

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA PRODUCCIÓN DE REMOLACHA
FORRAJERA EN URUGUAY

por

Marcelo NEUMAN BARRETO

Fernando Martín HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2022

Tesis aprobada por:

Director:

.....
Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani

.....
Ing. Agr. Alfredo Silbermann

.....
Ing. Agr. Javier García Favre

Fecha:

14 de marzo de 2022

Autores:

.....
Marcelo Neumann Barreto

.....
Fernando Martín Hernández Martínez

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía por la oportunidad de realizar la carrera.

A nuestro tutor Ing. Agr. Ramiro Zanoniani y a la Lic. Sully Toledo, por el apoyo brindado y por hacer posible esta tesis.

Al personal de la EEMAC, por su colaboración en la etapa de campo.

A nuestras familias por acompañarnos en este proceso de formación y permitirnos concretar esta fuerte vocación por la carrera.

A nuestros compañeros de la generación EEMAC 2017 y todos los que nos acompañaron desde nuestro inicio.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
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. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE <i>Beta vulgaris</i> L.....	3
2.1.1. <u>Clasificación taxonómica</u>	3
2.1.2. <u>Origen y distribución actual de <i>Beta vulgaris</i> L.</u>	5
2.2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE <i>B. vulgaris</i> L.....	5
2.2.1. <u>Características morfológicas</u>	6
2.2.2. <u>Germinación, emergencia e instalación de cultivo</u>	7
2.2.3. <u>Desarrollo del área foliar y crecimiento de la raíz</u>	9
2.3. FACTORES AMBIENTALES QUE INDICEN EN EL RENDIMIENTO DE <i>Beta vulgaris</i>	13
2.3.1. <u>Temperatura</u>	13
2.3.2. <u>Heladas y mecanismo de defensa de la especie</u>	14
2.3.3. <u>Disponibilidad hídrica</u>	14
2.4. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS Y DE NUTRIENTES.....	15
2.4.1. <u>Generalidades del cultivo</u>	15
2.4.2. <u>Macronutrientes</u>	17
2.4.3. <u>Micronutrientes</u>	21
2.5. MALEZAS.....	22
2.6. PLAGAS.....	25
2.7. ENFERMEDADES.....	26
2.8. ASPECTOS NUTRICIONALES DE <i>Beta vulgaris</i> L. Y SU IMPACTO SOBRE LA SALUD RUMINAL.....	27
2.8.1. <u>Transición</u>	30
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	32
3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES.....	32
3.1.1. <u>Ubicación y período experimental</u>	32
3.1.2. <u>Suelos dominantes y asociados</u>	32
3.1.3. <u>Antecedentes</u>	32
3.1.4. <u>Condiciones climáticas generales</u>	32

3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ENSAYO.....	33
3.2.1. <u>Diseño experimental</u>	33
3.2.2. <u>Conformación del ensayo</u>	33
3.2.3. <u>Fecha de siembra y área bajo evaluación</u>	34
3.2.4. <u>Barbecho químico, laboreos, fertilización y siembra</u>	34
3.2.5. <u>Control de malezas e insectos</u>	34
3.3. SEGUNDO AÑO DE EVALUACIÓN (2018/2019).....	35
3.3.1. <u>Fecha de siembra y área bajo evaluación</u>	35
3.3.2. <u>Barbecho químico, laboreos, fertilización y siembra</u>	35
3.3.3. <u>Control de malezas e insectos</u>	36
3.3.4. <u>Animales experimentales</u>	37
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	38
3.4.1. <u>Manejo de la pastura</u>	38
3.4.2. <u>Periodo de adaptación</u>	39
3.4.3. <u>Manejo general post adaptación</u>	39
3.4.4. <u>Rutina con los animales</u>	40
3.5. VARIABLES DETERMINADAS.....	40
3.5.1. <u>Porcentaje de implantación</u>	40
3.5.2. <u>Disponibilidad de materia seca</u>	40
3.5.3. <u>Remanente</u>	42
3.5.4. <u>Porcentaje de utilización</u>	42
3.5.5. <u>Determinación del enmalezamiento</u>	42
3.5.6. <u>Determinación de la producción animal</u>	43
3.5.7. <u>Producción animal individual</u>	43
3.5.8. <u>Ganancia de peso diaria</u>	43
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	44
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL PERÍODO EN EVALUACIÓN.....	44
4.1.1. <u>Temperatura</u>	44
4.1.2. <u>Precipitaciones</u>	45
4.1.3. <u>Balance hídrico</u>	45
4.2. DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA.....	47
4.2.1. <u>Planta por metro lineal y peso seco de planta</u>	47
4.2.2. <u>Evolución teórica de las variables</u>	48
4.2.3. <u>Disponibilidad de materia seca por hectáreas</u>	49
4.2.4. <u>Rendimiento por hectárea</u>	50
4.2.5. <u>Consumo animal y utilización de la pastura</u>	51
4.3. PRODUCCIÓN ANIMAL.....	52
4.4. CONSIDERACIONES FINALES.....	54
5. <u>CONCLUSIONES</u>	55

6. <u>RESUMEN</u>	56
7. <u>SUMMARY</u>	57
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	58
9. <u>ANEXOS</u>	65

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Requerimientos nutricionales del cultivo de remolacha forrajera expresados en (kg. de nutriente/tt. deMS).....	16
2. Tratamientos, porcentaje de MS (%) de raíz, hoja y planta entera, composición morfológica (%) y producción de materia fresca (tt./ha).....	18
3. Comparación de requerimientos nutricionales de remolacha forrajera con especies forrajeras convencionales y maíz para silo.....	22
4. Malezas de mayor frecuencia en el cultivo de remolacha forrajera....	23
5. Residualidad de los herbicidas en remolacha forrajera.....	24
6. Composición química de remolacha, rangos y media.....	29
7. Requerimientos nutricionales recría y engorde de novillos Holando...	30
8. Productos aplicados para el control de malezas durante el experimento	37
9. Producción de carne (kg/ha.) según periodo de estudio.....	52

Figura No.

1. Características taxonómicas de los grupos.....	4
2. Centro de origen y distribución actual de <i>B. vulgaris</i> L.....	5
3. Características morfológicas de <i>B. vulgaris</i> L.....	6
4. Crecimiento radicular de <i>Beta vulgaris</i> L. y planta en etapa reproductivo.....	7
5. Radiación incidente en función del mes (MJ. m ² .d ⁻¹) y radiación interceptada (MJ.m ² d ⁻¹) según IAF en dos etapas del cultivo.....	10
6. Evolución del peso fresco de la raíz de dos variedades de remolacha forrajera en función del tiempo.....	11
7. Tasa crecimiento promedio radicular de remolacha forrajera.....	12
8. Respuesta aparente en el uso de distintas dosis de nitrógeno.....	19
9. Croquis del área experimental.....	33

10. Croquis mostrando metodología de pastoreo (izq.) y foto demostrativa de un sistema real de pastoreo de remolacha forrajera por franjas diarias (der.).....	39
11. Pérdida de agua de las muestras de remolacha en función del tiempo (días).....	41
12. Temperatura media de la serie histórica en la EEMAC y los años experimentales según mes.....	44
13. Precipitaciones promedio de la serie histórica EEMAC y de los dos periodos bajo estudio	45
14. Balance hídrico período octubre 2017 a agosto 2018.....	46
15. Balance hídrico período octubre 2018 a agosto 2019.....	46
16. Plantas por metro lineal.....	47
17. Peso seco por planta	48
18. Evolución número de plantas por metro lineal y peso seco.....	48
19. Evolución compuesta de la disponibilidad (Kg/Ha) de materia seca (línea azul), disponibilidad (Kg.MS/Ha) de 2017/18 (barras naranjas) y 2018/19 (barras grises), y estimación teórica del rendimiento con 3-4 plantas por metro lineal.....	49
20. Evolución del porcentaje de materia seca hojas y raíces.....	50
21. Consumo animal en función de la oferta forrajera.....	51
22. Producción de peso vivo por hectárea y ganancia media diaria.....	53

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay la producción ganadera se realiza principalmente sobre pasturas naturales. Esta producción se obtiene en sistemas pastoriles a cielo abierto donde el 68,5% de un total de 16.357.298 has. son campos naturales (MGAP. DIEA, 2011).

Sin embargo, los pastizales naturales de Uruguay, conllevan una discontinuidad en cuanto a cantidad y calidad de la materia seca entre estaciones y entre años.

Según Carámbula (1982), esta variabilidad se debe a condiciones climáticas erráticas, principalmente a los factores agua y temperatura, suelos con bajos contenidos de fósforo y muchas veces de alto poder de fijación de este, lo que afecta negativamente la presencia de leguminosas nativas, determinando una escasa fijación biológica de nitrógeno (FBN) al sistema.

La dinámica de los sistemas de producción ha estado caracterizada por un proceso de permanente intensificación productiva, lo cual se destaca en mayor medida en la lechería y también en aquellos sistemas orientados al engorde de novillos. La remolacha forrajera es un cultivo de alta producción de materia seca por hectárea, altamente energético, que puede cumplir un rol interesante en la complementación de verdes y praderas durante otoño-invierno, en la recría y terminación, así como en sistemas lecheros.

Otro aspecto relevante, es la posibilidad de ser cosechado tanto por el animal en la parcela, o destinarlo a reservas para silo. Además, dentro de ciertos parámetros ambientales, esta especie es capaz de mantener por un cierto tiempo la calidad del forraje producido, lo cual juntamente con el pastoreo directo, constituyen una alternativa de reserva de alimento a cielo abierto.

Este cultivo se ha desarrollado a gran escala en Nueva Zelanda, actualmente Chile sigue la misma tendencia. El cultivo se vio promovido a causa de una investigación realizada por Dairy NZ y la Universidad de Lincoln, donde se demostró que la remolacha forrajera no contiene toxinas como se creía anteriormente, y que los problemas de salud de los rumiantes asociados a las dietas de RF eran el resultado de una adaptación insuficiente del rumen al alto contenido en azúcar del bulbo, siendo esto la causa de acidosis ruminal. La misma se puede evitar fácilmente mediante el proceso de transición (Gibbs et al., 2015).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

El presente trabajo tiene como objetivo general evaluar de forma preliminar la producción de remolacha forrajera bajo las condiciones ambientales y edáficas del litoral norte uruguayo en combinación con el manejo de pastoreo.

1.1.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Evaluar la dinámica de acumulación y estabilización del rendimiento de materia seca.
- Evaluar el desempeño animal a través de la evolución de su peso vivo logrado, durante el otoño-invierno 2018 y 2019.
- Brindar las nociones básicas de la producción y uso de la remolacha forrajera.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE *Beta vulgaris* L.

2.1.1. Clasificación taxonómica

Taxonómicamente la remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *Alba* DC) es una variedad de la especie *Beta vulgaris* L. la cual pertenece a la familia botánica *Chenopodiaceae* (Lange et al., citados por Matthew et al., 2011).

De Wet, citado por Lange et al. (1999) divide a la especie *B. vulgaris* en tres subespecies:

- 1) *Beta vulgaris* subesp. *vulgaris*
- 2) *Beta vulgaris* subesp. *marítima*
- 3) *Beta vulgaris* subesp. *adanensis*

La subespecie *vulgaris* es la de mayor interés desde el punto de vista productivo ya que representa a los materiales cultivados de la especie (*Beta vulgaris* L.) como la propia remolacha forrajera, la remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *saccharifera* alef), la remolacha de mesa (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *conditiva* alef) y las acelgas (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *flavescens* DC. F. *crispa*) entre otras.

La subesp. *marítima* o subesp. *perennis*, se reserva a los materiales silvestre de *B. vulgaris* L. Por último, subesp. *adanensis* agrupa materiales que se distinguen de los anteriores por el alto grado de autofecundación y por su ciclo productivo anual.

Lange et al. (1999), luego de realizar una extensa revisión bibliográfica sobre el género *Beta*, proponen dividir la sub. especie *vulgaris* en cuatro grupos de fácil interpretación:

- A- fodder beet group
- B- sugar beet group
- C- beet root group
- D- leaf beet group

En el grupo remolacha forrajera (A) se incluyen aquellas variedades mejor adaptadas al pastoreo, como variedad alba, variedad crassa y variedad rapacea. Este grupo muestra mucha variabilidad en la forma y color de las raíces.

En el grupo de las remolachas azucareras (B) se encuentran aquellas variedades con una alta riqueza en sacarosa, las cuales se destinan principalmente a la extracción y fabricación de azúcar de mesa, siendo las más comunes: variedad saccharifera y variedad altissima. Las variedades de remolacha azucarera presentan menor variación en la forma y color de sus raíces en comparación con las forrajeras.

El grupo beet root (C) está representado por las remolachas con una fuerte coloración rojiza por presencia de betacyanins, siendo estas las más populares al consumo humano. Sus variedades son: variedad conditiva, variedad hortensis, variedad esculenta.

En el grupo (D) se encuentran aquellas variedades tales como variedad flavescentis y variedad cicla, las mismas se caracterizan por una alta producción de hojas (acelgas, espinacas) y raíces que no engrosan, lo que las diferencia de los grupos anteriores.

