestreadas como también se recomienda una calibración para cada región o localidad en Nueva Zelanda. Según Lile et al. (2001) otra desventaja del plato es la limitante que presenta cuando se enfrenta a grandes cantidades de pasto, por encima de los 4000 kg de MS, donde empieza a haber errores de subestimación y a su vez afirma que el RPM tiende a estar por debajo de las estimaciones visuales.

En Uruguay uno de los trabajos que ha profundizado la temática del uso del RPM es el presentado por Montossi et al. (2013) quienes realizaron un estudio para varios recursos forrajeros en campo natural, praderas perennes y verdeos. Los resultados de dos años de trabajo dieron tres modelos adaptados a cada pastura, praderas perennes, verdeos de invierno y verdeos de verano. Para praderas perennes el modelo ajustó con un $R^2 = 0.614$ y la ecuación lograda fue la siguiente $149.89 + 113.90x$. En cuanto a los verdeos de invierno se obtuvo un $R^2 = 0.638$ y el modelo fue el siguiente $132.00 + 100.35x$. Por último, los verdeos de verano ajustaron con un $R^2 = 0.812$ y la ecuación lograda fue $-670.73 + 99.98x$.

Existen distintos tipos de RPM los cuales pueden variar en diámetro del plato, altura del bastón y la escala medidora del bastón. Es fundamental calibrar la ecuación a utilizar para cada RPM según las características del mismo, ya que utilizar una ecuación para un RPM de distintos fabricantes puede llevar a errores.

Montossi et al. (2013) señalan que: *“a nivel más específico, el ideal sería disponer de una ecuación universal de predicción de estimación de la disponibilidad de materia seca que contemple todas las situaciones de pasturas, estaciones, (...) es lógico que ello no ocurra en los sistemas pastoriles del mundo por la importante cantidad de factores que están afectando estas asociaciones, y particularmente en el Uruguay, donde las opciones forrajeras son muy variadas así como lo son las condiciones de crecimiento estacional o la ocurrencia de eventos climáticos extremos (ej. Sequías).”*

2.2.1.2 Uso de pasturómetro C-Dax

El C-Dax es de origen neozelandés y consta de un arco en forma de “U” invertida, montado sobre una estructura especial remolcada por un vehículo de fuerza (cuatriciclo, tractor, etc.). Esta herramienta contiene una serie de rayos infrarrojos que estiman la altura (mm) a medida que se recorre la parcela y mediante una ecuación se traduce a un valor de biomasa en kg MS/ha. Esta herramienta se encuentra programada para tomar hasta unas 200 medidas de forraje por segundo, con una velocidad de hasta 20 km/h, representando una medida cada 27 mm (C-Dax, 2016).

La información es procesada en una computadora mediante una ecuación que calcula los kilogramos de materia seca por hectárea. La misma ya viene calibrada por el fabricante, pero lo más recomendable es utilizar una ecuación calibrada para el predio o región, ya que utilizando la ecuación predeterminada aumentaban los errores en la estimación y sugirieron también que en lo posible se pueda calibrar una ecuación para cada estación del año para aumentar la precisión, desventaja que señalan King et al. (2010). Esto fue constatado a nivel nacional donde para biomásas mayores, la sobreestimación era alta en comparación con la ecuación local calibrada por Garrido (2019).

Si bien sus mayores ventajas son la rapidez, el poco esfuerzo físico necesario y la eliminación de la diferencia entre los operarios, son características que toman importancia en sistemas intensivos y complejos a la hora de gestionar y medir el pasto. Su mayor desventaja radica en costo e inversión, ya que es importante considerar que no solo existe el gasto del C-Dax, sino que también se necesita de un vehículo para traccionarlo. Sin embargo, al compararlo con el uso del doble muestro C-Dax demostró ser más económico para monitorear un sistema pastoril (Ortega et al., 2021).

Si bien el C-Dax presenta ventajas frente a los demás métodos, algunas desventajas han sido mencionadas por diferentes autores a nivel internacional. Tal es el caso de Hutchinson et al. (2016) quienes mostraron dificultad para trabajar con el instrumento en terrenos con mucha pendiente, y más aún con días lluviosos. También se vio en el mismo experimento que existen campos en los cuales no es posible acceder a todos los potreros con el cuatriciclo por temas topográficos, teniendo que recurrir a otros métodos de estimación. Para las condiciones de Uruguay, el C-Dax en una evaluación de un 18 meses, resultó estar fuera de servicio un 17% del tiempo, por problemas mecánico, o dificultad de acceso a los potreros (Ortega et al., 2021).

En la misma región de Nueva Zelanda, Rennie et al. (2009) sobre pasturas de *Lolium perenne* encontraron que existe diferencias de disponibilidad en estaciones y localidades diferentes llegando a diferenciales de 1000 kg MS/ha en verano y 500 kg MS/ha en primavera cuando compararon la ecuación predeterminada por el fabricante con la calibrada para esa zona. Dichos autores también recomendaron calibrar en el C-Dax ecuaciones diferentes para cada estación.

Si bien el C-Dax es un instrumento desarrollado en Nueva Zelanda, ha tenido interés en su adopción en países de la región como lo es Chile. Loaiza et al. (2012) lo utilizaron para estimar biomasa en praderas de *Lolium perenne* en cuatro establecimientos comerciales de Chile en donde llegaron a una relación positiva, lineal y significativa entre la altura medida con el C-Dax y la biomasa disponible.

En Uruguay el C-Dax fue evaluado y calibrado por parte del INIA (La Estanzuela) y Facultad de Agronomía (Centro Regional Sur, CRS). Trabajos recientes de Waller (2020) han obtenido la calibración para poder trabajar en predios comerciales. En el mismo trabajo de investigación se logró en promedio muestrear unas 50 hectáreas por hora, dato relevante a la hora de visualizar ventajas comparativas entre métodos de estimación. Asimismo, indica que para la especie *Festuca arundinacea* la ecuación calibrada logra un ajuste menor cuando se contempla esta especie forrajera que si se excluye de la ecuación. Para el año de implantación de las praderas sugiere también que se debe calibrar con una ecuación específica.

Reportes de López y Sosa (2019) que utilizaron distintas herramientas para medir forraje en el CRS indican que la ecuación proveniente del país de origen del C-Dax y la calibrada en el predio, para alturas mayores de 157 (mm) la calibrada tiende a subestimar valores en comparación con la de origen, con un promedio de variación de 363 kg MS/ha, con un desvío promedio de 264,31 kg MS/ha la ecuación calibrada y 498,36 kg MS/ha en la de origen.

2.2.2 Manejo de stock de forraje ¿Qué variables de estado ayudan a monitorear un sistema pastoril? ¿Por qué medirlas?

El manejo de forraje por stock es una metodología que se origina mediante las mediciones o estimaciones de forraje de un sistema para ayudar a la gestión del recurso forrajero. El objetivo es cuantificar cuanto forraje hay en mi área de pastoreo. Dicha variable es posible realizarla con diferentes métodos, sin embargo, la rapidez y sencillez para tener la información dependerá del método. Uno corresponde a la cantidad de biomasa total cortada al ras del piso y el restante mide el forraje por encima de los 5 cm de altura.

Ordenando la información de mayor a menor disponibilidad (ver anexo No. 1) se facilita la visualización de la disponibilidad que existe en cada uno ayudando a tomar la decisión de cual pastorear y cuánto les falta a los demás para poder ser cosechados. Al generarse en el gráfico una escalera descendente de disponibilidad, situación deseada en la práctica, indicaría cómo seguirá el manejo del pastoreo para los siguientes días. A través de la totalidad de los datos con máximos y mínimos se genera un stock promedio de disponibilidad total con todos los potreros, el cual el objetivo es tratar de respetar y mantener un valor de referencia, que traducirá la cantidad de forraje total del sistema. Existen ocasiones no deseadas (ver anexos No. 2 y No. 3) que pueden ocurrir en diferentes épocas del año, estaciones o por malas decisiones en que se verá afectado el valor promedio de referencia del sistema el cual se deberá corregir mediante manejo del plan de alimentación del rodeo (Fariña et al., 2017).

2.3 HIPÓTESIS

-Existen diferencias en los tres métodos de estimación de biomasa a nivel de potrero y plataforma de pastoreo.

-Las decisiones de manejo no van a variar en relación con el método utilizado en el monitoreo de la plataforma de pastoreo.

-Es posible tomar decisiones la misma decisión de manejo basándose en la tasa de crecimiento de las pasturas independientemente del método utilizado.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se desarrolló en el área de producción lechera de la Estación Experimental Centro Regional Sur (CRS) ubicado en Juanicó, Canelones, Uruguay. La fecha de inicio fue el mes de mayo de 2020 finalizando en diciembre del mismo año.

Las estimaciones de biomasa se realizaron semanalmente sobre la plataforma de pastoreo (PP) del tambo instalado en el CRS en una superficie de 135 hectáreas, sobre praderas perennes, praderas de ciclo corto y verdeos de invierno.

3.1 RECURSOS NATURALES

3.1.1 Suelos

El índice CONEAT promedio que presenta la plataforma es de 130, con grupos de suelos CONEAT correspondiente al 10.8a, 03.51 y 03.52.

Los 10.8a son suelos de material geológico correspondientes a sedimentos limo arcillosos de color pardo y con concreciones de carbonato de calcio. La pendiente es suavemente ondulada de 1 a 4%. Los suelos corresponden a Vertisoles Rúpticos Típicos y Lúvicos (Grumosoles) y Brunosoles Éútricos y Subéútricos Típicos (Praderas Negras y Pardas medias), de color negro o pardo muy oscuro, textura franco arcillo limosa, fertilidad alta y moderadamente bien drenados. Su índice de productividad es de 105 (MGAP. DIRENARE, s.f.).

En cuanto a los grupos 03.51, predominan las planicies altas con pendientes menores a 1%. El material geológico corresponde a sedimentos limo arcilloso de color pardo. Los dominantes son Brunosoles Éútricos Lúvicos (Praderas Pardas máximas y planosólicas), de color pardo a oscuro, textura franco-limosa, fertilidad alta y drenaje imperfecto. Tiene un índice de productividad 175 (MGAP. DIRENARE, s.f.).

Por último, los suelos 03.52 tienen relieve plano. Corresponden a planicies inundables de ríos y arroyos de Canelones. Los suelos dominantes son Brunosoles Éútricos Lúvicos (Praderas Pardas máximas), de color pardo oscuro, textura franco-limosa, fertilidad alta y drenaje imperfecto y Solonetz

Ócricos, de color pardo grisáceo claro, textura franco limosa, fertilidad muy baja y drenaje imperfecto. El índice de productividad según la descripción de grupos de suelos CONEAT, es de 53 (MGAP. DIRENARE, s.f.).

3.1.2 Recursos forrajeros

Los recursos forrajeros presentes en el predio para el corriente año son principalmente praderas perennes de *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens* de segundo al cuarto año. Seguido de praderas de primer año puras de *Medicago sativa*, también mezcla de *Festuca arundinacea* y *Trifolium repens*, y praderas menos definidas con *Medicago sativa*, *Dactylis glomerata*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*. En cuanto a los verdeos de invierno, se trabajó con *Avena bizantina*, y con *Lolium multiflorum* tanto italianos como westerwoldicum.

3.1.3 Fertilización

El plan de fertilización anual que se utiliza en el sistema tiene como objetivo ajustar dosis de fósforo según Bray 1 en suelo y las necesidades de las especies de forrajeras utilizadas. La fertilización nitrogenada se lleva a cabo desde los meses de mayo a octubre ya que es en ese periodo donde el suelo por bajas temperaturas disminuye su capacidad de aportar N.

Las praderas de *Festuca arundinacea* y *Trifolium repens* como también los verdeos de invierno se fertilizaron con 110 kg/ha de fosfato diamónico a la siembra.

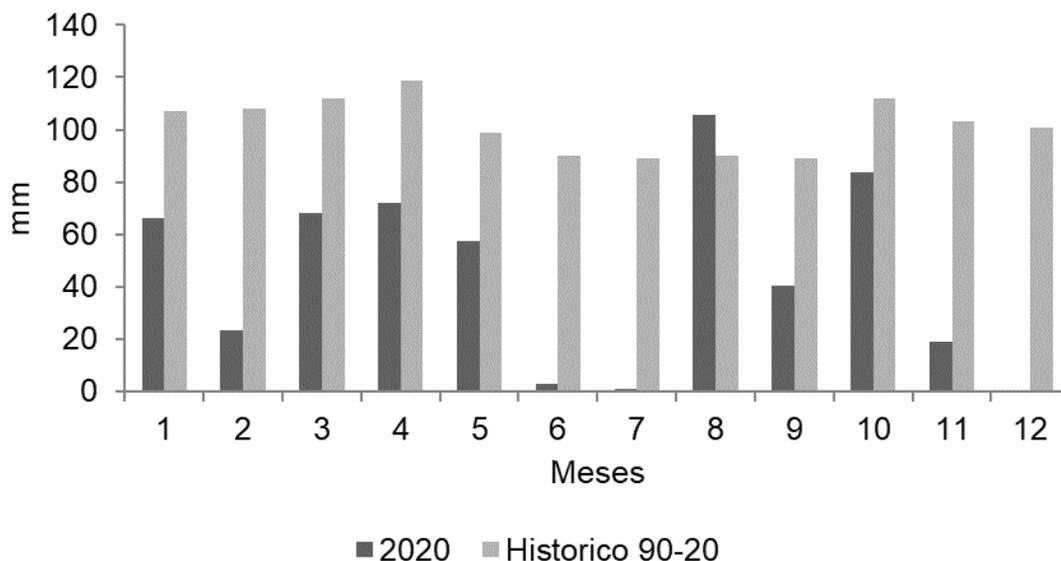
Para el caso de *Medicago sativa* la fertilización fue de 200 kg/ha de fosfato diamónico a la siembra.

Luego de cada pastoreo se re-fertilizó con 70 kg de urea por hectárea tanto para verdeos como praderas mezclas. Como resultado se incorporan anualmente 150 kg de N por hectárea.

3.1.4 Precipitaciones

Para el periodo experimental, en la figura No. 1 se muestran las precipitaciones acumuladas mensuales para el año 2020, agregando el registro histórico de INIA La Estanzuela de 1990-2020.

Figura No. 1. Comparativo de precipitaciones



Fuente: CRS¹, INIA (2020).

En la figura No. 1 se observa una clara diferencia entre los registros pluviométricos donde el año 2020 se caracterizó como año deficitario ya que está marcadamente por debajo de la media histórica de INIA para 11 meses, solamente en el mes de agosto los registros superan la media del registro histórico de 30 años.

3.2 MANEJO DEL SISTEMA

El sistema lechero del CRS, presenta un manejo donde trata de mantener un stock promedio de 1800 kg MS/ha mediante estimación visual. De esta manera, si la disponibilidad promedio está por debajo del valor de referencia, se toma la decisión de disminuir la cosecha de forraje, debiendo aumentar el nivel de suplementación para mantener las cantidades ofrecidas a cada animal. Pero si dicho valor se encuentra por arriba del de referencia, se trata de bajar el nivel de suplementación con el fin de cosechar más forraje. De esta manera se busca un consumo de forraje óptimo, ya que se trata de que se coseche tanto de forma directa como mecánica la misma cantidad de MS que se estima de crecimiento promedio por día. De esta manera, se logra mantener

¹ CRS (Centro Regional Sur, UY). 2020. Registro pluviométrico 2020. (sin publicar).

el stock objetivo. Por otro lado, también se toma en cuenta la fenología de las especies que componen la plataforma de pastoreo donde se registra el número de hojas y nudos, evaluando cuando está apto para el pastoreo y cuando no, entendiendo la fisiología de cada especie utilizada.

3.3 DETERMINACIONES

El trabajo se basó en recorridas semanales a día fijo en el cual se respetó un patrón de transectas en donde se utilizaron los 3 métodos, visual calibrado, C-Dax y RPM. Con los métodos indirectos, C-Dax y RPM, se relevó la altura promedio del forraje en milímetros y centímetros respectivamente para convertirla a biomasa mediante las calibraciones para cada método. Para la estimación visual, se realizó una etapa de entrenamiento para cada especie forrajera involucrada. Los potreros a relevar la información son los pertenecientes a la PP del rodeo lechero. El valor de stock y TC estimada era la correspondiente a en la cual se comenzaba a llevar a cabo las determinaciones cuando ingresaban a la superficie efectiva de pastoreo (SEP).

3.3.1 Determinaciones a nivel de potrero

Con los diferentes métodos, se relevó cada potrero que estaba activo en la SEP, esta refiere al área de la plataforma que está en pastoreo activo en un momento dado. A su vez, se relevó la altura del forraje y también el estado fenológico de las pasturas (número de hojas y nudos). El criterio de ingreso a los potreros a pastorear fue al momento que las plantas tenían 3 hojas expandidas como mínimo en las gramíneas y de 8-9 nudos o más para la alfalfa. El procedimiento semanal consistió en medir la disponibilidad de biomasa para cada potrero dando como resultado de sucesivos muestreos semanales la TC diaria (kg MS/ha/día).

3.3.2 Determinaciones a nivel de plataforma de pastoreo

Las determinaciones enmarcadas en la PP, la cual consiste en cada potrero o área que pueda ser cosechado directamente por el rodeo lechero, está representada por las pasturas perennes sumadas a las pasturas y verdeos del presente año que hayan superado la fase de implantación. El resultado de estimar la disponibilidad de biomasa de todos los potreros permite obtener semanalmente como dato el stock de biomasa promedio de la PP.

3.4 MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR BIOMASA

3.4.1 Estimación visual (testigo)

Se realizó desde el principio de la investigación el método de estimación visual calibrada por parte de los operarios como testigo para las mediciones con los diferentes métodos. Dicha estimación consistió en reconocer que especies existían en cada potrero, la altura del forraje, densidad de plantas, estado de desarrollo, grado de enmalezamiento, cobertura, entre otras para luego por parte de cada operario tomar una disponibilidad del forraje en MS por hectárea. Para tener una visión representativa se recorría cada potrero en transecta.

3.4.1.1 Calibración del método visual mediante doble muestreo

El método de doble muestreo desarrollado por Haydock y Shaw (1975) sirve para afianzar una relación predictiva con un método indirecto como, por ejemplo, la observación y estimación visual. Se tomaron en el potrero estratos de distintas alturas las que generaron 5 escalas de disponibilidad en la cual se ve reflejado la heterogeneidad de la pastura. En cada escala se realizaron tres cortes de masa de forraje de 50x20 cm limpio a ras del suelo, donde en el laboratorio se pesó la materia fresca para luego llevar a estufa por 24 a 48 horas a 60°C así obtener el peso en MS de cada corte. Se construyó una regresión asociando las diferentes escalas con la masa correspondiente a los cortes con la estimación visual de los operarios. Esta etapa de entrenamiento de los operarios se realizó quincenalmente en la primera fase de investigación con un total de 7 cortes, donde se involucraron la totalidad de los recursos forrajeros existentes en diferentes situaciones estacionales, fenológicas y de pastoreo, para así contemplar características de las diferentes especies y obtener una correlación mayor entre los operarios y el método de calibración.

3.4.2 RPM y C-Dax

En cada medición semanal se hizo uso de los métodos indirectos C-Dax y el plato medidor RPM. Las mismas se realizaron respetando un mapa de transectas diagonales por todos los potreros con el fin de que las mediciones se hagan repitiendo el lugar de recorrida. Particularmente para el caso del RPM se trató de alcanzar al menos 50 medidas por potrero en cada recorrida con el objetivo de asegurar una información concisa (Lile et al., 2001). De esta manera todas las semanas se obtuvo una estimación de biomasa y stock de la plataforma, con ambos métodos. Dadas las diferencias que pueden existir en

las pasturas locales en los distintos ambientes con las presentes en los países donde los métodos de estimación fueron desarrollados, se utilizaron ecuaciones calibradas específicamente en el lugar de trabajo para no introducir otra fuente de variabilidad a la aplicación de estos.

En cuanto al RPM se utilizó una ecuación que engloba la totalidad de los recursos que utiliza la altura de forraje comprimido que marca en la pantalla del plato al momento de hacer las determinaciones. Esta ecuación es $Y=114,18x + 376,32$ y tiene un $R^2 = 0,6815$. La misma se realizó en el CRS en el año 2019 por medio de estudiantes en el cual tuvieron la capacidad de hacer más de 700 cortes asociando la información que daba el plato con lo cortado manualmente.

Con respecto al C-Dax también se calibró en el CRS en un periodo entre 2017-2018 que se realizó conjuntamente con el equipo de INIA “La Estanzuela”. La calibración del instrumento consistió en muestreos de seis metros de largo por 0,3 de ancho (ancho operativo del C-Dax), con el instrumento en movimiento, donde luego se procedió a cortar con una máquina de pasto para pesar el forraje y secarlo en la estufa. En base a esto se construyó una ecuación de regresión lineal ($Y= 13.469x + 826$) donde x es la altura registrada por el instrumento e Y es la disponibilidad de forraje expresada en MS por hectárea.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LOS 3 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN

Las diferencias en la estimación entre los métodos fueron analizadas mediante el análisis de regresión lineal simple para las variables biomasa por potrero, altura y TC de crecimiento por potrero. Análogamente para comparar las diferencias en estimación entre los tres métodos se hizo un análisis con la incorporación de un modelo lineal mixto representado de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \text{mes}_{i..p} * \text{método}_{ijk} + \text{potrero}_{i..t}$$

Y_{ijk} : variable de respuesta estimada por los métodos C-Dax, RPM y visual, stock, tasa de crecimiento por potrero.

Mes $i..p$: desde el mes de abril a diciembre

Potrero $i..t$: desde potrero 1 al 16

Para las variables que involucran el área de SEP (stock y tasa de crecimiento) se realizó un modelo lineal con la interacción del mes y del método que se representaba de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \text{mes } i..p + \text{método } ijk + \text{mes} * \text{método}$$

Y_{ijk} : variable de respuesta estimada por los métodos C-Dax, RPM y visual, stock, Tasa de crecimiento en plataforma de pastoreo.