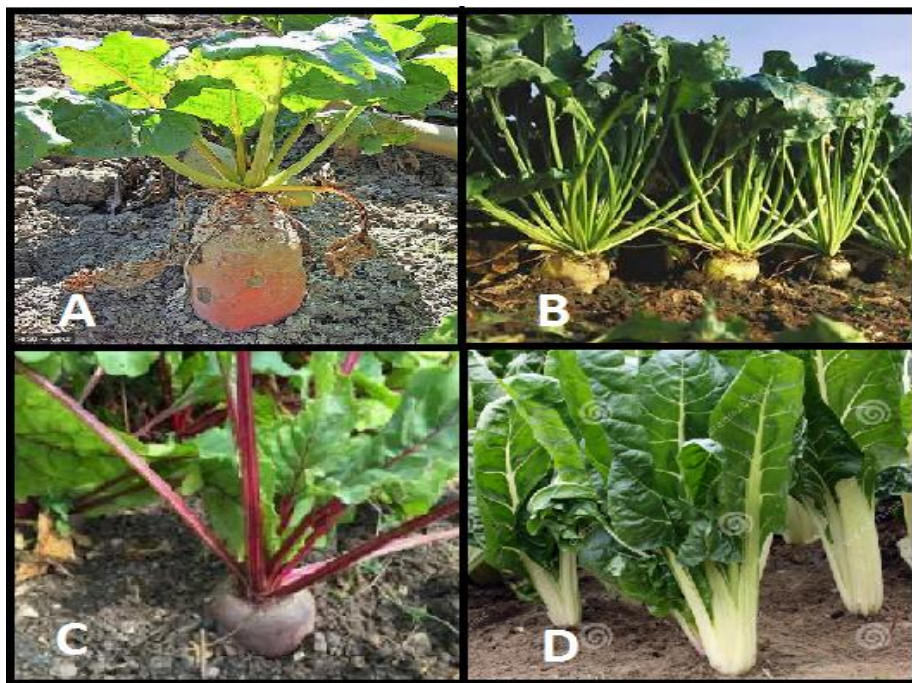


Figura No. 1. Características taxonómicas de los grupos

Fuente: Lange et al. (1999).

2.1.2. Origen y distribución actual de *Beta vulgaris*

Robles, citado por Flores (2014), menciona que el centro de origen primario de *B. vulgaris* L. se sitúa en las costas occidentales de Europa, cuenca del Mediterráneo, Asia Central e islas Canarias, encontrándose materiales silvestres de la especie (*Beta vulgaris* subesp. marítima).

La remolacha forrajera posiblemente haya nacido en el siglo XVIII en Prusia, donde en la época ya se cultivaban variedades primitivas de remolacha azucarera como alternativa a la obtención de glucosa proveniente de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

En general, es aceptada la hipótesis del surgimiento de la remolacha forrajera como un cruzamiento entre la remolacha azucarera cultivada en Prusia y un tipo de remolacha (Mangel) utilizada en ese momento para almacenar alimentos (Claridge, citado por Matthew et al., 2011).

En la actualidad, la remolacha forrajera está distribuida como cultivo en las regiones de clima templado-frío del mundo, hasta los 55° Norte (Vázquez, 2010).

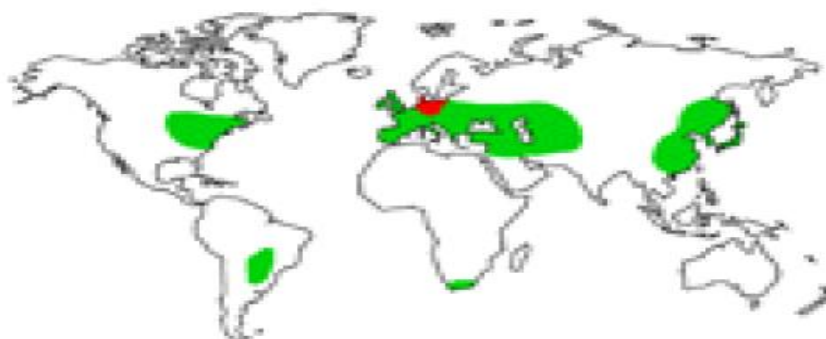


Figura No. 2. Centro de origen (rojo) y distribución actual (verde) de *B. vulgaris* L.

Fuente: Vázquez (2010).

2.2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE *B. vulgaris* L.

Beta vulgaris sp. es una dicotiledónea bianual de la familia Chenopodiaceae, en el primer año completa su ciclo vegetativo formándose una roseta de hojas y una raíz tuberizada, responsable de la acumulación de reservas (León, 2015).

En el segundo año, luego de entrar en un receso invernal y de cumplir los requerimientos de vernalización, se produce el alargamiento del tallo y la floración

(espigado), completando el ciclo reproductivo con la formación de la semilla (León, 2015).

Desde el punto de vista productivo, la etapa vegetativa es la más importante ya que el producto final de interés es el órgano vegetativo de reservas y el follaje. A la etapa reproductiva se le reserva únicamente el interés por la producción de semillas.

De acuerdo con Gallego et al. (2019), la remolacha se desarrolla en climas templados y húmedos, y de gran luminosidad, factores de efecto positivo sobre la acumulación de azúcares e indirectamente en el rendimiento de materia seca de la raíz.

Otra característica de *Beta vulgaris* L., es su tolerancia relativa a la salinidad de los suelos en etapas avanzadas del cultivo. Sin embargo, durante el desarrollo inicial del cultivo (germinación-formación de corona) la especie no tolera los niveles alto de salinidad (Gallego et al., 2019).

La remolacha es una de las pocas especies de plantas superiores que utilizan la sacarosa como molécula para almacenar el exceso de carbono a largo plazo (León, 2015).

2.2.1. Características morfológicas

Sus características morfológicas se describen como planta de raíz napiforme, carnosa, con piel amarilla o blanca dependiendo de la variedad. Cuenta con un tallo herbáceo en el cual se insertan hojas alternas de color verde y forma ovoide sostenidas por peciolo largos y anchos.



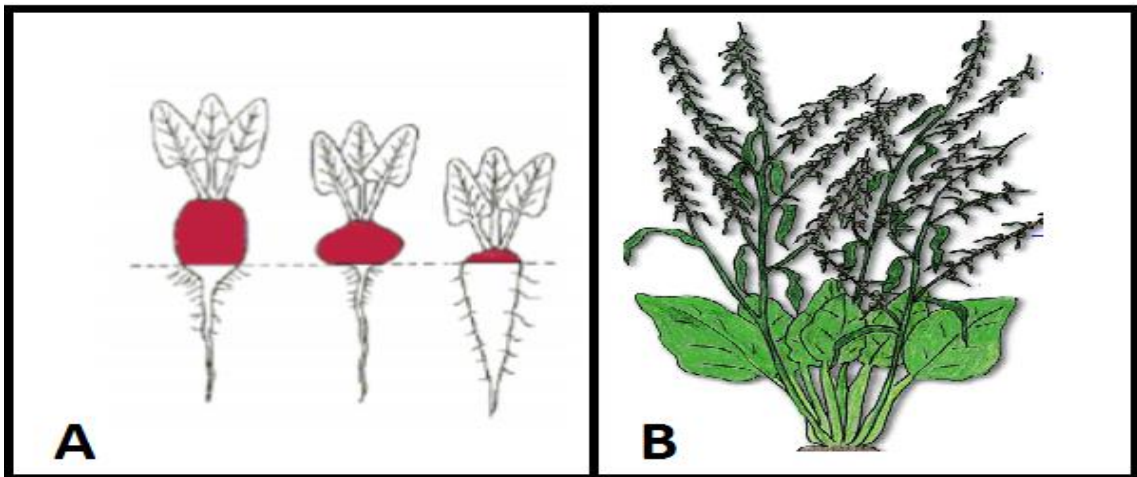
Detalles de peciolo (A), forma de hojas (B), formas y colores de la raíz (C).

Figura No. 3. Características morfológicas de *B. vulgaris* L.

Las raíces de la remolacha forrajera tienden a estar menos enterradas que la de la azucarera (hasta $\frac{2}{3}$ por encima del nivel del suelo, Figura No. 3 A), las hojas nacen en una

roseta horizontal brindando una mejor intercepción de radiación en etapas iniciales del crecimiento (ADBFM, 2009).

Las inflorescencias están agrupadas en racimos, flores pequeñas de color verdoso, diclinas, con 5 sépalos libres, anteras globosas, dehiscencia longitudinal, los cinco nacen de la base del ovario, el pistilo es simple, tres estigmas sésiles, ovario súpero, deprimido, el fruto es monogérmico o multigérmico y las semillas son negras y muy pequeñas (Robles, citado por Flores, 2014).



Cuadrante (A), izquierda-remolacha forrajera, centro-remolacha de mesa, derecha-remolacha azucarera, cuadrante (B) planta en etapa reproductiva.

Figura No. 4. Crecimiento de la raíz de *Beta vulgaris* L. y planta en etapa reproductiva

2.2.2. Germinación, emergencia e instalación de cultivo

La germinación, como concepto general para todas las especies, comienza con un proceso físico conocido como imbibición de la semilla (entrada de agua) y termina cuando sucede la emergencia-instalación de la plántula (Pita y Pérez, 1998).

Frente a un estrés ambiental durante la fase inicial (déficit hídrico, temperaturas no favorables o falta de oxígeno debido a un exceso hídrico) puede ocurrir la deshidratación de la semilla como mecanismo de escape, volviendo a su estado inicial.

La semilla totalmente hidratada, inicia la fase de “germinación estricta” que se caracteriza por una menor absorción de agua y una activación generalizada del metabolismo de la semilla. En la última etapa de la germinación, llamada fase de crecimiento, se acelera la actividad metabólica, ocurre el crecimiento y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales la cual dependerá de la movilización de reservas. A partir de este momento, si ocurre un estrés ambiental la semilla no tiene

capacidad de revertir los procesos ya iniciados, siendo el resultado la muerte de esta (Pita y Pérez, 1998).

García et al. (s.f.), mencionan en forma general que las altas concentraciones de oxígeno (O₂) en suelo favorecen a la germinación debido a que, en la última fase de este proceso, las reservas de la semilla son transformadas en energía (ATP) mediante la respiración aerobia, la cual tiene como aceptor final de electrones al oxígeno.

En caso de ausencia de (O₂) se imposibilita la respiración celular del embrión y por tanto se interrumpe la germinación (García et al., s.f.).

La temperatura, es otro factor que afecta a la germinación y se diferencia por rangos, se considera temperatura óptima a aquella que conduce a la mayor tasa de germinación. Los máximos y mínimos definen los límites del rango en el cual es posible el proceso (Caroca et al., 2016).

El rol de la temperatura sobre las enzimas involucradas es regular la velocidad de los procesos bioquímicos que ocurren durante la germinación. Desde el punto de vista agronómico, la temperatura del suelo es menos variable, por lo cual se utiliza como indicador del mejor momento de establecimiento de un cultivo (Rajjou, citado por Caroca et al., 2016).

En tal sentido, la temperatura del suelo para la germinación de la semilla de remolacha forrajera no debe ser inferior a 10°C (IANSAGRO, 2007) mientras Flores (2014), menciona la remolacha puede germinar en el rango de 4-9°C. Gummerson, citado por Baca (2015), menciona que la temperatura base para la germinación de *B. vulgaris* L. es de 2-5°C.

En cuanto a la temperatura ambiental, Kaspari, citado por Rojas et al. (2018), afirma que la “remolacha” puede germinar a 5°C, pero toma alrededor de 40 días, y que puede reducirse a 5 o 6 días, si la temperatura aumenta hasta 21 - 27°C. Por otra parte Yuste, citado por Ruiz et al. (2013), menciona que el rango óptimo germinación se da entre 20-25°C.

Superada la etapa de germinación, con la consecuente aparición de la radícula, acontece la emergencia la cual ocurre mediante la elongación del hipocótilo hasta la superficie, donde se desarrollarán dos cotiledones y posteriormente dos hojas verdaderas (Flores, 2014).

Según Percival y Bond, citados por Matthew et al. (2011), en siembras de septiembre-octubre los cotiledones aparecen en 1-2 semanas post siembra, mientras que en siembras más precoces demora de 2-3 semanas.

Flores (2014), trabajando con cultivares de *B. vulgaris* var. crasa, menciona que la emergencia finaliza en promedio a los diez días luego de la siembra y que la instalación del cultivo, considerada como el momento en que la planta es capaz de mantenerse por sí sola, se alcanza en estadio 5 hojas verdaderas y raíz principal 15 cm, a los 30-35 días post-siembra.

2.2.3. Desarrollo del área foliar y crecimiento de la raíz

A partir de la 5-6ta hoja verdadera, en la cual se considera terminada la etapa de plántula, se inicia un crecimiento foliar activo a partir de la corona, juntamente con un desarrollo radicular que brinda soporte al crecimiento (UC).

Las primeras hojas aparecidas en esta nueva etapa tienden a desarrollarse con un porte algo horizontal, similar a una “roseta” lo cual aumenta la exposición a la luz, pero luego toman el porte erecto característico de la especie. El crecimiento individual de la hoja y su peciolo va aumentando hasta la aparición de la hoja número 20, a partir de la cual se estabiliza el tamaño. El máximo tamaño de hoja se alcanza en promedio 12-13 días después de su aparición (UC).