Mes $i..p$: desde abril a diciembre

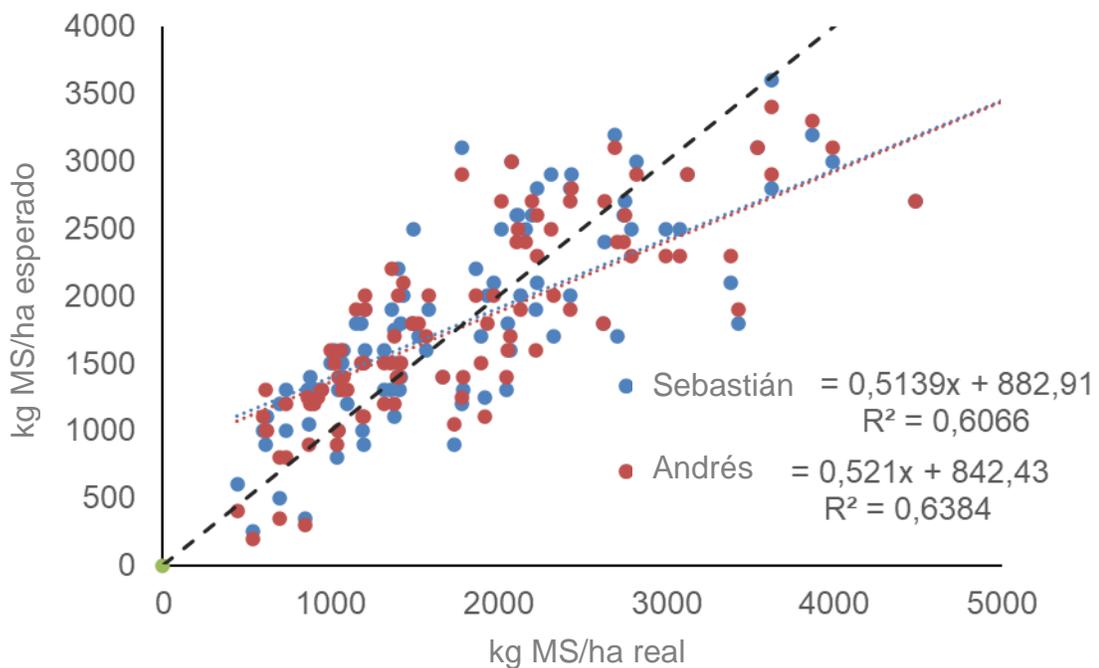
Todos los análisis fueron realizados en el programa Rstudio y se utilizaron los paquetes lm y lme para el análisis las estimaciones de TC y biomasa agrupadas por mes.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADO DE CALIBRACIÓN DEL TESTIGO POR DOBLE MUESTREO

Se presenta a continuación en la figura No. 2 la correlación que se obtuvo por parte de los operarios en la etapa de entrenamiento del método visual por medio del doble muestreo. Este ejercicio se realizó con el fin de poder obtener un dato certero del muestreo visual para cada recurso forrajero del sistema y poder utilizarlo como testigo.

Figura No. 2. Correlación de la etapa de entrenamiento del método visual (testigo)



En el eje de las abscisas de la figura No. 2, se puede ver la disponibilidad real según corte y peso seco y en el eje de las ordenadas la estimación visual. Se obtuvieron resultados para todas las especies del sistema con R^2 que ajustaron en el entorno de 0,60, observándose que en situaciones donde la disponibilidad real está por encima de los 2000 kg MS/ha la dispersión de los puntos se hace mayor adjudicando un aumento en el error a la estimación visual. En situaciones por debajo de los 2000 kg MS/ha reales se

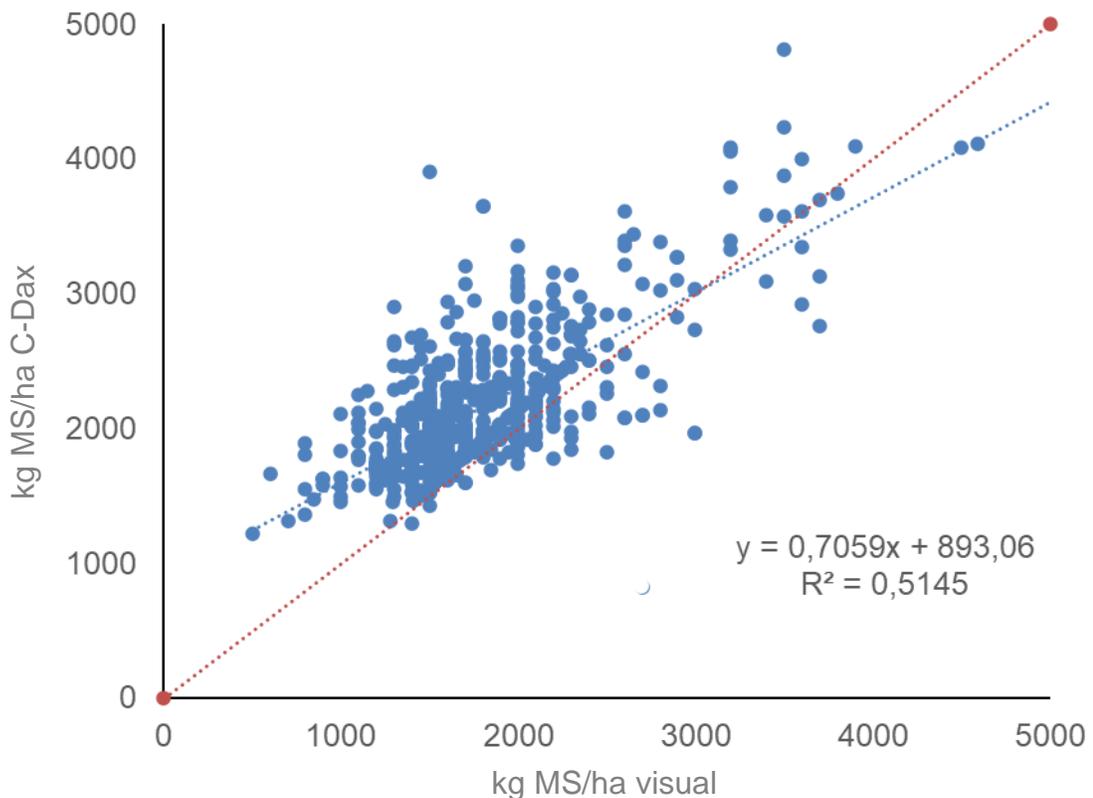
observa que hay un mayor ajuste para la estimación visual aumentando la precisión.

4.2 COMPARACIÓN DE MÉTODOS UNO A UNO A NIVEL DE POTRERO

Se compara a continuación cómo se correlacionan los métodos a nivel de potrero para de esta manera tener en cuenta mediciones de especies por separado.

4.2.1 C-Dax vs. visual a nivel de potrero

Figura No. 3. Correlación entre C-Dax y visual

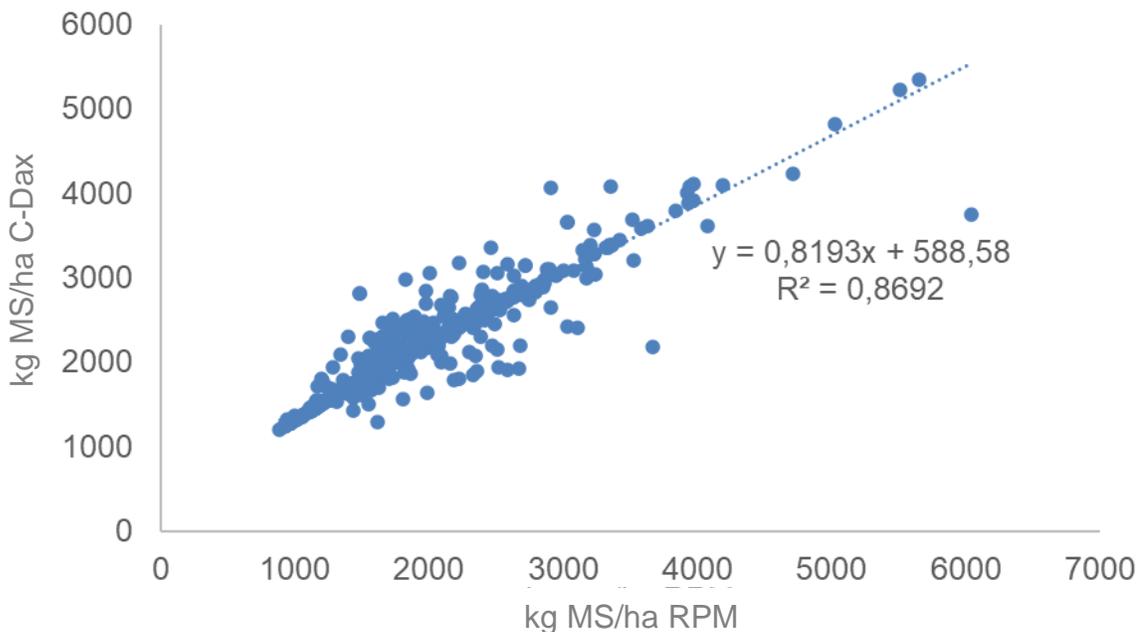


En la figura No. 3 se presenta la correlación entre el C-Dax y el método visual. Se representa en la línea roja punteada un $R^2 = 1$ lo que traduciría que los métodos estarían estimando los mismos valores al tener el máximo grado de asociación. Ambos métodos se ajustan con un $R^2=0,51$ indicando una alta correlación. Analizando la serie de puntos donde gran parte ajusta por arriba de

la línea de regresión se traduce que las estimaciones con C-Dax incrementan en 0,7059 por cada kg estimado visualmente. Esta diferencia en estimaciones también se visualiza entre estos dos métodos en la figura No. 12 donde refleja a lo largo del periodo una tendencia de sobrestimación de stock en la SEP. Este dato toma importancia a la hora de definir entre estos dos métodos de estimación ya que aporta cuanto se sub o sobrestima los valores de disponibilidad.