En la remolacha azucarera (*B. vulgaris* var. altissima) alcanza la cobertura total del dosel entre las semanas 8 y 9 de instalado el cultivo (10 semanas desde la siembra), siendo la temperatura el factor de mayor incidencia sobre el desarrollo foliar con un óptimo de 24°C (León, 2015).

Martin (1986), menciona que el tiempo necesario para lograr un IAF óptimo con una intercepción del 80-90% de la radiación incidente, se da en promedio a los 90 días.

El logro de un IAF óptimo, con hojas de alta eficiencia en el uso de la radiación, en el menor tiempo posible y que además coincida con los días más largos del año, debería ser el objetivo principal a perseguir, para obtener altos potenciales de rendimiento.

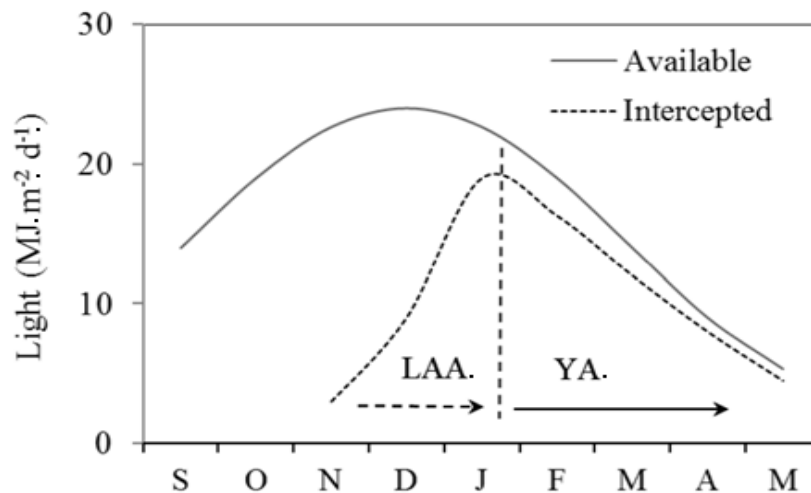


Figura No. 5. Radiación incidente en función del mes (MJ. m². d⁻¹.) y radiación interceptada (MJ.m². d⁻¹.) según IAF en dos etapas del cultivo

Fuente: Matthew et al. (2011).

En la gráfica de la Figura No. 5, se denotan dos etapas, LAA. corresponde a la fase de acumulación foliar la cual llega a su máximo desarrollo aproximadamente a los 90 días, e YA. corresponde a la acumulación de rendimiento.

Flores (2014), menciona que a los dos meses del cultivo hay una partición de asimilados equitativa hacia la parte aérea y sistema radicular, a los 4-5 meses ocurre una disminución en la producción foliar pero la raíz sigue un crecimiento lineal, deteniendo la acumulación total de biomasa a los 5-6 meses.

Tanto las hojas como raíces son fuente de forraje para el ganado, sin embargo, la raíz de la remolacha es el componente de mayor aporte en kg. de materia seca por hectárea. Por esta razón, en términos generales, parece interesante conocer cómo evoluciona el crecimiento radicular de la remolacha forrajera y más específicamente la evolución de la tasa de crecimiento, la cual de cierta forma estaría pautando el momento de iniciar un pastoreo.

El cultivo de remolacha en general, si bien debe cumplir con ciertos aspectos relacionados a la calidad, lo importante es alcanzar el máximo rendimiento, lo cual significa mejores ingresos económicos por unidad de producción (Martin, 1981). El mismo autor realiza una serie de evaluaciones, en la cual recolecta datos de evolución del peso de la raíz, concentraciones de azúcares y rendimientos máximos alcanzables de remolachas azucareras y forrajeras, de las cuales se centrará en los datos de esta última.

El estudio se realizó con dos variedades de remolacha (monoblanc e yellodaeno) instaladas en tres localidades (Lincoln, Templetom y Lestom). La variedad monoblanc estaba presente en todas las localidades, mientras que yellodaeno se encontraba únicamente en Lincoln.

Mediante el muestreo semanal de materia fresca, durante la etapa de desarrollo radicular, se obtuvo una serie de datos por variedad y localidad, los cuales se presentan en la Figura No. 6 mediante un gráfico de dispersión.

Al aplicar una línea de tendencia a los datos de crecimiento radicular presentada por Martin (1981), los mismos ajustan a una función cuadrática ($-1,312x^2 + 23,206x - 13,843$) con un R^2 de 96%.

Esta función se utilizará como la evolución teórica de acumulación de materia fresca, en base a los datos presentados por el autor y a partir de ella se diseñará la tasa de crecimiento del cultivo. Es importante aclarar que el valor (x) comprende un lapso de 30 días de crecimiento (1 = 30 días) ya que los datos disponibles, si bien se recolectaron de forma semanal, el autor los presenta como el crecimiento radicular acumulado mensualmente.

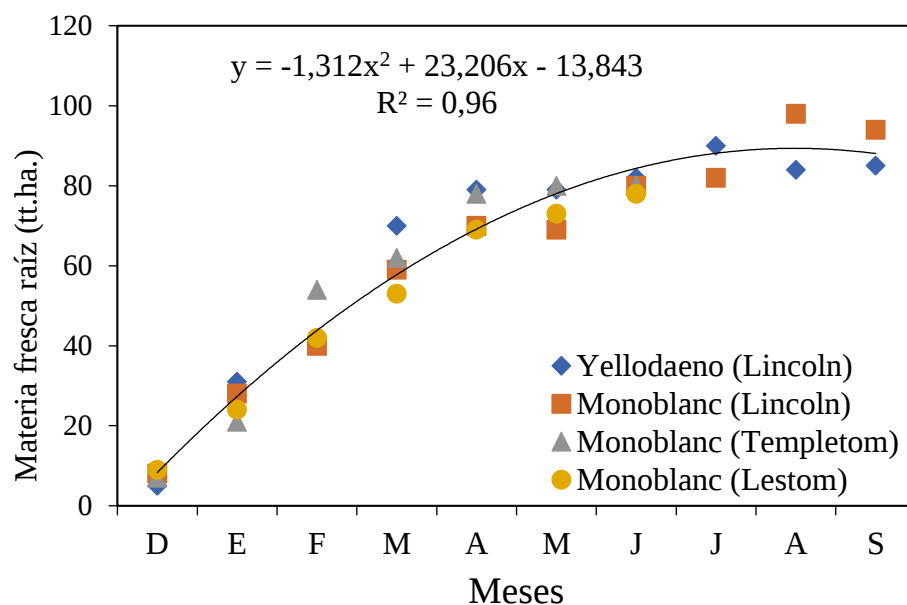


Figura No. 6. Evolución del peso fresco de la raíz de dos variedades de remolacha forrajera en función del tiempo

Fuente: adaptado de Martin (1981).

La siguiente figura sugiere, de forma teórica, la evolución de la tasa de crecimiento radicular de la remolacha forrajera expresadas en kilogramos de materia fresca y materia seca por hectárea y por día (Figura No. 7).

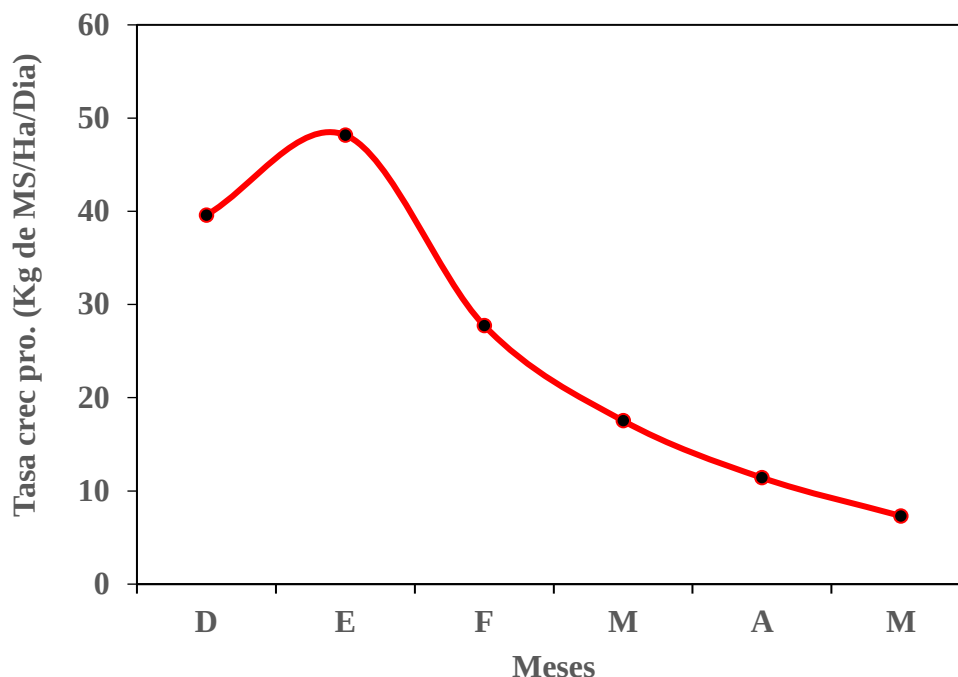


Figura No. 7. Tasa crecimiento promedio radicular de remolacha forrajera

Fuente: adaptado de Martin (1981).

Dada las condiciones experimentales en las cuales se obtuvieron estos resultados (ver en Anexo No. 1) parecería aceptable su extrapolación a las condiciones de Uruguay.

De acuerdo con el crecimiento radicular acumulado (Figura No. 6), y tasa promedio de crecimiento radicular (Figura No. 7) de la remolacha forrajera, se observa que la partición de asimilados hacia la raíz inicia en el mes de diciembre, es decir, 60-80 días post siembra.

En enero (90-100 días post siembra), se da un pico máximo en la tasa promedio de crecimiento explicado posiblemente por un área foliar que ha logrado un IAF óptimo y de alta eficiencia en el uso de la radiación. Posteriormente la TCP empieza a disminuir paulatinamente, determinando que la curva de acumulación de materia fresca en raíz empiece a aplanarse.

En base a la ecuación presentada en la Figura No. 6, es posible mencionar que la remolacha forrajera se caracteriza por un crecimiento radicular que se podría caracterizar en dos etapas. La primera representada por una acelerada tasa de crecimiento que para el mes de mayo acumula un 80% del rendimiento final, y la segunda etapa está representada por un crecimiento muy lento hasta finalizar el ciclo de la especie.

De este modo, queda clara la importancia que cobran los factores agronómicos tales como el control de malezas, fechas de siembra, fertilizaciones entre otros, que logran situar al cultivo en las mejores condiciones posibles durante esta primera etapa “crítica”.

Debe aclararse que en los datos aportados Martin (1981) no está considerada el aporte en kg. de MS/ha. de las coronas, lo cual suma aproximadamente 1300 kg. de MS.

2.3. FACTORES AMBIENTALES QUE INDICEN EN EL RENDIMIENTO DE *Beta vulgaris* L.

2.3.1. Temperatura

Martin, citado por Matthew et al. (2011), indica que la remolacha forrajera se siembra tradicionalmente en primavera y se pastorea en otoño y/o invierno, desarrollándose de manera aceptable en climas templados, y de alta luminosidad.

Gallego et al. (2019) mencionan que la remolacha se desarrolla en climas templados y húmedos y de gran luminosidad, factores que favorecen la acumulación de azúcares e indirectamente el rendimiento de materia seca de la raíz.

Según Cásseres, citado por Vázquez (2010), la temperatura es un factor importante para el desarrollo del cultivo, siendo en general de 15 a 18°C el rango medio, similar a otras especies del género *Brassica spp.*

La germinación tiene una temperatura del aire óptima en torno a los 20-25°C o temperatura del suelo superior a 8°C (ADBFM, 2009).

El crecimiento foliar se acelera a su máxima tasa cuando la temperatura media es cercana a los 24°C, mientras que las raíces expresan su máximo crecimiento a temperaturas menores, entre 17 y 24°C (Terry, citado por León, 2015).

En cuanto a las máximas temperaturas de desarrollo, el follaje no tolera temperaturas superiores a los 32-33°C, mientras las raíces llegan a soportar hasta los 40°C sin detener su desarrollo (Gallego et al., 2019).

2.3.2. Heladas y mecanismo de defensa de la especie

La remolacha forrajera se clasifica dentro de las especies de menor susceptibilidad a las heladas, siendo una planta muy rústica capaz de soportar climas muy fríos. Sin embargo, dicha tolerancia se logra cuando la planta ha desarrollado 2 a 3 hojas verdaderas (Robbins y Price, citados por Rojas et al., 2018).

Durante la implantación, con temperaturas bajo cero, ocurren daños en planta, cuando estas se encuentran recién emergidas (ADBFM, 2009).

La concentración de los solutos K^+ , Na^+ , y NH_4^+ contribuyen a una alta tolerancia a las heladas de la "remolacha", aunque no así la concentración de azúcares (Reinsdorf et al., citados por Rojas et al., 2018).

Estudios realizados en zonas altoandinas del norte del Perú indican que, bajo condiciones de heladas prácticamente diarias, el cultivo de remolacha forrajera ha sobrevivido y producido rendimientos aceptables (Rojas et al., 2018).