4.2.2 C-Dax vs. RPM a nivel de potrero

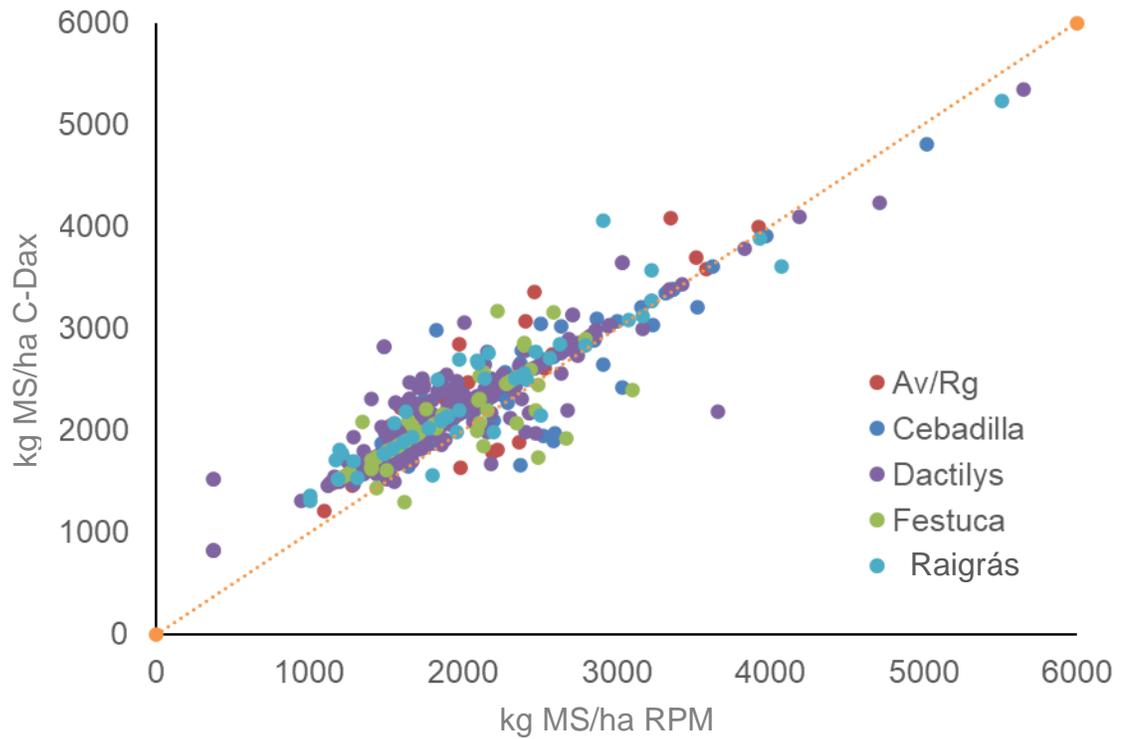
Figura No. 4. Correlación entre C-Dax y RPM



En la figura No. 4 se observa la relación 1 a 1 entre estimar biomasa mediante RPM y C-Dax a nivel de potrero. El resultado muestra un alto grado de asociación con un $R^2=0,84$. A su vez, la pendiente del modelo establece que para cada kg estimado con RPM, el C-Dax tiene un incremento de 0,7731 en la disponibilidad estimada. Esto es algo muy interesante dado que ambos métodos hacen uso de la altura del forraje para estimar, teniendo en cuenta una distinta escala espacial y como resultado logran resultados similares. Ambos métodos no están influenciados por el usuario con lo cual se traduce en una menor dispersión de los valores representados gráficamente que los que se observan en la figura No. 3 por ejemplo donde se analiza el visual.

4.2.3 C-Dax vs. RPM diferenciado por especies forrajeras

Figura No. 5. Correlación entre C-Dax y RPM diferenciado por especie forrajera



Cuadro No. 1. Correlación C-Dax y RPM por especie forrajera

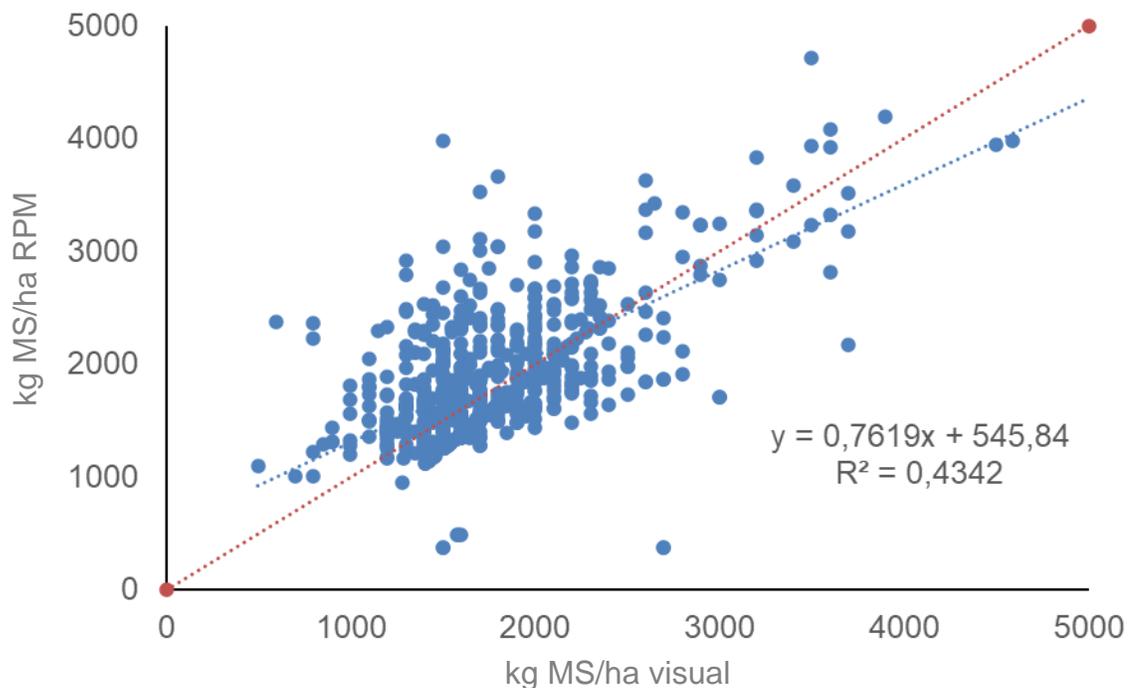
avena/raigrás	$y = 0,9263x + 403,49$ $R^2 = 0,8491$
cebadilla	$y = 0,7846x + 634,37$ $R^2 = 0,8296$
dactylis	$y = 0,7263x + 760,11$ $R^2 = 0,7991$
festuca	$y = 0,6927x + 770,2$ $R^2 = 0,5597$
raigrás y trébol rojo	$y = 0,8316x + 618$ $R^2 = 0,8852$

En la figura No. 5 se presenta la correlación de la figura anterior del C-Dax con el RPM diferenciado por especie forrajera que fue medido dentro del sistema. Se puede observar cómo a menores disponibles existe una tendencia a que el C-Dax sobrestima los valores para casi todos los recursos forrajeros vistos y a medida que se va aumentando valores de disponibilidad la relación tiende a emparejarse al 1:1.

En cuanto a la diferencia de los recursos se puede observar que se obtienen mayores R^2 en donde existen especies como los verdes de invierno de avena y raigrás. Los datos con mayor dispersión en el gráfico son los correspondientes a festuca donde se ve en el cuadro No. 1 que ajustó con un $R^2 = 0,5597$ siendo las correlaciones más bajas de las especies seguido por otra especie perenne como dactylis.

4.2.4 Visual vs. RPM

Figura No. 6. Correlación entre visual y RPM



Se observa en este caso (figura No. 6) que la pendiente indica que por cada kg que se estime visualmente existe un incremento de 0,7619 para la estimación de RPM.

Se realizó comparación con modelo lineal simple, obteniendo para las variables analizadas con el modelo seleccionado un $R^2 = 0,45$. Se observa en las figuras anteriores que existe en todos los métodos una mayor dispersión entre los puntos cuando los valores rondan entre los 3000 y 4000 kg MS/ha de disponible. Se utilizó el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \text{mes } i..p * \text{método } ijk + \text{potrero } i..t$$

Para la variable disponibilidad por potrero existió un efecto del mes, del método y del potrero (cuadro No. 2). En el cuadro No. 3, muestra como las diferencias en valor medio en C-Dax es mayor que en RPM y visual, donde los límites inferiores y superiores de estos dos últimos no llegan a cruzarse con los del C-Dax.

Cuadro No. 2. Tabla anova tipo II para disponible a nivel de potrero

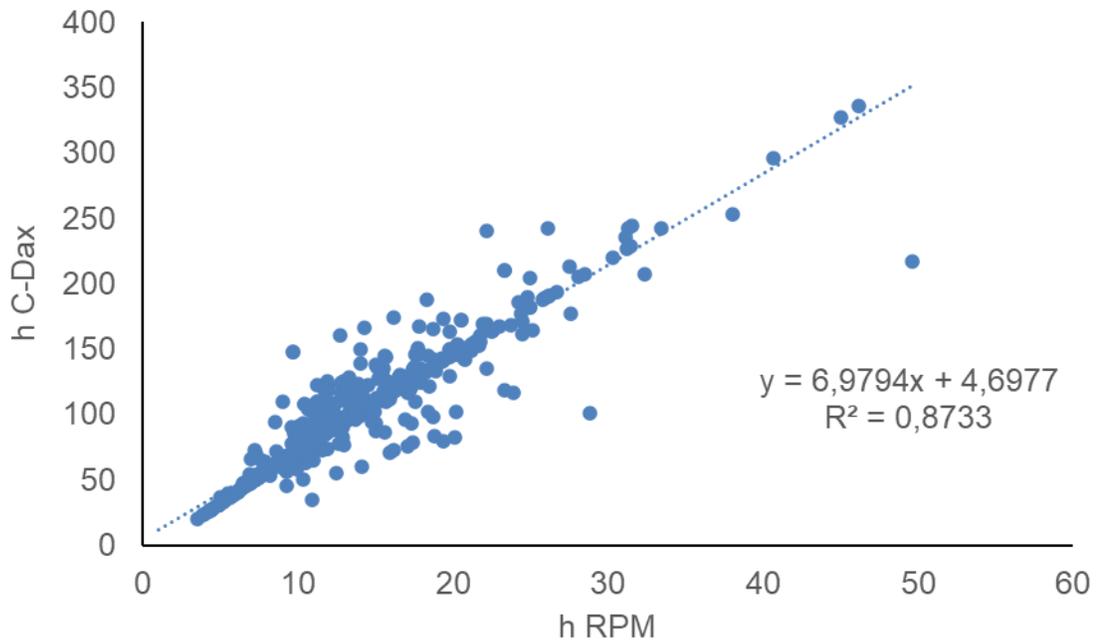
	Sum Sq	Df	Pr (>F)
Mes	263341022	11	< 2.2e-16 ***
Método	48253310	2	< 2.2e-16 ***
Potrero	51592263	23	< 2.2e-16 ***
Mes:método	32373177	22	< 2.2e-16 ***

Cuadro No. 3. Comparación de métodos para disponible a nivel de potrero

Método	emmean	SE	df	lower. CL	upper. CL
C-Dax	1943	27.8	2419	1888	1997
RPM	1675	27.5	2419	1621	1729
Visual	1625	27.9	2419	1571	1680

4.2.5 Comparación de alturas C-Dax vs. RPM

Figura No. 7. Correlación de alturas (h) entre C-Dax y RPM



Así como los métodos indirectos habían dos que registraban altura, y la altura es una variable que está relacionada con el consumo de la vaca en pastoreo, conocer las diferencia en la estimación de dicha variable aproxima a conocer características de la pastura. La figura No. 7 muestra la correlación que existe en altura entre C-Dax y RPM. Esta resulta muy interesante dado que siendo métodos totalmente diferentes en su forma de estimar forraje arrojan resultados muy parecidos en términos de altura de la pastura. En comparación con la regla (C-Dax y RPM) toman más determinaciones por potrero lo que daría indicios de aproximarse a un valor más certero, mientras que cuando se mide con la regla no se hacen muchas repeticiones por temas prácticos.