Es interesante mencionar que, durante la etapa de evaluación a nivel de campo de esta tesis, el cultivo estuvo bajo condiciones de heladas (junio-julio 2018), sin mostrar efectos negativos sobre la mismo, por lo cual es una observación que justifica lo discutido anteriormente.

La alta resistencia a las heladas es una cualidad destacable de la remolacha forrajera, lo cual resulta de alto valor estratégico, posibilitando la producción de un suplemento energético en un momento donde las pasturas se caracterizan por un desbalance energético-proteico.

2.3.3. Disponibilidad hídrica

Como en cualquier otro cultivo o pastura, el agua es el factor que más influye sobre el rendimiento de la remolacha forrajera, sin embargo, mantener el suelo con una humedad acorde a los requerimientos del cultivo, conlleva mucho esfuerzo, ya que el contenido de agua es afectado por la climatología de la zona, tipo de suelo, equipos de riego, entre otros.

Existe concordancia entre autores de que las necesidades hídricas son en promedio 500-600 mm de agua durante el ciclo vegetativo, de los cuales al menos 20-50 mm son necesarios para la etapa de germinación. Siendo la etapa de plántula muy susceptible al estrés hídrico, es recomendable efectuar riegos de 3 a 10 mm post-siembra hasta concretar la implantación (Tituaña, 2011).

García, citado por Vázquez (2010), estima un requerimiento de 500 a 600 mm de agua durante el ciclo del cultivo remolachero. Donde pone de manifiesto la importancia de mantener el suelo húmedo de forma constante durante la etapa inicial del cultivo para garantizar altos porcentajes de germinación.

Las remolachas provienen de la especie *Beta marítima* tolerante a la sal, que presentan mecanismos especiales para combatir la sequía (Clarke, citado por León, 2015).

Uno de estos mecanismos es la producción de prolina, un aminoácido con función osmoprotectora que cumple básicamente dos funciones. La primera es la protección de las células contra subproductos tóxicos derivados de un estrés hídrico y la segunda, es fuente rápida de carbono y nitrógeno cuando la célula vuelve a la normalidad (Iannucci et al., citados por León, 2015).

A partir del momento en el cual el cultivo ha desarrollado un sistema radicular completo, la presencia de un déficit hídrico difícilmente determinará la muerte de plantas (Chakwizira et al., 2014), sin embargo, puede afectar de forma negativa el rendimiento debido a un cese del crecimiento del cultivo (Red Agrícola, 2016).

Una limitante hídrica baja la presión de turgencia de las células, aumenta la toxicidad de los iones e inhibe la fotosíntesis. Cuando las células vegetales experimentan déficits hídricos, se produce la deshidratación celular. Esto afecta muchos procesos fisiológicos básicos, determinando mermas en el rendimiento (Taiz et al., citados por León, 2015).

Las remolachas azucareras son más sensibles a la escasez de agua en las primeras etapas de crecimiento, pero su pico de consumo de agua llega cuando el IAF es máximo (Rinaldi y Horemans, citados por León, 2015).

2.4. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS Y DE NUTRIENTES

2.4.1. Generalidades del cultivo

La remolacha forrajera se caracteriza por ser un cultivo “rústico” en muchos aspectos, sin embargo, es muy exigente en cuanto a suelos. Requiriendo que los mismos sean fértiles y profundos, con buena capacidad de almacenaje, bien estructurados, con texturas livianas (franco-arenosos), que facilitan el anclaje de la raíz. El drenaje es otra característica importante, ya que el exceso de agua en la zona radicular favorece el desarrollo de enfermedades (ver en Anexo No. 2) principalmente daño por *Fusarium spp.*

El rango óptimo de pH oscila entre 6.5 y 7.5 siendo muy sensible a la acidez del suelo, por lo cual en caso de pH ácidos se recomienda el encalado. Varios autores mencionan que es posible producir remolacha en suelos con pH hasta 8,5, sin embargo,

puede haber trastornos en la absorción del hierro, manganeso y sobre todo del boro, con efectos negativos sobre la calidad y rendimiento del cultivo (FDA, 1995).

Un buen plan de fertilización debe tener en cuenta el extenso ciclo vegetativo que presenta la remolacha (5-7 meses), el cultivo antecesor a la remolacha, la fertilidad natural del suelo, los rendimientos esperables para un ambiente determinado, entre otros. Por otra parte, deberá considerarse el uso de fuentes nutritivas solubles, de asimilación rápida y de acción prolongada, lo cual probablemente no se logre fácilmente a base de fertilización química, siendo de suma importancia contar con buena fertilidad natural o en su defecto con la incorporación de estiércol orgánico previo a la siembra.

La información bibliográfica disponible en cuanto a los requerimientos de nutrientes del cultivo de remolacha forrajera (Cuadro No. 1) es muy escasa y en cierta medida discordante. Sin embargo, se presenta dicha información en este trabajo, contemplando además requerimientos nutricionales de remolacha azucarera. Es importante aclarar que no se encontró información de niveles críticos para producción de remolacha forrajera.

Cuadro No. 1. Requerimientos de nutricionales del cultivo de remolacha forrajera (kg. de nutriente/tt. de MS)

Nutrientes	Vallarías (1999)	Robles (1985)	Joordens Zaden	ADBFM.	Demagnet y Canales (2020)	Fertiberia Remolacha Azucarera
N.	17	17.4	7.5	15-20	9	13,8
P205.	7.5	10.4	5.1	8 a 9	9	6,1
K2O.	17.3	30.5	18	30-35	3	28,3
S.			1.5			
Mg.	5.4	1.5	5		0,05	
Boro (kg.)		0.15			1,5	

Fuente: Villarías (1999), ADBFM (2009), Robles, citado por Flores (2014), Demagnet y Canales (2020), Fertiberia Remolacha Azucarera (2021).

Una deficiencia de nitrógeno (N) ocasiona que las plantas sean de menor tamaño que lo normal, con un menor número de hojas, así como una vida media foliar más corta. La falta de fósforo (P) y potasio (K) conducen a deformaciones de la raíz y menor crecimiento de la planta.

En cuanto a los microelementos, el de mayor importancia es el boro (B) que en cantidades limitantes para el cultivo puede generar áreas oscuras o negras (ver en Anexo No. 3) que puede determinar pérdidas de plantas (FDA, 1995).

2.4.2. Macronutrientes

Se definen macronutrientes primarios esenciales a aquellos que frente a su ausencia el cultivo no puede cumplir su ciclo de vida y que son requeridos en grandes cantidades (macros), por lo cual es probable que haya deficiencia de estos (primarios). Dentro de este grupo se encuentran el nitrógeno (N), fósforo (F) y potasio (K).

Considerando rendimientos objetivos de 20 a 22 toneladas MS/ha. se requieren aproximadamente 300 unidades de nitrógeno por hectárea (Cuadro No. 1).

Debido a la problemática de la lixiviación de nitrógeno en los suelos, es aconsejable fraccionarlo, incorporando a la siembra 30-50 unidades de este, juntamente P y K.

Para el nitrógeno restante, puede tomarse la textura del suelo como criterio de fraccionamiento, realizando un mayor número de aplicaciones en suelos de texturas livianas debido a su mayor potencial de lixiviación.

Según FDA (1995), se recomienda hacer al menos dos aplicaciones de (N), post siembra, cuando el cultivo presente 4 y 12 hojas verdaderas, respectivamente.

La incorporación de (N) y en menor medida de los nutrientes restantes, en etapas tempranas del ciclo, e incluso previo al cultivo como en el caso del (P), es necesaria debido a que la mayor tasa de absorción de nutrientes en este cultivo ocurre principalmente en los primeros 70 días post siembra. Esto, de cierta forma, define la eficiencia en la utilización del (N) debiendo realizarse la totalidad de aplicaciones antes del cierre de surco (Gordo, citado por León, 2015).

En la Estación Experimental Agropecuaria Valle inferior del Río Negro-INTA Argentina, durante el periodo estival 2017/2018 se llevó a cabo una serie de experimentos en remolacha forrajera, entre ellos el estudio de distintas dosis de (N) con el objetivo de determinar parámetros de fertilización nitrogenada en remolacha forrajera.

Cuadro No. 2. Tratamientos, porcentaje de MS de raíz, hoja y planta entera, composición morfológica y producción de materia fresca (tt./ha.)

Dosis (N)	Materia seca (%)			Composición morfológica		Materia fresca total (tt./ha.)
	Raíz	Hoja	Planta entera	% hoja	% raíz	
0	21.6	20.2	21.4 d	13.2 b	86.8 a	40.5 a
50	21.4	19.5	21.2 d	11.8 b	88.2 a	48.9 b
100	20.3	17.4	19.9 c	11.2 b	88.8 a	87.8 c
200	18.2	18.3	18.2 b	14.1 b	85.9 a	113.9 d
400	16.3	14.5	15.9 a	18.7 a	81.3 b	134.0 d

Fuente: adaptado de Gallego et al. (2019).

En el Cuadro No. 2 se puede observar que los mejores rendimientos 20.7 y 21.3 tt. de MS/ha se logran con dosis de 200 y 400 kg. de N., respectivamente. Visto de otra forma, el requerimiento de nitrógeno por cada tonelada MS producida es de 9.6 y 18.7 kg. de N/ tt. MS para N=200 y N=400 respectivamente.

Por otra parte, al aumentar la dosis de nitrógeno, el rendimiento crece en términos absolutos hasta 400 N/ha., sin embargo, estadísticamente no hay diferencias significativas entre tratamientos N=200 y N=400.

Existe una tendencia a aumentar la relación hoja/raíz con dosis altas de (N) en comparación con dosis menores, lo cual se relaciona con una menor movilización de (N) entre hojas y por ende menor senescencia, lo que se puede evidenciar a través del %MS de las hojas (Cuadro No. 1) que tiende a disminuir.

Gallego et al. (2019) también obtienen resultados de la respuesta aparente del uso de nitrógeno, expresados como kg.MS/kg. de N, los cuales se obtienen mediante el cálculo:

$$(\text{kg.MS/ha. de T1...Tx} - \text{kg.MS/ha. testigo}) / (\text{kg. N aplicados})$$

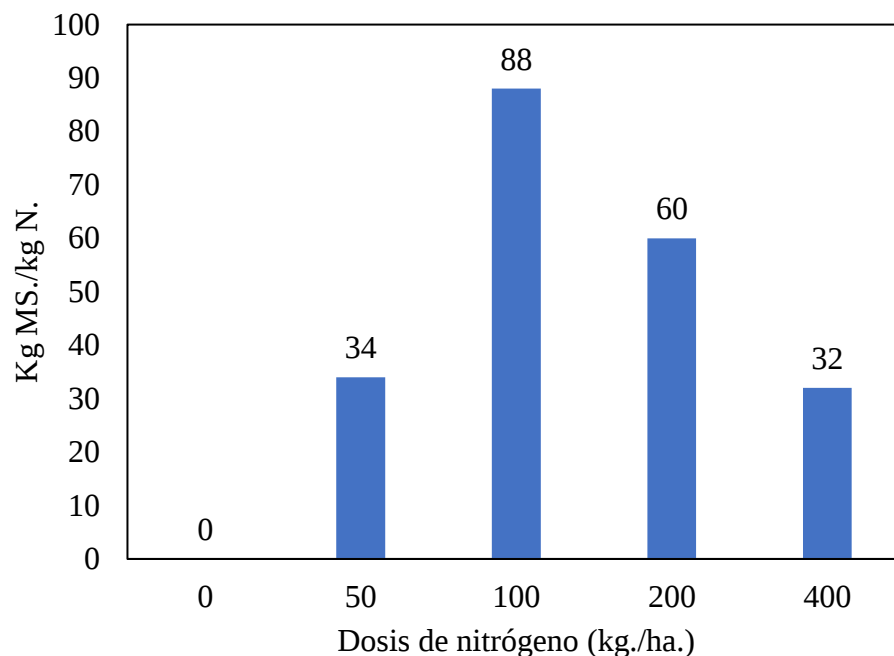


Figura No. 8. Respuesta aparente en el uso de distintas dosis de nitrógeno

Fuente: adaptado de Gallego et al. (2019).

La dosis de (N) a la cual se logra optimizar el uso del nutriente por cada unidad de biomasa producida, es de N=100, para las condiciones del experimento.

Con dosis menores a N=100 se ve afectado negativamente el rendimiento y la respuesta a la fertilización, mientras que con dosis por encima de N=100 aumentan rendimientos, pero la respuesta tiende a disminuir.

En síntesis, existe un óptimo biológico en N=100 mientras que el óptimo económico, surgirá de un punto de equilibrio entre el costo del fertilizante prorrateado dentro de los costos totales del cultivo y valor de la materia seca producida traducida a kilos de carne/kg de MS consumida.

Por otra parte, fertilización fosfórica y potásica se realizan, si la sembradora lo permite, juntamente con la siembra del cultivo, o mediante fertilización en cobertura e incorporación mecánica del fertilizante al suelo. En el cultivo de remolacha la eficacia fisiológica del fósforo se manifiesta principalmente en los estados juveniles de la planta, siendo recomendable incorporar el fósforo al suelo lo más temprano posible, con el objetivo de llegar a la postsiembra con un adecuado contenido de fósforo asimilable en el suelo (Morillo-Velarde et al., s.f.)