Comparado con la figura No. 4 que correlaciona disponibilidad con un $R^2 = 0,8408$, en la figura No. 7 se observa que la correlación de los mismos métodos para la variable altura es más fuerte con un $R^2 = 0,8733$. Esto puede estar explicado porque ambos son métodos que miden altura y en base a la misma traducen mediante ecuaciones a un valor de disponibilidad.

4.3 COMPARACIÓN 1:1 DE TC A NIVEL DE POTRERO

A continuación, se presentan las figuras que muestran la relación de regresión entre cada método para la TC a nivel de potrero.

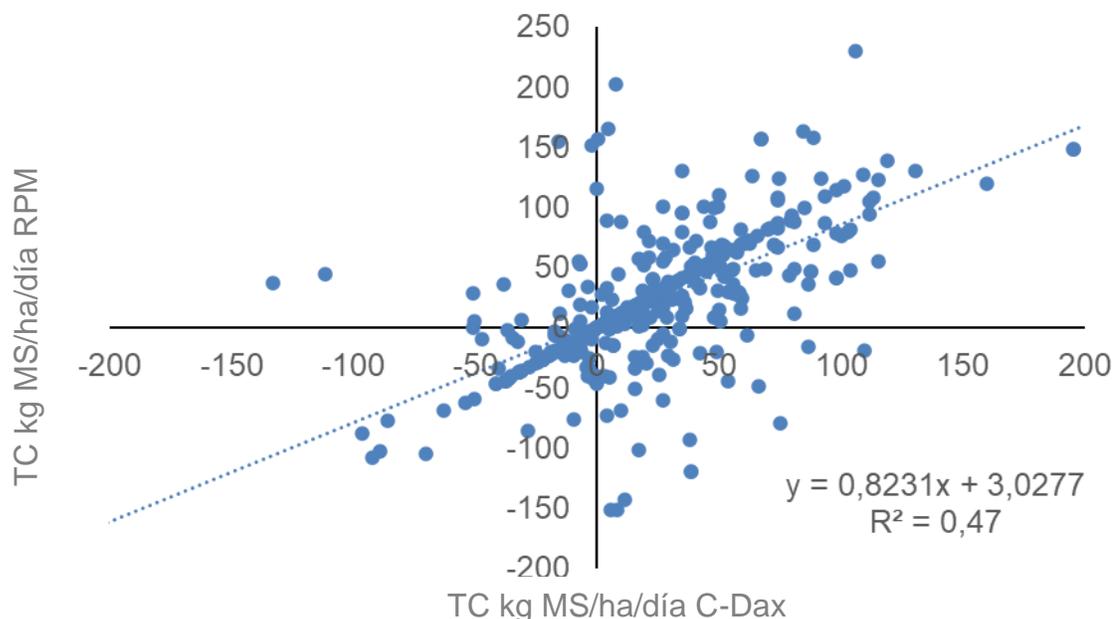
Para los métodos independientes de operario se obtuvieron valores de R^2 mayores que cuando se los compara con el testigo. Esto puede estar explicado por implicancias prácticas de los 3 tipos de estimaciones ya que se llega al dato de TC mediante los valores de disponibilidad estimados por cada método.

Cuando se comparan los métodos para la variable TC a nivel de potrero se toman en cuenta los errores mencionados, que en comparación cuando se lleva a nivel de plataforma, esos errores se diluyen debido a que se promedian los valores.

Cabe mencionar que los puntos negativos de los siguientes gráficos son expresamente de errores de implicancias prácticas directamente relacionados a la variación de las transectas realizadas ya que fácilmente se puede desviarse de la misma y también del error de estimación de cada método.

4.3.1 C-Dax vs. RPM

Figura No. 8. Correlación entre TC RPM y TC C-Dax

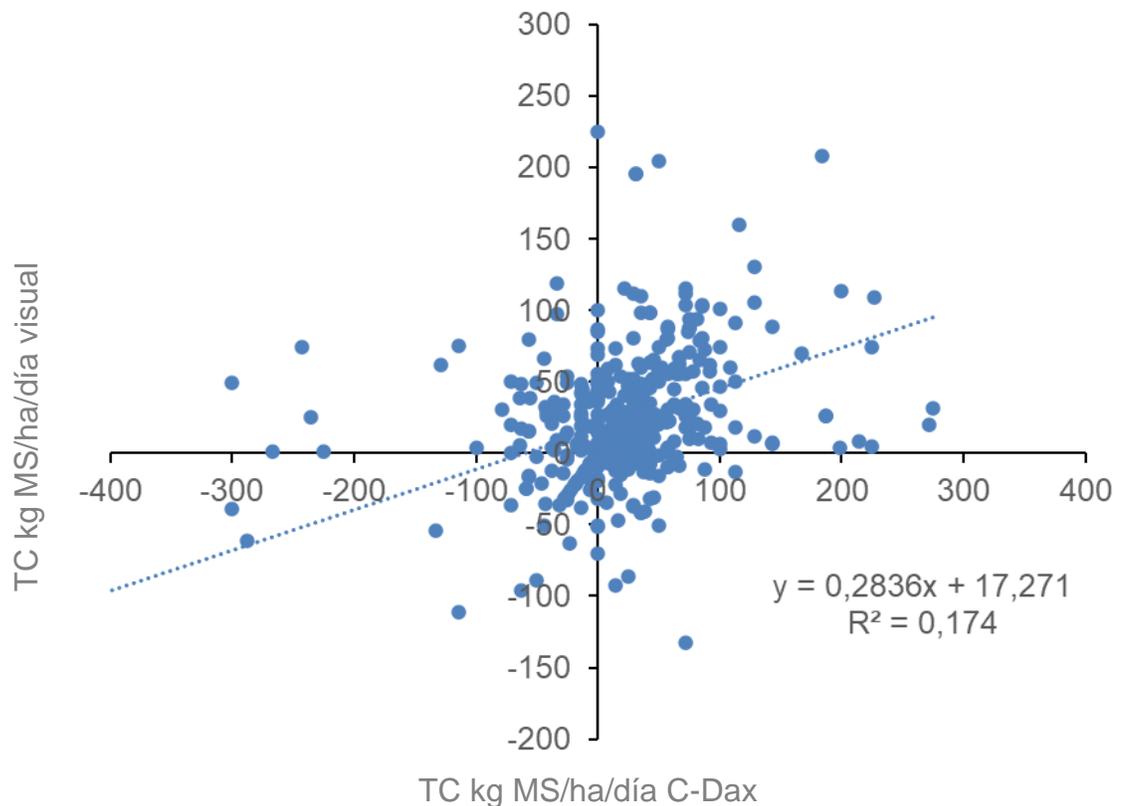


En la figura No. 8 se muestra un ajuste de regresión entre C-Dax y RPM de casi 0,5. Estos dos métodos muestran valores negativos de TC ya que la misma puede ser menor al error de medición.

El C-Dax para TC resulta en una sobrestimación en comparación con el RPM con un valor medio de correlación, dicho valor es menor en comparación cuando se correlacionan con altura de forraje o biomasa para ambos métodos.

4.3.2 C-Dax vs. visual

Figura No. 9. Correlación entre TC C-Dax y TC visual

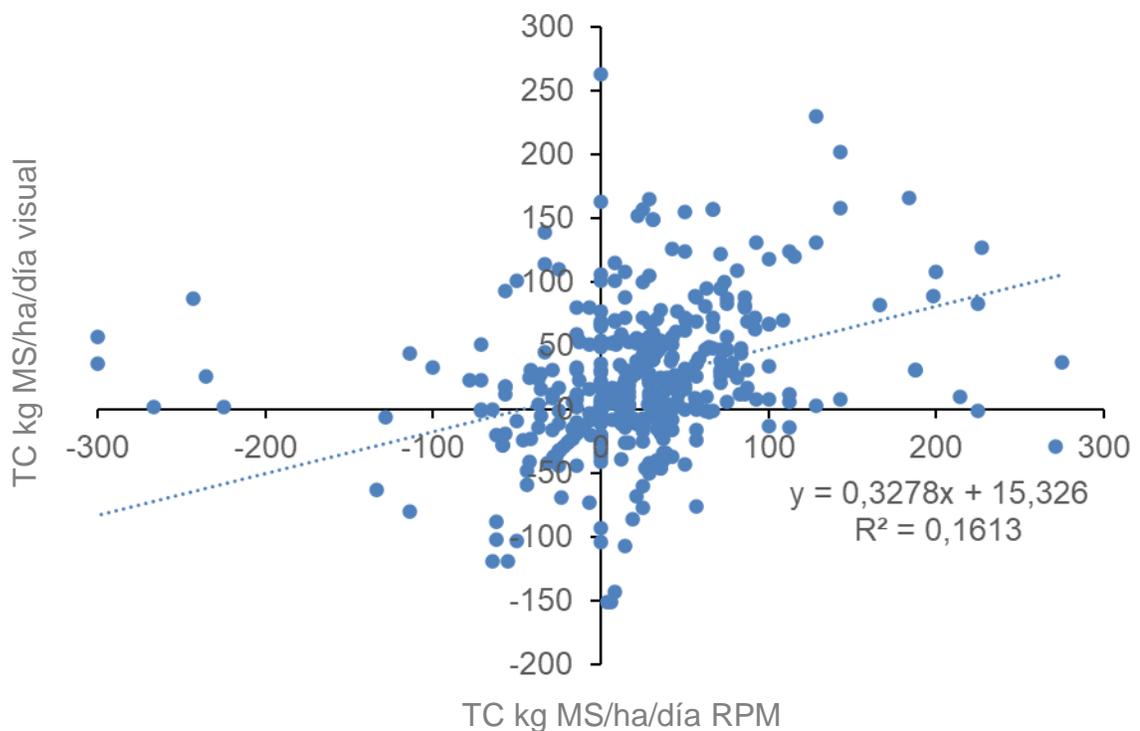


En la figura No. 9 se muestran las regresiones del visual con el método C-Dax. Se obtuvo para este caso un $R^2=0,174$ En las estimaciones visuales nunca se llegó a valores de TC negativos por lo que cada valor de

disponibilidad o coincide con el valor de la semana previa teniendo una TC=0 o resulta en un aumento del stock.

4.3.3 RPM vs. visual

Figura No. 10. Correlación entre TC RPM y TC visual



Estos tres gráficos muestran nuevamente que para los 3 métodos existe una relación más fuerte entre RPM y C-Dax con respecto a visual. Esto se debe a que el visual depende del efecto humano jugando un rol fundamental el error y la subjetividad del operador.

Se realizó comparación con modelo lineal simple para la variable tasa de crecimiento usando el siguiente modelo.

$$Y_{ijk} = \text{mes } i..p * \text{método } ijk + \text{potrero } i..t$$

Estadísticamente se describe que el efecto mes y potrero fue significativo ($p < 0,05$) y que la TC no se vio afectada por el método de medición no existió efecto del método para la medición de tasa de crecimiento a nivel de potrero, ni tampoco para la interacción mes: potrero debido a que los p valor son mayores a 0,05 (cuadro No. 4).