León (2015) menciona que el (P) acelera el desarrollo durante la fase juvenil del cultivo. Además de ser el principal constituyente de los ácidos nucleicos y de los fosfolípidos, siendo también, un elemento indispensable para todos aquellos procesos demandantes de energía.

El potasio juega un rol importante en la fotosíntesis, en el transporte de la foto asimilados hacia los órganos de reservas y sobre la arquitectura de la planta. Es el nutriente de mayor requerimiento por tonelada de MS producida, siendo necesario aproximadamente 25 a 30 kg. de K₂O/tt. de MS (Estrada, citado por León, 2015).

En los macronutrientes secundarios esenciales, que son aquellos de menor probabilidad de escases en el suelo (secundarios) debido a que son requeridos en menor cantidad que los primarios, se encuentra el azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

La deficiencia de (S) causa amarillamiento en hojas viejas, mientras que las hojas jóvenes se mantienen verdes, sin embargo, aparecen manchas pardas en sus peciolo lo cual ocurre también en los peciolo de las hojas más viejas (KWS, 2016).

Como se mencionó en el Cuadro No. 1, se requieren de aproximadamente 30 a 40 kg de S/ha para un cultivo objetivo de 22 tt de MS/ha. La fuente de azufre puede ser la urea azufrada.

En cuanto al calcio (Ca), las limitaciones ocurren en suelos con pH bajos, afectando directamente el rendimiento. Los síntomas por deficiencia de este nutriente aparecen como deformaciones en hojas jóvenes que se curvan hacia abajo (forma de cuchara) y cuando la carencia es alta, ocurre una necrosis en los bordes de la hoja. En la raíz se puede observar un color pardo en los vasos conductores, además de una detención en el crecimiento radicular (KWS, 2016).

El efecto negativo de una limitante de esta nutriente muestra con claridad la importancia de corregir el pH a 6,5 a 7,5 como se mencionó anteriormente. El magnesio (Mg), podría verse limitado en situaciones de exceso de humedad, suelos ácidos, o frente a altas concentraciones de K y Ca. Los síntomas de deficiencia se presentan como amarillamiento entre nervaduras de las hojas, empezando desde el borde hacia el centro de la hoja, momento para el cual los bordes se ennegrecen, se secan y se resquebrajan (KWS, 2016).

Según Vallarias, citado por Tituaña (2011), el cultivo de remolacha requiere entre 20 a 45 kg. de Mg por hectárea.

Es bien conocido que la dolomita, material utilizado para encalar suelos ácidos, es portadora de magnesio, siendo una fuente útil de magnesio en aquellos casos que se requiera del encalado (del Pino, s.f.).

2.4.3. Micronutrientes

Los micronutrientes boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni) y zinc (Zn) son requeridos en cantidades menores a los macronutrientes, pero su ausencia puede condicionar el rendimiento y calidad de los cultivos.

El (B) es el micronutriente de mayor importancia en el cultivo de remolacha forrajera, participando en el metabolismo de los ácidos nucleicos, síntesis de proteínas y en el transporte de sacarosa. Una carencia leve de (B) genera, ennegrecimiento y muerte de hojas jóvenes, observándose posteriormente manchas marrones en los peciolo de las hojas más viejas (Agroes, s.f.).

En situaciones donde la concentración de (B) no compensa los requerimientos del cultivo, los síntomas visibles son oquedades en la corona y ennegrecimiento de los haces vasculares de la raíz, conocido como corazón negro (ver en Anexo No. 3), afectando la calidad (no palatable) e indirectamente al rendimiento (Agroes, s.f.).

Como se muestra en Cuadro No. 2 los requerimientos de (B) por cada tonelada de MS producida, se ubican entre 150 y 350 (g), coincidente con López et al. (2009) quienes expresan que las extracciones medias de (B) son de 275g/tt. de MS, estando el 70% concentrado en las hojas.

Según Tituaña (2011), es aconsejable fertilizar con Bórax a razón de 20 kg/ha juntamente con la fertilización fosfórica y potásica durante la siembra. El mismo autor expresa, que el manganeso (Mn) es un micronutriente de importancia para el cultivo, sin embargo, no es común encontrar deficiencia de este. Los síntomas, en caso de deficiencia, aparecerán como puntos color café oscuro y aparición de tonos amarillos en hojas jóvenes.

Cuadro No. 3. Comparación de los requerimientos nutricionales de remolacha forrajera con especies forrajeras convencionales y maíz para silo

Requerimientos por tonelada de materia seca (kg. nutriente/tt. de MS)								
	RF *	Maíz **	Raigrás **	Festuca **	Dactylis **	Alfalfa ***	T. rojo ***	T. blanco ***
N.	7.5-17.5	22	25	25	26	25-30	22	35
P ₂ O ₅	5.1-10.4	9.2	6.1	6.9	6.2	2,2- 3,3	2,7-3,2	3,4
K ₂ O	6.6 - 30.5	22.8	22.2	31.2	25.8	18-25	27	19
S	1.2-1.5	4	2.5	2.5	2.3	2,5-5	5-6	
Mg	1.5-5.4	3	3.6	2.5	2.3	2-3,7		
Ca		3	4.9	5.6		11-12,5		
Bo	0.08- 015	0.02				0,025		

*Requerimientos en base a datos de Cuadro No.1

** Fuente: adaptado en base a IPNI (s.f.).

*** Fuente: Fernando et al. (1999)

En síntesis, la remolacha forrajera, puede considerarse como un cultivo intensivo de altos rendimientos potenciales anuales, siendo sus exigencias nutricionales por tonelada de materia seca producida, similar con las forrajeras convencionales.

2.5. MALEZAS

La remolacha forrajera es sensible a la competencia por malezas, ya que presenta un lento desarrollo en etapas iniciales y un cierre de hileras tardío.

Un control de malezas sostenible en el tiempo consiste en manejar varios factores que tendrán influencia sobre las mismas, tales como, el clima, la historia de chacra, sistemas de siembras en secano o bajo riego, laboreo o siembra directa, etc. El control químico es una tecnología, que se puede aplicar bajo el conocimiento de la interacción de los factores mencionados anteriormente, en beneficio del cultivo.

En los cultivos de remolacha los mayores problemas son causados por las malezas de hoja ancha (ver en Anexo No. 4) ya que las malezas gramíneas son mejor manejadas por las rotaciones o pueden ser fácilmente eliminadas con el uso de herbicidas selectivos de aplicación foliar (FAO, s.f.).

Las especies de malezas que se pueden encontrar con mayor frecuencia en el cultivo de remolacha se presentan en el Cuadro No. 6.

Cuadro No. 4. Malezas de mayor frecuencia en el cultivo de remolacha forrajera

Hoja ancha	Gramíneas	Otros
<i>Amaranthus spp.</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Cyperus spp.</i>
<i>Anagalis arvensis</i>	<i>Echinocloa crus-galli</i>	
<i>Chenopodium vulvaria</i>	<i>Poa annua</i>	
<i>Fumaria officinalis</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	
<i>Portulaca oleracea</i>		
<i>Raphanus raphanistrum</i>		
<i>Solanum spp.</i>		
<i>Xanthium spp.</i>		
<i>Stelaria media</i>		
<i>Sida spp.</i>		

Podría considerarse en términos de largo plazo, el control de malezas mediante rotaciones de cultivo-pastura que conduzcan a una disminución en el banco de semillas del suelo y por lo tanto sembrar dicho cultivo en chacras limpias.

Una de las ventajas que conlleva la necesidad de laboreo convencional para la instalación de este cultivo, es la posibilidad de complementar métodos mecánicos y químicos dirigidos al control de malezas, conduciendo a una cama de siembra con menor incidencia de malezas.

La remolacha es una de la especie más sensible a los herbicidas residuales, que permanecen más de seis meses en el suelo. Entre los que causan más daños se encuentran

picloram (tordon), oxifluorfen (forest, goldex) y atrazina. Los síntomas de toxicidad en esta especie son evidentes, presentando retraso en la emergencia, coloración roja marrón, aspecto arrugado y opacidad (Al-Jbawi, 2020).

Es por esta razón que, para evitar problemas de toxicidad sería adecuado realizar una rotación de cultivos cada tres años, buscando colocar cultivos previos que requieran baja carga de herbicidas (Demanet y Canales, 2020).

Cuadro No. 5. Residualidad de los herbicidas para remolacha forrajera

Herbicidas	Tiempo mínimo entre aplicación y siembra
picloram, trifluralina	12 meses
atrazina, oxifluorfen	6 – 10 meses
metsulfurón metil	6 – 30 meses
acetaclor	3 meses
simazina	8 meses
nicosulfurón, triasulfurón	10-24 meses

Fuente: Demanet y Canales (2020).

El barbecho químico se hace utilizando solo glifosato, considerando que el periodo residual de la formulación líquida y granulada es de 1 y 4 días, respectivamente. Si se utiliza glifosato en mezcla con MCPA, es necesario considerar que no se puede sembrar remolacha forrajera en menos de 24 días y las mezclas con metsulfurón metil impiden las siembras en al menos 180 días. Ante la necesidad de combinar el glifosato con otros herbicidas para potenciar el control de hojas anchas es factible utilizar clopyralid (Demanet y Canales, 2020).

Como complemento del control químico, existe una serie de controles culturales a la hora de la siembra, tales como disminución en la distancia entre hileras, aumento de densidad de plantación y posterior raleo, así como una fecha de siembra más tardía con mayor temperatura ambiental que conduzcan a un rápido desarrollo inicial del cultivo.

El control químico de malezas en post siembra consiste en el uso de herbicidas selectivos, los cuales en general son escasos y a dosis altas son tóxicos para el cultivo, siendo una limitante.

2.6. PLAGAS

Hay varias plagas que pueden dañar a la remolacha forrajera, reduciendo el rendimiento potencial del cultivo, ya sea por la pérdida del stand de plantas, consumiendo tejido vegetativo o reproductivo, reduciendo la interceptación de radiación y el proceso de fotosíntesis, succionando asimilados y acelerando los procesos de senescencia y abscisión.

Los daños pueden ser minimizados al tener una rotación estable, buena nutrición del suelo y condiciones ideales para el semillero, en estas condiciones, el vigor del cultivo puede tolerar cierto grado de actividad de plagas. Si se manifiesta algún tipo de estrés, las plagas pueden tomar la delantera (Barenbrug, s.f.).

Para realizar un correcto manejo de plagas es necesario conocer la dinámica de poblaciones, a través de las propiedades del ambiente, los procesos de poblaciones (natalidad, mortandad y dispersión), de los individuos (genotipos y fenotipos) para entender las variables de estado de población (densidad, distribución, estructura de edades, forma de crecimiento).

Las principales plagas son escarabajos de la familia Elateridae (gusanos de alambre), las larvas normalmente ponen huevos en pasturas o en barbechos. Son particularmente frecuente después de praderas de 3°. o 4°. año. Los gusanos viven libremente en el suelo durante 2-3 años, su hábitat subterráneo los hace difíciles de controlar con insecticidas, el mismo debe realizarse a la siembra con cura semillas, o evitar la siembra si hay altas poblaciones (Barenbrug, s.f.).

Los escarabajos de la familia Chrysomelidae y tribu Alticini son otra plaga que se alimentan de las plantas de remolacha. Después de la emergencia, comienzan a verse daños, que pueden reducir el crecimiento de las plantas e incluso la pérdida de estas, dependiendo de la etapa de crecimiento. El daño es identificable fácilmente por "agujeros de tiro" característicos. A principios de la primavera, los adultos emergen y se alimentan plantas de remolacha recién emergidas. Los escarabajos son especialmente activos cuando la temperatura del aire es alta, pero dejan de alimentarse y regresan al suelo si la temperatura baja. Control se puede usar cura semillas, los tratamientos proporcionan una buena eficacia, también se pueden usar varios insecticidas, estos pueden ser combinados con algunos herbicidas pre y post emergencia (Barenbrug, s.f.).

Coleópteros de la familia Meloidae como el bicho moro (*Epicauta adspersa*) es una de las plagas de mayor impacto dentro del cultivo. Los adultos producen daños que consisten en defoliaciones (ver en Anexo No. 5) lo cual debilita a la planta afectando el rendimiento del cultivo (SINAVIMO, s.f.).

Los pulgones, afectan a la remolacha de forma directa mediante la succión de clorofila, e indirectamente debido a que son transmisores de virus. Las condiciones ambientales de baja humedad relativa y ausencia de precipitaciones favorecen su desarrollo (Barenbrug, s.f.).

Controlar el pulgón es la clave para evitar las enfermedades causadas por virosis, y para ello existen varios enemigos naturales que pueden limitar a una población de pulgones. El control químico consiste en el uso de insecticidas con principios activos como carbamatos, organosforados, neonicotinoides y piretroides que son de amplio espectro, no aconsejables por su daño a otras especies como abejas (Barenbrug, s.f.).

Los nematodos pueden limitar seriamente el potencial de rendimiento, pero también se evitan fácilmente mediante la rotación, cultivando remolacha cada cuatro años, esto rompe el ciclo de vida del nematodo. Cuando surjan problemas, los campos se pueden sembrar con otros cultivos que puedan "limpiar" una infestación, pero una buena rotación es realmente la única respuesta (Barenbrug, s.f.).