Por lo tanto, entre los métodos de estimación estudiados no existen diferencias a la hora de obtener TC, mostrando valores medios similares para los 3 métodos, como también los límites inferiores y superiores (cuadro No. 5).

Cuadro No. 4. Tabla anova tipo II para TC a nivel de potrero

	Sum Sq.	Df	Pr (>F)
Mes	169363	11	4,36E-11 ***
Método	5601	2	0.2286
Potrero	231390	22	2,12E-12 ***
Mes:método	42246	22	0.4440

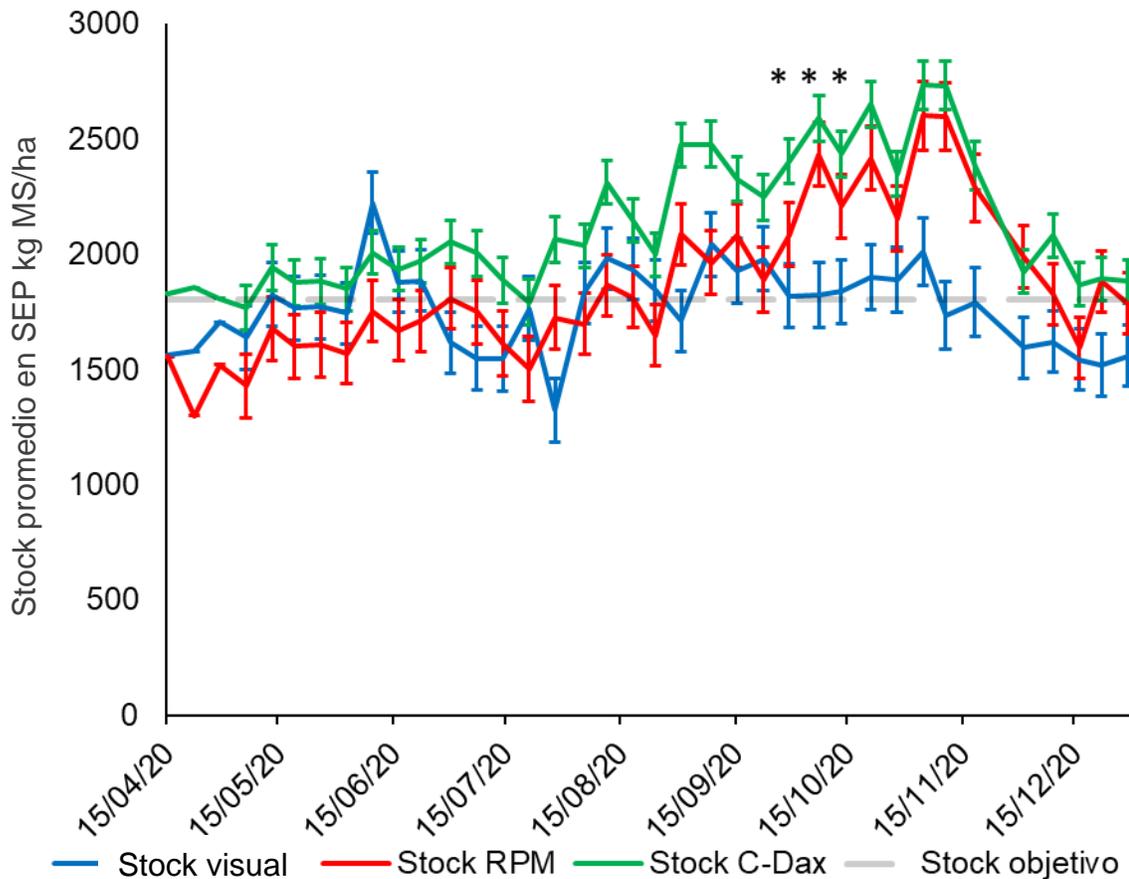
Cuadro No. 5. Comparación de métodos para TC a nivel de potrero

Método	emmean	SE	df	lower. CL	upper. CL
C-Dax	31.6	2.07	2419	27.6	35.7
RPM	32.6	2.07	2419	28.5	36.6
Visual	33.8	2.07	2419	29.7	37.9

4.4 RESULTADO DE ESTIMACIÓN DE STOCK PROMEDIO GENERAL

Resultado de los tres métodos para la estimación del stock promedio de la plataforma de pastoreo desde el 22 de abril hasta el 18 de diciembre de 2020.

Figura No. 11. Stock en SEP diferenciado por los distintos métodos de estimación



(***): mes en que las diferencias se acentúan.

Se observa en la figura No. 12 el stock objetivo el cual es arbitrario mediante el método visual y en el presente trabajo se sitúa alrededor de 1800 kg de MS por ha (línea punteada), se trata de mantener mediante medidas de manejo a lo largo del año. Es evidente que en la práctica y tal como refleja la gráfica, en el invierno existe una tendencia a estar por debajo dado los lentos crecimientos de la pastura teniendo que encerrar 1 turno o los 2 dependiendo del año para poder mantener el stock. Mientras que en la primavera se da lo contrario, la pastura empieza a sobrar dado que existe más crecimiento que capacidad de consumo por lo tanto la opción de manejo es cortar para reserva. En cualquiera de las situaciones siempre se debe respetar la entrada al pastoreo con 3 hojas para gramíneas y 9 nudos para alfalfa.

El C-Dax tiende a ubicarse por encima en la variable stock con respecto al resto. A su vez se ve una tendencia similar de los 3 métodos hasta el fin del invierno, de ahí en adelante se ve un cambio de tendencia del método C-Dax y RPM con respecto al testigo.

El único antecedente del uso de métodos midiendo esta variable es del de Lile et al. (2001) quienes reportan que el uso del RPM tiende a subestimar en comparación con la estimación visual, donde en la figura No. 12 dicha afirmación se muestra desde el inicio del proyecto hasta fin del invierno. Este cambio de ranking puede estar explicado por el cambio en las estimaciones visuales que se llevaron a cabo por otro operario, existe también en la transición de invierno a primavera un cambio en la fisiología vegetal en el cual las plantas aumentan su tasa de desarrollo y TC gracias a las temperaturas y fotoperiodo afectando la estructura de la planta aumentando la MS. Otra causa que se debe destacar es que el RPM y C-Dax son herramientas que solamente registran altura, y el método visual se toman en cuenta otros aspectos como el enmalezamiento del potrero, la cobertura vegetal, y desarrollo de plantas para realizar una estimación de biomasa. Al registrar solamente altura, la sobrestimación puede estar dada por la interferencia de malezas en la medición entre otras causas.

El cambio de estación de invierno a primavera estuvo acompañado por el cambio de operario para la estimación visual. En la figura se ve como el visual no acompaña la tendencia del RPM y C-Dax para esta época, resultando en sobrestimación sobre el testigo. Se puede inferir que el cambio del estimador visual concierne cierto peso en esta variación de estimaciones dejando en evidencia la subjetividad del método, en el cual cada individuo puede llegar a tomar diferentes criterios prácticos a la hora de llevar a cabo una estimación. Cabe mencionar que las estimaciones realizadas desde primavera fueron llevadas a cabo por un operario calificado el cual realiza esta tarea con un historial de 5 años, estando a cargo también del plan estratégico de alimentación del rodeo lechero del CRS.

Otra explicación que acompaña la bibliografía analizada es que el cambio de ranking para C-Dax y RPM se produce en el momento que cambia la estación del invierno a la primavera. En uno de los trabajos de Millapán (2014) ya mencionaba el hecho que la calibración debía de hacerse para cada estación del año debido a cambios en la composición del forraje entre estaciones. Otro trabajo que mostró diferencias entre estaciones es el de Ortega (2019), donde la diferencia en porcentaje de material verde y muerto entre estaciones no se logra diferenciar por los métodos indirectos, influyendo en el contenido de MS de la pastura.

Por lo tanto, se puede argumentar que los tres métodos ajustan con tendencias muy similares cuando se refiere a stock, siendo posible la estimación de forraje con cualquiera de ellos, siempre y cuando se mantenga un solo método a lo largo del tiempo. Si bien existe diferencia, se nota que el comportamiento de las gráficas es muy similar y arrojan datos muy relevantes para poder estimar el forraje en la plataforma de pastoreo y así tomar decisiones en cuanto a la cosecha del mismo.

El resultado es indiferente al seleccionar alguno de los tres métodos si el objetivo del sistema es mantener un stock promedio de forraje a lo largo del tiempo, siempre y cuando las estimaciones se lleven a cabo periódicamente y reduciendo los factores de variabilidad de estimaciones en la práctica.

Se realizó comparación con modelo lineal mixto, que tomó la variable de respuesta al stock (kg MS/ha SEP), el mes (desde abril a diciembre), los métodos de medición (C-Dax, RPM, visual) y la interacción entre ellos. El ajuste del modelo representó un $R^2 = 0,82$.

Para el mismo análisis existió un efecto del mes, del método y su interacción (cuadro No. 6). La diferencia en el valor medio de las estimaciones fue significativamente mayor en C-Dax, seguido por RPM y visual, destacándose también que no se da la intersección entre los límites inferiores y superiores de cada método.

Sin embargo, si se visualizan las estimaciones de stock a lo largo del año en la figura No.12, las diferencias medias que se muestran en el análisis no se mantienen en todas las semanas del año, identificando a la primavera (***) la estación que presenta mayores diferencias de los métodos indirectos en contraste con el visual evidenciando una sobrestimación.

Cuadro No. 6. Tabla anova tipo II variable stock en SEP

	Sum Sq	Df	Pr (>F)
Mes	5071391	8	<2.2e-16 ***
Método	2532935	2	<2.2e-16 ***
Mes:método	1417038	16	0,0001373 ***

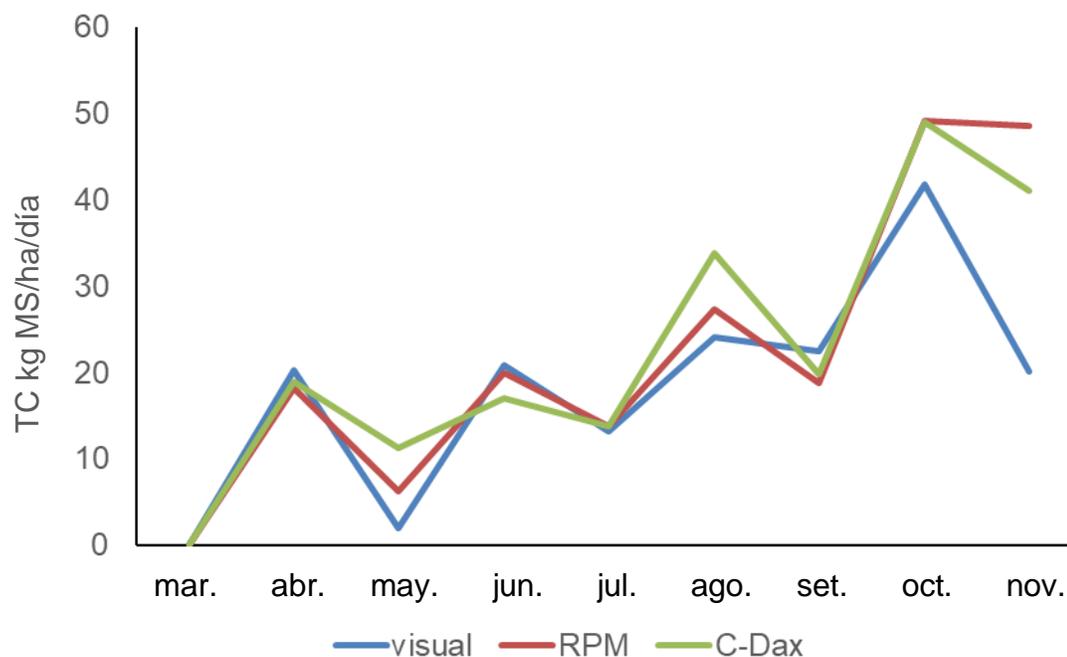
Cuadro No. 7. Comparación de métodos para stock en SEP

Método	emmean	SE	df	lower. CL	upper. CL
C-Dax	2133 a	21.6	84	2090	2176
RPM	1869 a	21.6	84	1826	1912
Visual	1762 b	21.6	84	1719	1804

4.4.1 Tasa de crecimiento de la plataforma de pastoreo según métodos

Se observa en la figura No. 12 un comportamiento típico del crecimiento de las pasturas de Uruguay, presentando mínimos en el otoño por conocerse que es la estación donde se realizan la gran parte de implantación del forraje arrojando una SEP baja, seguido por un invierno con crecimiento estacionado y máximos de primavera.

Figura No. 12. Tasa de crecimiento diaria según mes



La figura No. 12 se originó por medio de los acumulados de stock de cada método con un disponible previo y otro actual con una semana de

diferencia. Por lo que presenta la misma tendencia que comparten los diferentes métodos en la figura (stock).

Se realizó un modelo lineal mixto

Tasa de crecimiento = mes + método + mes * método

Estadísticamente se describe que existe efecto del mes pero no así del método ni de la interacción mes: método. Como se vio en el análisis estadístico de TC a nivel de potrero, los métodos de estimación no presentaron efectos, traducándose los resultados a nivel de la SEP, evidenciando el mes como la única variable que presenta efecto resultando en un p valor menor a 0,05.

Cuadro No. 8. Tabla anova tipo II para TC en SEP

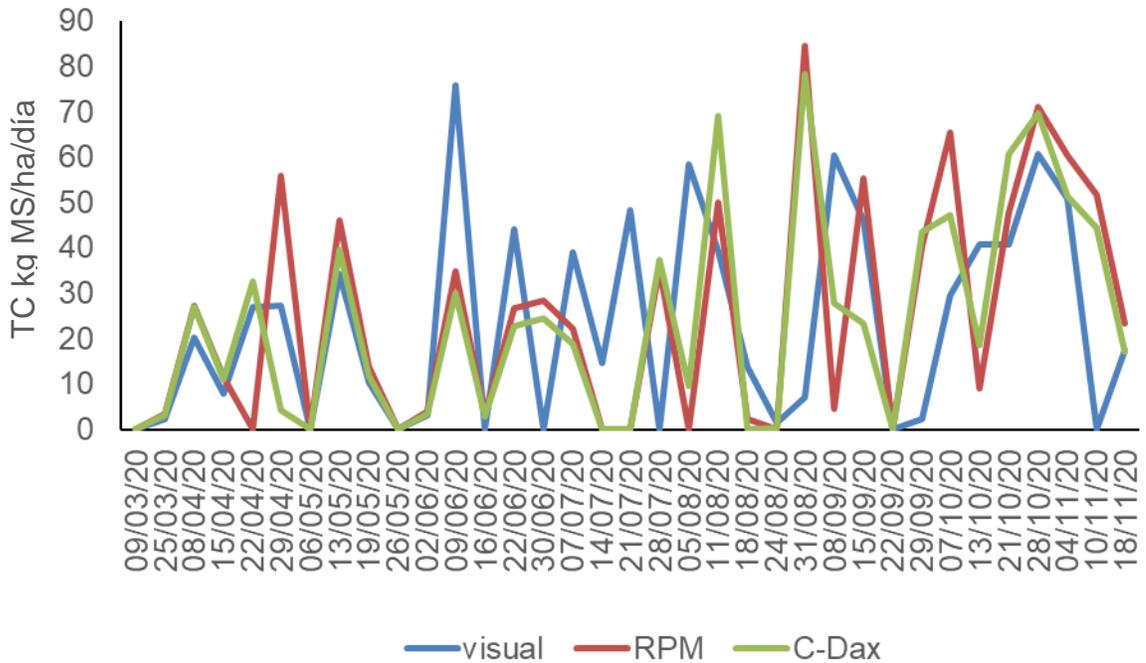
	Sum Sq	Df	Pr (>F)
Mes	9629	8	0.04993 *
Método	43	2	0.96419
Mes:método	1702	16	0.99979

Cuadro No. 9. Comparación de métodos para TC en SEP

Método	emmean	SE	df	lower. CL	upper. CL
C-Dax	24,6	4.09	81	16.5	32.8
RPM	24,6	4.09	81	18.5	34.8
Visual	25,2	4.09	81	17.0	33.3

Si bien se da una TC que se ajusta a lo esperado para cada estación (García, 2003), y los 3 métodos presentan datos similares mensualmente, es muy diferente cuando se trata de analizar semana a semana (figura No. 13). Para la toma de decisiones semanales se nota que la TC no permite tomar una buena decisión para ajustar el pastoreo. Esto se debe a que por más que las tendencias estacionales se mantienen en la práctica semanal esta tendencia es bastante variable y resultaría dificultoso a la hora de tomar la decisión de cuánto forraje ofrecer al rodeo.

Figura No. 13. Tasa de crecimiento diaria según semana



Se puede observar en la figura No. 13 que la utilización de las tasas de crecimiento semanales llevaría a tomar decisiones erróneas donde se vería afectado el plan de alimentación descuidando el stock de forraje del sistema.

Según Fariña et al. (2017) la buena gestión en el uso del forraje lleva a lograr una escalera como se muestra en el gráfico del anexo No. 1. En el eje de las ordenadas están los potreros de la SEP donde se observa stocks cercanos a los 2500 kg MS/ha prontos para pastorear y una escalera descendente que indicará dónde continuar la ronda de pastoreo posteriormente. La escalera a lo largo del año va modificándose según las decisiones tomadas. En base a lo que indique la escalera se deberá tomar decisiones de aumentar el forraje ofrecido en caso de tener mucho stock de pasto o disminuir el ofrecido en el caso de tener un bajo stock de forraje.

4.5 IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

En cuanto a los métodos RPM y C-Dax cualquier individuo sin necesidad de un entrenamiento práctico puede llevarlo a cabo si están calibrados y si existiese un cambio de operario no va a perjudicar a la estimación en mayor medida. En cambio, se requiere capacitación a la hora de procesar la base de datos. En cuanto al C-Dax asegura la ventaja de ahorrar tiempo en la recorrida al ser utilizado con un vehículo. Sin embargo, si no existe una estructura y cierto mantenimiento a lo que concierne a porteras, caminería y accesos a cada potrero se dificulta la operativa de la recorrida. Otra desventaja a tener en cuenta es que los días lluviosos o con campos anegados crece la dificultad de la recorrida y como resultado se tome la decisión de no realizar la estimación hasta que la situación lo permita.

Por otro lado, el RPM y el Visual requiere que el estimador realice la recorrida a pie por cada potrero para obtener una base de datos confiable por lo cual va a aumentar la carga horaria donde también va a depender del número de potreros y del tamaño de cada establecimiento.

En la operativa del C-Dax al realizar una transecta se observó que cuando existen niveles importantes de forraje el vehículo en este caso el cuatriciclo si no es de una altura considerable va achatando las plantas haciendo que el dispositivo medidor no tome una medida verdadera de la altura del forraje. Como esto resulta en un problema de subestimación del forraje disponible existen ya adaptaciones para llevar el C-Dax a un costado del cuatriciclo para evitar ese error en la medición.

En cuanto a la estimación visual se debe realizar con operarios capacitados y principalmente que sea el mismo estimador que haga la medición ya que este método subjetivo está sujeto al entrenamiento del ojo y si lo realizan diferentes operarios van a existir diferencias en los criterios de estimación generando variaciones que afectaría el stock disponible del sistema.

Si con cualquier método se puede realizar un seguimiento del disponible de forraje y mantener un valor promedio de stock, la elección del método va a depender principalmente del tamaño del sistema en que se vaya a realizar, de la capacidad de inversión del establecimiento para incurrir a la tecnología y a la mano de obra que deberá tener en cuenta para obtener una base de datos para trabajar en la gestión eficiente del forraje.

5. CONCLUSIONES

Se concluye del trabajo realizado que los métodos presentan diferencias en cuanto a tasa de crecimiento y disponibilidad de MS. A su vez es posible en la práctica llevar adelante una estimación de disponibilidad de forraje de un predio sin la necesidad de tecnología y relativamente con poco tiempo. Los resultados mostraron que cualquiera sea el método de medición se pueden tomar decisiones muy provechosas para el productor siempre y cuando se sea constante en las mediciones y se mantenga en el tiempo un mismo método de estimación. Por otro lado se observa que quizás el manejo de stock se debería hacer por estación.

Para llevar una gestión eficiente del forraje a utilizar en cualquier predio se vio que la información influyente a la hora de tomar decisiones es el stock disponible total y no la TC semanal, ya que el existente de forraje disponible se puede lograr distribuir en forma escalonada y llevar un control con un valor promedio objetivo. Es fundamental lograr una escalera descendente en los stocks para cada potrero como se muestra en anexo No. 1 ya que va a permitir cosechar con una mayor eficiencia y hacer proyección hacia adelante del forraje a utilizar y respetar el criterio de mantener un valor promedio de stock. En cambio, si la gestión del forraje se hiciera mediante TC diaria las planificaciones de la dieta tendrían grandes variaciones semana a semana.

6. RESUMEN

Uruguay exporta el 70 % de su producción láctea, por lo que el precio es fijado por los mercados internacionales. La razón de éxito a nivel de productores está marcada principalmente por lograr bajos costos de producción principalmente los relacionados a la alimentación, que es uno de los principales costos directos. En base a esto es que el buen uso de las pasturas sembradas es un factor que garantiza buenos márgenes y minimiza el riesgo a nivel de la empresa en comparación con el uso de granos. En base a esto el trabajo tuvo como objetivo general estimar el stock de forraje disponible y tasas de crecimiento para poder hacer un mejor uso del pasto y así poder potenciar este factor en la dieta obteniendo mayor consumo gracias al manejo, como también poder estimar cuánto realmente se estaba consumiendo. Como objetivo específico se utilizaron 3 métodos de estimación a nivel de plataforma y de potrero para poder compararlos entre sí, viendo ventajas y desventajas entre estimaciones visuales, RPM y C-Dax. Se concluye que cualquiera de los 3 métodos es válido para hacer un buen seguimiento de la pastura a lo largo del año pudiendo obtener datos importantes para la buena toma de decisiones. A su vez el trabajo muestra que no es necesario el uso de la última tecnología para poder tomar decisiones buenas siempre y cuando se sea constante con el seguimiento de la pastura.