2.7. ENFERMEDADES

En Uruguay si bien la remolacha forrajera es un cultivo nuevo, está bajo una creciente amenaza de enfermedades. A nivel mundial, una serie de enfermedades ataca la remolacha forrajera u otras especies de la misma familia, y es probable que con el tiempo se observen algunas, o todas, aquí, mancha foliar por *Cercospora spp.*, *Ramularia spp.* y *Rhizoctonia spp.* son algunas que ya se encuentran.

La pudrición de la raíz además de reducir el rendimiento también reduce la calidad y palatabilidad de la remolacha forrajera, un importante componente alimenticio del cultivo (Bayer, 2018).

Cercospora beticola spp., los primeros síntomas son manchas circulares individuales foliares (3-5 mm), los centros de las manchas son de color marrón claro con bordes de color marrón oscuro a púrpura rojizo, se pueden ver manchas esporulantes (con aumento) bajo condiciones de alta humedad. Con la progresión de la enfermedad, las manchas se fusionarán, las hojas se volverán amarillas y luego marrón mientras permanece adherido a la planta. La mancha foliar por *Cercospora spp.* sobrevive en rastrojos, en algunas especies hospedadoras de malezas y en semillas. Las esporas se producen en primavera y estos son distribuidos por salpicaduras de gotas y por el viento, condiciones de humedad y altas temperaturas favorecen el desarrollo de la enfermedad (Bayer, 2018).

Mildiú polvoroso (*Erysiphe betae*), aparece por primera vez como pequeñas manchas superficiales, esas manchas son el micelio blanco y esponjoso. Los primeros síntomas generalmente se encuentran en la parte inferior de hojas, pero puede extenderse

rápidamente a toda la planta. Para invernar, el mildiú polvoriento debe poseer material vivo de remolacha (remolacha forrajera, remolacha azucarera, espinacas, acelgas, etc.) para sobrevivir. En la primavera, las esporas transportadas por el viento son responsables de la infección de nuevos cultivos con periodos de humedad y temperaturas de alrededor de 25°C siendo ideal para el desarrollo de la enfermedad (Bayer, 2018).

Roya de remolacha (*Uromyces beticola*), pústulas elevadas circulares pequeñas (1-2 mm) que son de color rojo anaranjado o marrón, estas se encuentran en ambos lados de la hoja y el tallo de la hoja y suelen tener un halo amarillo. Para invernar, el óxido de la remolacha debe tener material de remolacha viva (remolacha forrajera, remolacha azucarera, espinaca, acelgas, etc.) para sobrevivir. Desde principios de la primavera la planta de remolacha es susceptible al ataque de la roya de la remolacha, pero el ataque de final de temporada es el que tiene el mayor efecto. A finales del verano o principios del otoño, la roya de la remolacha puede aumentar muy rápidamente, haciendo que las hojas más viejas se marchiten y muere. El desarrollo de la enfermedad es favorecido por el clima fresco (16-20°C) y húmedo (Bayer, 2018).

Mancha bacteriana de la hoja (*Pseudomonas syringae* pv. aptata), Los primeros síntomas son pequeñas manchas marrones irregulares con un borde muy oscuro. Similar a aquellos producidos por *Cercospora spp.*, el borde oscuro y la falta de los cuerpos de esporas son diagnósticos. A medida que la enfermedad progresa las manchas de las hojas se unen entre las nervaduras de las hojas para producir grandes áreas muertas (Bayer, 2018).

2.8. ASPECTOS NUTRICIONALES DE *Beta vulgaris* L. Y SU IMPACTO SOBRE LA SALUD RUMINAL

El bulbo contiene menos de 15% de NDF y 40-60% de almidón, lo que lo hace apetecible, ese almidón fermenta rápidamente en el rumen generando problemas de acidosis, si no se agrega a la dieta, una fuente de fibra efectiva, como consecuencia, la transición de la vaca al pasar de pasturas a remolacha, debe ser manejada cuidadosamente para evitar casos clínicos de acidosis (Gibbs, 2011).

La acidosis es el resultado del desbalance ruminal originado por el ingreso de altas cantidades de hidratos de carbono de fácil digestión en general y de almidón en particular. La oferta de un sustrato abundante y de rápida degradación determina una marcada proliferación de los organismos que fermentan el almidón (flora amilolítica), lo que lleva a la producción de grandes cantidades de AGV (ácidos grasos volátiles). El incremento de las concentraciones intrarruminales de AGV trae como consecuencia directa un incremento de la acidez de su contenido, es decir una baja del pH ruminal (Sienra, 1999).

En condiciones normales el descenso de pH es amortiguado por la capacidad de absorción del epitelio ruminal, pasando los AGV al interior del organismo para ser utilizados en el metabolismo del animal. La capacidad de absorción del epitelio del rumen se relaciona con su grado de desarrollo y determina que los animales acostumbrados a dietas ricas en granos posean una capacidad de absorción muy superior a la que poseen animales que consumen pasturas.

La carencia de fibra efectiva en un alimento tiene un efecto negativo sobre la insalivación y por ende una disminución directa del pH ruminal (Sienra, 1999).

La disminución del pH debe ser considerada normal en animales alimentados con granos, siempre y cuando no se traspase la frontera de la normalidad. El progresivo descenso del pH por debajo de los valores mínimos considerados normales (6.0) desencadena una serie sucesiva de eventos que pueden culminar con la muerte de los animales afectados (Sienra, 1999).

Gibbs (2011), señala el rápido efecto que tiene la alimentación con remolacha forrajera sobre el medio ambiente ruminal, descendiendo de manera consistente y significativa el pH del rumen.

Otro aspecto nutricional para resaltar es el bajo contenido de proteína cruda, siendo en casos menores a 10% y más aún cuando las plantas presentan poca área foliar (ver en Anexo No. 6).

Una vaca de invernada requiere 12 % de proteína cruda por kilogramo de materia seca, vacas lecheras de alta producción (15 a 18 % de PC), valores estos que la tornan limitante para una dieta balanceada en cuanto a energía y proteína se refiere (Gibbs, 2011).

Es clave al formular la dieta con remolacha la elección de la fuente de fibra a usar, ya que debe actuar como fuente de fibra efectiva, estimular la rumia, aumentar la producción de saliva para amortiguar los cambios de pH en rumen y proporcionar los niveles de proteína requeridos por los animales. El uso de pasturas sería una buena alternativa para suplir las limitantes nutricionales de la remolacha forrajera (Gibbs, 2011).

Sin embargo, investigaciones realizadas con vacas fistuladas en sistemas comerciales de invernada, demostraron que no había diferencias significativas en la función del rumen entre un consumo *ad libitum* y uno restringido (por ejemplo, 8 kg. de MS) de remolacha, luego de cumplir con un periodo de transición adecuado, incluso con bajos porcentajes de fibra en la dieta (Gibbs, 2011).

Gibbs (2011), señala que el patrón de ingesta difiere entre una alimentación *ad libitum* y una restringida, donde el ganando en esta última, tiene ingestas más rápidas cuando ingresan a la parcela, mientras que sin restricciones son más lentas.

Como guía general, las vacas Holstein Friesian de estructura grande, logran consumir un máximo de 12 kg de materia seca de remolacha, y las razas cruzas como kiwi, alrededor de 10-11 kg, con otros 2-3 kg. de fibra (Gibbs, 2011)

Cuadro No. 6. Composición química de remolacha, rangos y media

Materia Seca (%)		Energía (Mcal./kg.MS)	FDN (%)	PC (%)	Ca (%)	P (%)
Hoja	9	2.8-2.9 (2,7)	46.9-12.4 (29.9)	11.4-25.9 (17)	0.39-3.9 (1.6)	0.06-0.4 (0.06)
Bulbo	23	2.95	7.8-14 (10.6)	5.1-13.4 (8.1)	0.01-0.05 (0.02)	0.08-0.38 (0.18)

Fuente: Gibbs et al. (2015).

Para un cultivo típico de RF de 20% de hoja, suministrando a razón de 8 kg. de MS/día y 5 kg MS/día de heno de paja (P = 0.06% MS, Ca = 0.35% MS), a vacas de raza Holstein Friesian de estructura grande se logra consumir 20.6 g/d de fósforo, mientras que el calcio no es una limitante (Gibbs, 2011).

Los niveles de fósforo en remolacha forrajera son típicamente bajos, por lo cual es posible que se requiera la suplementación de este nutriente, para aquellos casos en que la proporción de hojas este por debajo del 25% de la materia seca total (Gibbs et al., 2015).

Los estándares de alimentación (ARC, 1980) recomiendan para vacas lecheras de (gestación tardía) una ingesta mínima de P de 20 g/d., por lo que se puede ver la carencia de P con este tipo de dietas. Siguiendo con la dieta del ejemplo anterior, pero con Ca, la ingesta máxima será de 51 g/día lo cual es un nivel adecuado para dicha categoría. Una dieta equilibrada en Ca y P presenta una relación 1,5:1 lo que lleva a que la remolacha forrajera por sus niveles bajos de P sea un problema potencial, la relación Ca/P tiene sus implicancias a nivel metabólico, un proceso que se ve afectado por el Ca es la recuperación de Ca y P del tejido óseo, a nivel endocrinológico los procesos que liberan P y Ca almacenados en la vaca se ven afectados cuando el P es limitante y el Ca adecuado, habiendo en casos respuesta a la suplementación con calcio y en otros no (Gibbs, 2011).

Cuadro No. 7. Requerimientos nutricionales recría y engorde de novillos Holando

Peso	Ganancias	ENm	ENc	PM	PB	Ca	P
kg.	kg./día	Mcal.	Mcal.	kg.	kg.	grs.	grs.
350-400	0.3	6.86	1.06	0.408	0.609	18	11
	0.6	6.86	2.27	0.499	0.745	24	14
	0.9	6.86	3.54	0.587	0.876	30	17
	1.2	6.86	4.85	0.672	1.003	36	20

Fuente: adaptado de Mac Loughlin (2009).

En base a la caracterización química mencionada anteriormente (Cuadro No. 6) y los requerimientos de terneros y novillos de raza Holando de 350 a 400 kg. de peso vivo para ganancias en el rango de 0.3 a 1.2 kg/día (Cuadro No. 7) se puede mencionar que la combinación remolacha más heno logra cubrir de forma satisfactoria dichas demandas, sin embargo, el fósforo puede tornarse limitante.

Para terneros y novillos de raza Holando de 350 a 400 kg. de peso vivo, con ganancias diarias de 600 gr/día requieren de 24 y 14 gr de calcio y fósforo respectivamente (Mac Loughlin, 2009).

En base a la información mencionada anteriormente los requerimientos de fósforo y calcio para estas categorías alimentadas con remolacha forrajera serían suficientes.

2.8.1. Transición

La transición es el periodo más importante en bovinos alimentados con remolacha forrajera, siendo necesario la adaptación progresiva del rumen durante 21 días a la nueva dieta (Gibbs, 2011).

La transición comienza con la asignación de 1 a 2 kg. de MS de remolacha forrajera, los días siguientes en 2 kg. de MS cada dos días, hasta llegar a los 14 días con 9 a 10 kg. de MS de consumo de remolacha forrajera. El resto de los requerimientos del animal se complementan con una fuente de fibra, el primer día se recomienda un suministro de 8 kg. de MS día 1, para bajar a 4 kg el día 14, 2 a 3 kg el día 21, hasta lograr a un consumo ad libitum de remolacha forrajera en animales adultos (Gibbs, 2011).

El periodo crítico en la transición se ubica entre los días 7 y 14 ya que el animal tiene la capacidad de consumir la cantidad de remolacha que le sea suministrada según su peso vivo, pero el rumen todavía no (Gibbs, 2011).

Es en este periodo que ocurren los mayores problemas de acidosis, generalmente ocasionado por errores, como por ejemplo asignar un área mayor que la recomendada, descuidos como una ruptura de una cerca eléctrica o interpretar que el animal ya está adaptado a la dieta antes de lo esperable (Gibbs, 2011).

Cuando el rumen se adapta a la dieta, el consumo sin restricciones no tiene efectos que propicien la acidosis, pudiendo alimentar al animal solamente con remolacha forrajera (Gibbs, 2011).

La asignación del área a pastorear y la medición del disponible por hectárea con exactitud, son una necesidad para no ofrecer mayor oferta que la recomendada en la transición (Gibbs, 2011).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.1.1. Ubicación y período experimental

El siguiente trabajo se realizó en UdelaR. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”), Paysandú, Uruguay, en el potrero no. 31 A (latitud 32° 22′ 45, 96″ Sur y longitud 58° 03′ 54, 50″ Oeste) durante dos periodos comprendidos entre el 8 de noviembre de 2017 a 15 de agosto de 2018 y 10 de octubre de 2018 a 4 de junio de 2019, sobre una pastura de remolacha forrajera.

3.1.2. Suelos dominantes y asociados

Según la Carta de reconocimientos de suelos del Uruguay (Altamirano et al., 1976, escala 1:1.000.000), el área experimental se encuentra sobre la unidad San Manuel, correspondiente a la formación geológica Fray Bentos. Como suelos dominantes presenta brunosoles éutricos típicos (háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcilloso (limosa). Como suelos asociados se encuentran brunosoles éutricos lúvicos, de textura limosa y solonetz solodizados melánicos de textura franca. Estos suelos se desarrollan sobre lodolitas de la formación Fray Bentos (Bossi, 1969).

3.1.3. Antecedentes

El área donde se instala el cultivo en 2017 tiene como antecedente *Lolium multiflorum*, mientras que para el año 2018 en el área de chacra nueva el antecesor es un semillero de *Bromus auleticus* y lo correspondiente a chacra vieja se realizó sobre el rastrojo de la remolacha del año 2017/18.

3.1.4. Condiciones climáticas generales

La región donde se encuentra Uruguay presenta un clima templado subtropical, con precipitaciones anuales promedio entorno de 1170 mm, las cuales se distribuyen un 30% en verano, 28% en otoño, 18% en invierno, y 24% en primavera (Gomes de Freitas y Klassen, 2011). Los registros históricos recabados por la MDN. DNM (Ministerio de Defensa Nacional. Dirección Nacional de Meteorología), las temperaturas medias para todo el Uruguay son de 17.5°C, con una isoterma máxima de 19.0°C sobre Artigas y una mínima de 16.0°C sobre la costa atlántica de Rocha.

3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ENSAYO

3.2.1. Diseño experimental

Este trabajo de tesis no comprende un diseño experimental clásico con bloques y sus respectivos tratamientos. La conformación física del ensayo (diseño) persigue simular las características generales que se encuentran en un sistema comercial clásico, es decir, un potrero de dimensiones considerable con un único manejo (tratamientos = 0). Cabe recordar que el objetivo general de este trabajo fue, evaluar la posibilidad de producción de la remolacha forrajera en Uruguay dadas las condiciones ambientales, edáficas y de manejo.

3.2.2. Conformación del ensayo

Como se mencionó anteriormente, el experimento consta de dos periodos bajo evaluación (2017/2018 y 2018/2019) instalados en el potrero 31 A.

Para facilitar la comprensión del diseño de este ensayo, al primer año de evaluación se simbolizó con el código (A1.) con dos fechas de siembras (F1.) y (F2.) mientras que el segundo año (A2.) consta de una única fecha de siembra, representados en la Figura No. 9.

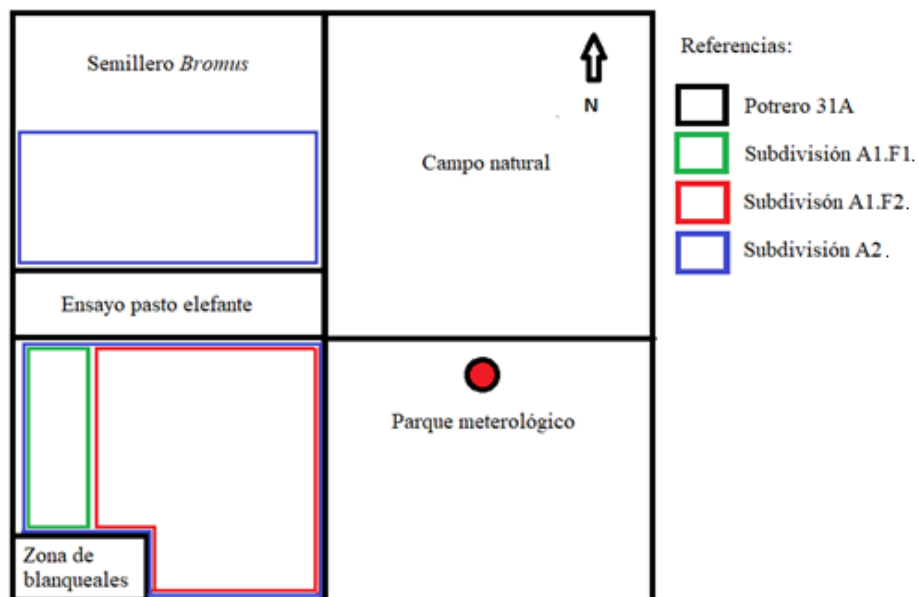


Figura No. 9. Croquis del área experimental

3.2.3. Fecha de siembra y área bajo evaluación

El día 8/11/2017 se inicia la instalación del ensayo sin embargo debido a la escasez de humedad en el suelo se decide detener la labor y postergar la fecha de siembra a espera de precipitaciones. Por defecto el ensayo queda dividido en dos fechas de siembra, la primera fecha (F1.) consiste en un área de 0,6 ha, sembrados en la subdivisión (A1.F1.) y la segunda fecha de siembra realizada el día 22/11/2017 en el área restante la cual consta de 2,7 ha, subdivisión (A1.F2.).

El total de hectáreas bajo evaluación durante el primer año consta de 3,3 hectáreas de cultivo de remolacha forrajera, además del campo natural (descrito en el croquis) que se utilizó como soporte de fibra para los animales, siendo este de 4 hectáreas. Es importante mencionar que no se realizó ningún tipo de estudio sobre el campo natural.

3.2.4. Barbecho químico, laboreos, fertilización y siembra

El barbecho químico inicia el 19 de septiembre con 3 litros de glifosato por hectárea y posteriormente se da inició la etapa de laboreo la cual inicia con 1 pasada de excéntrica y 2 pasadas (cruzada) de cincel, el día 10 de octubre.

Posteriormente, continúa la etapa de laboreo en conjunto con la fertilización la cual se realizó mediante la aplicación de 350 kg/ha. de 0-40:40-0 incorporándolo al suelo con dos pasadas de excéntrica el 30 de octubre de 2017. Luego, se fertiliza con 350 kg/ha. de 15-15-15 (triple quince) el 7 de noviembre, los cuales son incorporados al suelo con rastra de dientes y niveladora.

La siembra del cultivo se realiza con una sembradora convencional a chorrillo, a una profundidad aproximada de 3-5 cm con una distancia entre surcos de 50 cm. La densidad de siembra fue a razón de 104000 semillas por hectárea de remolacha forrajera cv. Gitty como único componente de la pastura.

3.2.5. Control de malezas e insectos

El control de malezas programado para el momento de la siembra, en el caso de (F1.) es postergado (5 días post siembra) debido a la escasez de lluvias, realizándose el día 13/11/2017 mediante la aplicación de 3 litros de glifosato y 1,5 litros de dual gold por hectárea.

El control de malezas para (F2.), se realizó el mismo día de la siembra ya que estaban pronosticadas precipitaciones, concretándose una pequeña lluvia de 20 mm el día post siembra, mejorando la eficacia del preemergente.

Posteriormente se realiza un control de gramíneas los días 12 y 30 de diciembre con 1,5 litros de cletodim y 1 litro de aceite, ambas dosis por hectárea.

Frente a la infestación de rábanos, los cuales para el mes de enero de 2018 aparecen en estados avanzados de floración en (A1.F1.) se procede al control de los mismos con 1 (kg/Ha) de Goltix acompañado de 150 (cc/Ha) de Lontrel (clopyralid) y 1 (lts/Ha) de aceite.

En tanto al control de plagas, se observa durante los primeros días de enero del 2018 un ataque de bicho moro (*Epicuata adspersa*) para lo cual el día 3 de enero del 2018 se aplican 75 (cc/Ha) de triflururon para el control de este.

3.3. SEGUNDO AÑO DE EVALUACIÓN (2018/2019)

3.3.1. Fecha de siembra y área bajo evaluación

Durante el segundo año de evaluación se instaló un total de 4 hectáreas de remolacha forrajera, las cuales al igual que el primer año están acompañadas por el uso de campo natural como soporte de fibra para los animales.

El segundo año de evaluación representado en la Figura No. 9 con color azul consta de una única fecha de siembra situada el día 10/10/2018, distribuida en lo que se denomina subdivisión (A2.). Esta subdivisión a su vez se divide en chacra nueva y chacra vieja, representada la parte superior izquierda y parte inferior izquierda de la figura, respectivamente.

Se define como chacra vieja al área sembrada sobre parte del potrero utilizado el periodo anterior, con un total de 2,5 hectáreas de las cuales aproximadamente 1/3 del área se sembró con cultivar Gitty y el área restante con el nuevo cultivar Gerónimo.

Se define chacra nueva al área sembrada sobre suelo sin antecedentes de remolacha forrajera, con un área total de 1,5 hectáreas las cuales fueron sembradas en su totalidad con el cultivar Gerónimo.

3.3.2. Barbecho químico, laboreos, fertilización y siembra

El manejo agronómico en cuanto a la preparación de la cama de siembra, fertilización y control de malezas no difieren de forma significativa entre periodos de evaluación.

El barbecho químico se realiza el día 28 de agosto del 2018 con la aplicación de 3 l/ha de glifosato y posteriormente se inicia la etapa de laboreo en combinación con la fertilización.

En tal sentido, el día 14 de septiembre se inicia el laboreo la cual consta de una pasada de excéntrica y doble pasada cruzada de cincel. La labor continua con una segunda pasada de excéntrica que se realiza el día 29 del mismo mes, en el cual se tiene por objetivo incorporar al suelo de forma homogénea 150 kg/ha de fertilizante 12-38-00 además de ir afinando la tierra.

El 8 de octubre se incorpora al suelo 500 kg/ha de fertilizante 0-46-0 mediante el uso de rastra de dientes y niveladora. Posteriormente, el 16 de noviembre se aplican 200 kg/ha de urea + 200 kg/ha. de 0-46-0 en cobertura. El día 15 de febrero de 2019 se realiza una segunda aplicación de urea a razón de 200 kg/ha. en la totalidad del área bajo evaluación.

La siembra de la pastura, a diferencia del periodo anterior, se efectuó con sembradora específica para la siembra de remolacha, la cual solía utilizarse en la producción de remolacha azucarera, siendo lo más destacable de este equipo de siembra su precisión en cuanto a la distancia entre semillas.

La densidad de siembra se sitúa en 100000 semillas/ha sembradas a una distancia homogénea de 20 cm entre semillas y a 50 cm entre surcos. La profundidad de siembra objetivo fue de 1-2 cm de profundidad ya que el suelo presentaba humedad en ese extracto.

3.3.3. Control de malezas e insectos

En cuanto al control de malezas, debe mencionarse que, debido a las condiciones de altas precipitaciones y temperaturas por encima de la media histórica, en combinación con el sistema de laboreo convencional y el efecto chacra vieja, condujeron a una alta infestación de malezas donde el control químico de las mismas se vio afectada negativamente. Debido a dicha situación, hubo que combinar el control químico con carpidas manuales y corte de malezas con el uso de bordeadora (ver en Anexo No. 7).

En el siguiente cuadro se muestra el control químico de malezas realizado a lo largo del experimento, donde se puede observar el producto y la dosis utilizada, así como la maleza objetivo a controlar.

Cuadro No. 8. Productos aplicados para el control de malezas durante el experimento

Chacra vieja				Chacra nueva		
Fecha	Producto	Dosis lts/Ha	Maleza objetivo	Producto	Dosis lts/Ha	Maleza objetivo
11/10/2018	Goltix	0.5	rábanos, hojas anchas	Goltix	0.5	rábanos, hojas anchas
	Lontrel	0.15	hojas anchas	Lontrel	0.15	hojas anchas
	Dual gold	0.7		Dual gold	0.7	
6/11/2018	Goltix	0.5	rábanos, hojas anchas	Goltix	0.5	rábanos, hojas anchas
				Clethodin	1	gramilla, gramíneas
24/12/2018	Goltix	0.5	rábanos, hojas anchas	Clethodin	1	Gramíneas
	Clethodin	1	bracchiaria, gramíneas	Lontrel	0.3	S. <i>sisymbriifolium</i>
				Goltix	0.5	gábanos, hojas anchas

En cuanto al control de plagas, hay que destacar al igual que el año anterior la presencia del bicho moro (*Epicuata adspersa*). Luego del diagnóstico de una población crítica en el cultivo, el día 28 de noviembre se realiza la aplicación de 1 l/ha. de clopirifós y 75 cc/Ha. de triflumurón para el control de *Epicuata* y otros insectos. El día 24 de diciembre se realiza una segunda intervención con la aplicación de clorpirifós a razón de 1 l/ha dada la presencia de bicho moro.

3.3.4. Animales experimentales

El primer año de ensayo se realizó con vaquillonas de la raza Holando, con una edad de entre 18 y 24 meses y un total de 23 animales de los cuales 2 murieron por un

rayo eléctrico (tormenta) a finales del mes de julio. El peso inicial del lote presento un promedio de 360 kg.

Para el segundo año de ensayo, también realizado con vaquillonas de la raza Holando, con edad de entre 18 y 24 meses. El número de animales fue de 23 animales con un peso promedio de 360 kg.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1. Manejo de la pastura

El momento de ingreso a la pastura, por teoría, se planteó como aquel en el cual las condiciones de temperatura y radiación detienen la acumulación de carbohidratos en las raíces del cultivo, lo cual sucede a fines de verano e inicio de otoño (febrero-marzo).

En la práctica los dos criterios para decidir el momento de pastoreo fueron el cierre del entresurco (95% de cobertura) y el cese de crecimiento radicular entre dos mediciones consecutivas. Además, se observa a simple vista un detenimiento en el crecimiento de esta, a medida que inicia el otoño.