Palabras clave: Disponibilidad de pasto; Plataforma de pastoreo; Tasa de crecimiento.

7. SUMMARY

Uruguay exports 70% of its milk production, for what its price is fixated by international markets. The reason for success at the producers level is marked mainly by achieving low production costs, especially those related to feeding, which is one of the primary direct costs. This is why making a good use of pastures is key to guarantee fine margins and minimize the company's risks, in comparison to grain use. Based on this line of reasoning, the work's main general objective was to estimate the available forage stock and growth rates, in order to make a better use of the grass, and by doing so, enhance this diet factor, obtaining a major consumption thanks to the handling, as well as being able to estimate the real consumption. As to the specific objective of the work, three estimation methods were used at the platform and paddocks level, to compare with each other, looking for advantages and disadvantages between visual estimation, RPM and C-Dax. The work comes to the conclusion that any of the three methods is valid for making a good pasture follow up through the year, being able to obtain important data for decision making times. Finally the work also shows that using the latest technology is not necessary, as long as a constant pasture follow up is kept.

Keywords: Herbage mass; Grazing platform; Growth rate.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. C-Dax, NZ. 2016. Universal Controller: C-Dax xc1 smart control operation manual (version 2400-6657-4). (en línea). Palmerston North. s.p. Consultado dic. 2020. Disponible en https://www.c-dax.com/?page=shop%2Fflypage&product_id=17331&parent_cats=8fb6a98cdda3e6ee46d4a736f8efb89d
2. Fariña, S.; Tuñón, G.; Pla, M.; Martínez, R. 2017. Sistema de pastoreo “La Estanzuela”: guía práctica para la implementación de un sistema de pastoreo basado en la experiencia de la Unidad de Lechería de INIA La Estanzuela, Uruguay. (en línea). Montevideo, INIA. 24 p. (Boletín de Divulgación no. 115). Consultado may. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7228/1/bd-115-2017.pdf>
3. Fernández, H. H.; Chiapa, L.; Tiberio, D. 2002. Pasturómetro electrónico mecánico Balcarce para estimar la cantidad de materia seca en pasturas. (en línea). Revista Argentina de Producción Animal. 22 (1):339-342. Consultado feb. 2021. Disponible en https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/82-pasturómetro.pdf
4. García, J. A. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en “La Estanzuela”. (en línea). Montevideo, INIA. pp. 3-6 (Serie Técnica no. 133). Consultado mar. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2878/1/15630191107142500.pdf>
5. Horan, B.; Hennessy, D.; O'Donovan, M.; Kennedy, E.; McCarthy, B.; Finn, J. A.; O'Brien, B. 2018. Sustainable meat and milk production from grasslands. (en línea). In: General Meeting of the European Grassland Federation (27th, 2018, Cork, Ireland). Sustainable meat and milk production from grasslands: proceedings. Wageningen, Wageningen Academic. pp. 17-21 (Grassland Science in Europe v. 23). Consultado ene. 2021. Disponible en https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2018.pdf
6. Hutchinson, K. J.; Scobie, D. R.; Beautrais, J.; Mackay, A. D.; Rennie, G. M.; Moss, R. A.; Dynes, R. A. 2016. A protocol for sampling

pastures in Hill country. (en línea). Journal of New Zealand Grasslands. 78:203-210. Consultado feb. 2021. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/3a96/7889f1e563abf61887f42775b52c164e0ab5.pdf>

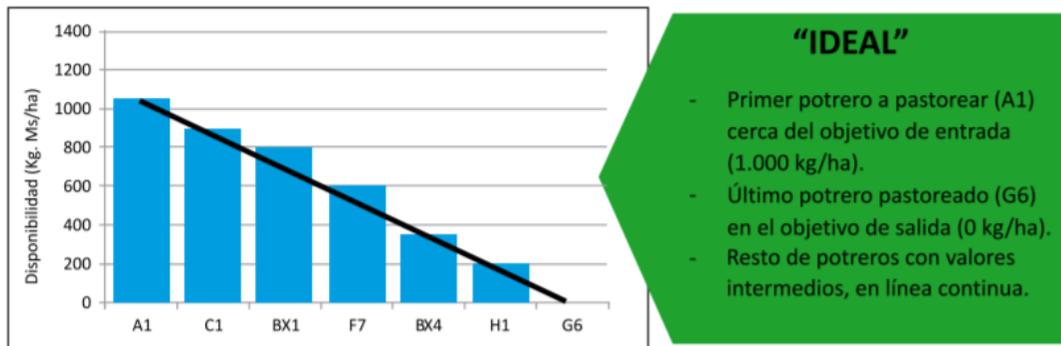
7. INALE (Instituto Nacional de la Leche, UY). 2014. Encuesta lechera INALE 2014: resultados preliminares. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado 18 dic. 2020. Disponible en <https://www.inale.org/estadisticas/>
8. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2020. Registro pluviométrico INIA 2020. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado 20 dic. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/registros-de-lluvias/Precipitaci%C3%B3n-efectiva>
9. 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, NZ). Proceedings. Christchurch, Caxton. pp. 233-238.
10. Lile, J. A.; Blackwell, M. B.; Thomson, N. A.; Penno, J. W.; Macdonald, K. A.; Nicholas, P. K.; Lancaster, J. A. S.; Coulter, M. 2001. Practical use of the rising plate meter (RPM) on New Zealand dairy farms. (en línea). Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 63:159-164. Consultado abr. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/268298970_Practical_use_of_the_rising_plate_meter_RPM_on_New_Zealand_dairy_farms
11. 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^o., 2012, Termas de Catillo, Chile). Libro de resúmenes. Catillo, Sochipa. pp. 175- 176.
12. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2017. Anuario estadístico agropecuario 2017. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado may. 2021. Disponible en <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2017/DIEA-Anuario2017.pdf>

13. _____. DIRENARE (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Recursos Naturales Renovables, UY). s.f. Carta de suelos del Uruguay. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 15 set. 2020. Disponible en <http://web.renare.gub.uy/js/visores/coneat/>
14. Millapán, L. 2014. Estimación de biomasa aérea en pasturas templadas de sistemas lecheros pastoriles. Tesis para la especialidad en Producción Lechera en Sistemas Argentinos. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 63 p.
15. 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. (en línea). In: Montossi, F. ed. Invernada de precisión: pasturas, calidad de carne, genética, gestión empresarial e impacto ambiental (GIPROCAR II). Montevideo, INIA. cap. 3, pp. 31-67 (Serie Técnica no. 211). Consultado jun. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2559/1/18429280114125310.pdf>
16. Rennie, G.; King, W.; Puha, M.; Dalley, D.; Dynes, R.; Upsdell, M. 2009. Calibration of the C-dax rapid pasture meter and the rising plate meter for kikuyu-based Northland dairy pastures. (en línea). Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 71:49-55. Consultado jul. 2021. Disponible en https://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland_publication_65.pdf
17. Sanderson, M. A.; Rotz, C. A.; Fultz, S. W.; Rayburn, E. B. 2001. Estimating forage mass with a commercial capacitance meter, rising plate meter, and pasture ruler. Agronomy Journal. 93(6):1281-1286.
18. Schori, F. 2015. Sward surface height estimation with a rising plate meter and the C-Dax Pasture meter. In: Symposium of the European Grassland Federation (18th., 2015, Wageningen, The Netherlands). Grassland and forages in high output dairy farming systems: proceedings. Wageningen, Wageningen Academic. pp. 310-312 (Grassland Science in Europe v. 20).

19. Stockdale, C. R. 1984. Evaluation of techniques for estimating the yield of irrigated pastures intensively grazed by dairy cows. 2. The rising plate meter. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 24:305-311.
20. Thomson, N. A. 1983. Factors influencing the accuracy of herbage mass determinations with a capacitance meter. (en línea). New Zealand Journal of Experimental Agriculture. 11:171-176. Consultado jul. 2021. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/03015521.1983.10427749?needAccess=true>
21. Waller, A. 2020. Análisis de metodología para el monitoreo de pasturas en predio comerciales. (en línea). Tesis MSc. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 2-8. Consultado oct. 2021. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/32561/1/WallerAlicia.pdf>
22. Watters, A. F. 1990. Farm monitoring as an indicator of improved farm management practices. (en línea). Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 52:17-19. Consultado jun. 2021. Disponible en https://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland_publication_906.pdf

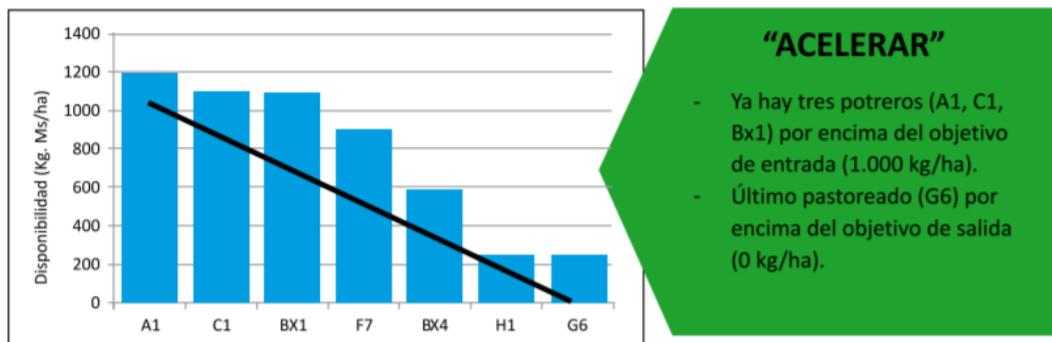
9. ANEXOS

Anexo No. 1.



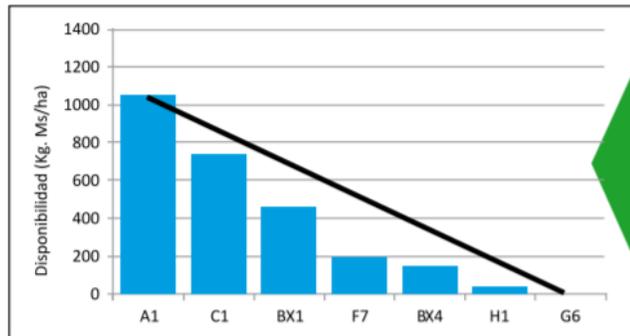
Fuente: Fariña et al. (2017).

Anexo No. 2.



Fuente: Fariña et al. (2017).

Anexo No. 3.



“DESACELERAR”

- Primer potrero a pastorear (A1) cerca del objetivo de entrada (1.000 kg/ha).
- Último potrero pastoreado (G6) en el objetivo de salida (0 kg/ha).
- PERO el resto con valores bajos, lejos de la línea continua.

Fuente: Fariña et al. (2017).