El método de pastoreo utilizado se basa en franjas diarias (ver en Anexo No. 8), utilizables por única vez debido a que la remolacha forrajera no presenta rebrote. Dichas franjas se asignan corriendo el cerco eléctrico de a 1, 2 o 3 surcos de remolacha forrajera, en función del remanente del día anterior y la oferta de MS por hectárea calculada. Debe tenerse en cuenta que es necesario respetar un frente de ataque por animal de al menos un metro lineal (Horizonte A, 2020).



Figura No. 10. Croquis mostrando metodología de pastoreo (A) y foto demostrativa de un sistema real de pastoreo de remolacha forrajera por franjas diarias (B)

3.4.2. Periodo de adaptación

Si bien Gibbs (s.f.) menciona un plan con pautas muy marcadas para llevar adelante el periodo de adaptación de los animales a la nueva dieta, en el caso de este experimento dicho plan fue más laxo.

En tal sentido, se observa durante el primer contacto de los animales con la pastura un desinterés de estos por consumir las batatas de remolacha, siendo las hojas verdes la parte más atractiva para los animales (ver en Anexo No. 9). Otro aspecto relevante es el tiempo necesario para iniciar un consumo fluido de la remolacha, observándose que el mismo se da en torno a los 8 a 10 días desde el primer contacto con la pastura.

Los comportamientos animales descritos, por sí solos conducen a un periodo de acostumbramiento del rumen, sin embargo, deben estar acompañados de una planificación en cuanto al tamaño de la franja diaria, suministros de fibra y la observación constante del lote a modo de detectar animales problemáticos.

3.4.3. Manejo general post adaptación

Luego de culminar el proceso de adaptación, el manejo se torna relativamente sencillo. Se debe brindar en forma controlada acceso a la remolacha forrajera, ofreciendo

una fuente de fibra adicional, que en el caso del experimento consistió en el uso de campo natural acompañado de fardos de moha (*Setaria itálica*), que se suministraba de forma diaria. También debe proporcionarse agua en cantidad y calidad.

3.4.4. Rutina con los animales

A primera hora de la mañana se procedía al armado de la parcela con el potrero a porteras cerradas con el fin de evitar el ingreso de animales. Además de incluir en el lugar, un fardo en aros que debe quedar disponible para su consumo.

Armada la parcela y con fardo a disposición, los animales ingresan a consumir la pastura, teniendo acceso libre tanto al campo natural más el fardo, como a la remolacha forrajera. El acceso libre es muy importante ya que de esta manera el animal logra regular de forma autónoma su dieta, evitando los problemas de acidosis.

El procedimiento descrito se realizó de forma diaria para ambos periodos de evaluación.

3.5. VARIABLES DETERMINADAS

3.5.1. Porcentaje de implantación

Durante los dos años bajo evaluación se realizó el conteo de plantas 40 días post siembra. La metodología consistió en medir 50 metros lineales en el entresurco y contar las plantas presentes en los surcos adyacentes. El procedimiento se realiza en distintas zonas de la chacra para lograr un muestreo representativo del ensayo.

De los datos recabados, el promedio fue de 3,6 plantas por metro lineal de 5 sembradas, lo que da un promedio de 72.000 plantas/ha y 72% de implantación, con un mínimo de 54% (2,7/5) y un máximo de 86% (4,3/5).

3.5.2. Disponibilidad de materia seca

La remolacha forrajera al ser una pastura no convencional conlleva ciertos desafíos a la hora de cuantificar los componentes del rendimiento. La disponibilidad de materia seca por hectárea (kg. de MS/ha) refiere a la cantidad de alimento disponible en la parcela antes de ingresar los animales a la misma.

El procedimiento para la estimación de los kilos de materia seca por hectárea consiste en elegir surcos al azar dentro de la chacra y muestrear 50 metros lineales. A modo de facilitar la metodología y reunir un mayor número de datos, en vez de medir el

surco en sí, se realizó la medición del entre surco y se procedió a contar las plantas de los surcos adyacentes (mismo procedimiento utilizado en cuantificación de implantación).

Luego de realizado el conteo de plantas dentro cada surco, sin distinguir por tamaño, se obtiene el número total de plantas por metro lineal, tomando en cuenta la distancia entre surco, se obtiene el total de plantas por hectárea.

Otro componente que considerar, es el peso promedio, para lo cual se retiraron 10 (diez) plantas, que a simples vista representaran el tamaño promedio de planta. Posteriormente a nivel de laboratorio se determina el peso fresco de planta entera, y de hojas y raíces por separado, obteniéndose de esta forma los pesos promedios de cada componente. Luego se ingresan las muestras a la estufa para obtener el porcentaje de materia seca de cada componente, con lo cual se podrá realizar el cálculo de kg. de MS/ha.

El tiempo de secado en el caso de la remolacha forrajera a 60° C es mayor que para otros tipos de muestras tales como festuca y dactylis (48 horas), especialmente debido a la lenta deshidratación de la raíz de la remolacha forrajera (Figura No. 11).

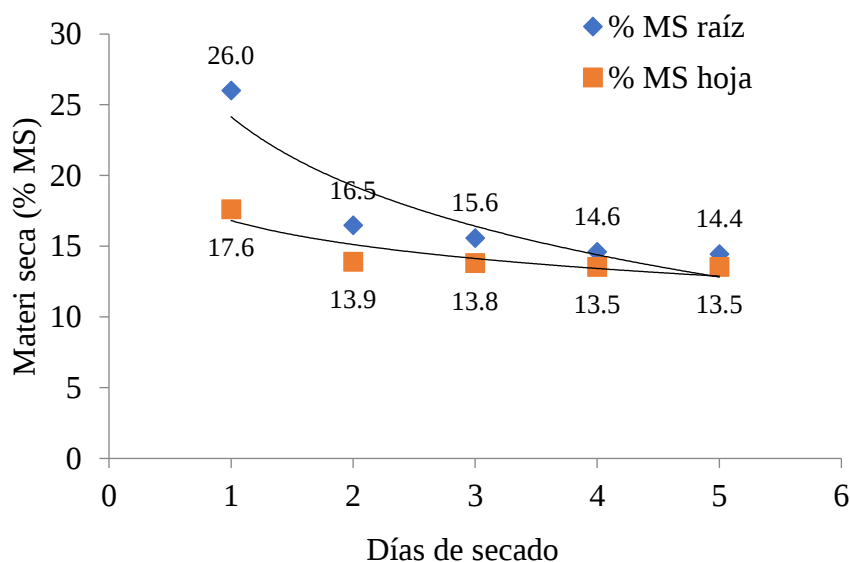


Figura No. 11. Pérdida de agua de las muestras de remolacha en función del tiempo (días)

Teniendo en cuenta el alto contenido de humedad de la raíz y su gran tamaño, hubo que realizar submuestras de estas para agilizar el secado (4 o 5 días) debiendo repetir este procedimiento en el follaje cuando este presentaba un alto volumen. Para ambos componentes, se busca que la submuestra sea lo más representativa posible de la muestra

original, por lo cual se toman muestras del centro de la raíz, periferia, zona inferior y zona superior de la misma. En el follaje se busca hacer una muestra compuesta entre partes basales, medias y superiores de las mismas (ver en Anexo No. 10).

3.5.3. Remanente

El remanente de este cultivo, considerando que los animales tienen acceso permanente al área que ya fue pastoreada, podría considerarse muy cercano a cero (90% de utilización). Sin embargo, con el objetivo de conocer el remanente real, se instalaron 5 parcelas diarias donde se introdujeron los animales a pastorear una por día, pasando de la parcela 1 a la 2, de la 2 a la 3 y así sucesivamente. Las mediciones de remanente se realizaron los días 28, 29 y 30 de junio, 9 y 20 de agosto del año 2018.

La metodología de muestreo se basa en el método de Haydock y Shaw (1975). Sin embargo, para obtener una muestra más representativa, fue necesario tomar una unidad muestral de 4 metros cuadrados (2m. x 2m.). Posteriormente se cuentan el número de plantas presentes y se lleva la totalidad de plantas remanentes al laboratorio donde serán pesadas.

Por último, se procede al cálculo del remanente, conociendo el número de plantas en una unidad de muestreo, el peso promedio de las mismas y el porcentaje de MS hallado durante la estimación de disponibilidad.

3.5.4. Porcentaje de utilización

Este parámetro refiere a la cantidad de materia seca desaparecida luego de finalizado el pastoreo. Se calculó mediante la relación entre la materia seca desaparecida y el forraje disponible antes de iniciar el pastoreo.

3.5.5. Determinación del enmalezamiento

Durante el primer periodo de evaluación, la determinación del enmalezamiento no se planteó como una variable influyente para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, durante el ensayo se pudo evidenciar la presencia fundamentalmente de rábanos (*Raphanus sp.*), gramilla (*Cynodon dactylon*), tutia (*Solanum sp.*) y *Bracchiaria sp.*

En el segundo año de evaluación, si bien no se planteó una metodología para el seguimiento del enmalezamiento, se recabó información de este durante la etapa de implantación y se realizaron observaciones y registros del avance de las malezas.

En etapas avanzadas de la pastura y previo al ingreso de los animales, debido al enmalezamiento que se constató, principalmente de gramilla (especie que se definió como aportadora de forraje), se decide realizar un muestreo del componente fibra (ver en Anexo No. 11).

3.5.6. Determinación de la producción animal

Para evaluar el desempeño animal, se realizaron pesadas individuales con ayuno previo de 8 horas (mínimo) cada 20-25 días. El registro de pesos se efectuó utilizando balanza electrónica.

3.5.7. Producción animal individual

El ensayo realizado en el primer año de evaluación, 2017/2018, se llevó adelante con 23 vaquillonas con un peso inicial promedio de 360 kg. Se realizaron 4 pesadas los días 5 de mayo, 11 de junio, 27 de julio y 15 de agosto del año 2018.

En el segundo año (2018/2019), la cantidad inicial y el peso promedio fue igual al del primer periodo, realizándose pesadas los días 20 de marzo, 30 de abril y el 6 de junio del año 2019.

3.5.8. Ganancia de peso diaria

Es la ganancia diaria (kg/animal/día) promedio para todo el periodo de pastoreo.

El primer año de evaluación, el pastoreo inicia el día 5 de mayo y finaliza el 15 de agosto del año 2018, sumando un total de 101 días de pastoreo. El segundo periodo, el pastoreo inicia el día 20 de marzo y culmina el 4 de junio del 2019, lo cual suman 75 días de pastoreo.

Para el cálculo de ganancia promedio diaria, se divide la ganancia total del periodo de pastoreo (diferencia entre peso final e inicial) sobre el total de los días bajo pastoreo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL PERIODO EN EVALUACIÓN

El clima en Uruguay es templado, subtropical, con precipitaciones anuales promedio de 1170 mm, las cuales se distribuyen 30% en verano, 28% en otoño, 18% en invierno, y 24% en primavera (Gomes de Freitas y Klassen, 2011).

A continuación, se realizó la comparación entre los datos de temperatura y precipitaciones de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni ocurridos el primer y segundo año de evaluación con la serie histórica 2002- 2019 para la localidad de Paysandú.

4.1.1. Temperatura

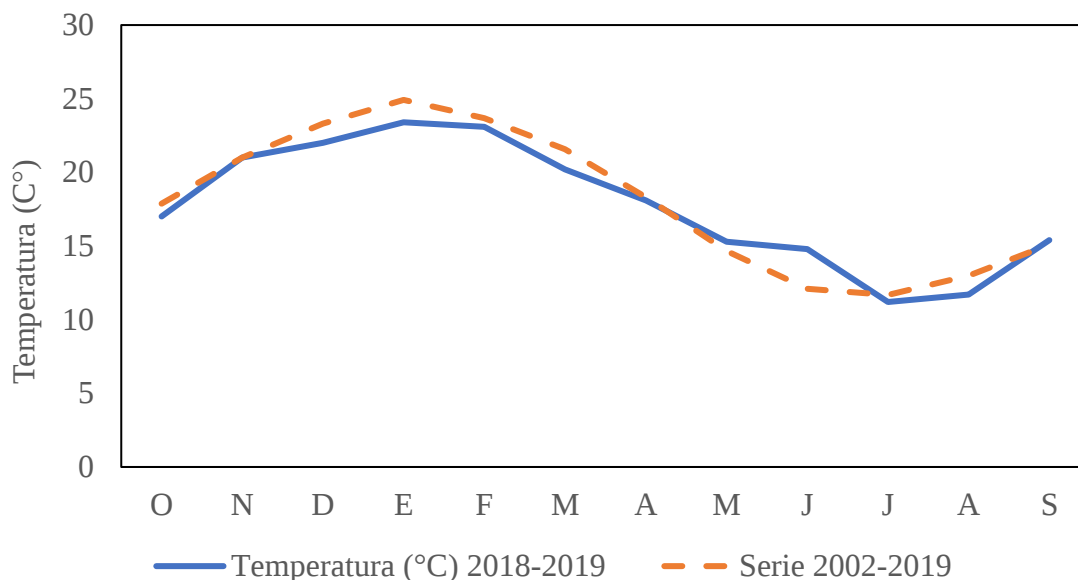


Figura No. 12. Temperatura media de la serie histórica en la EEMAC y los años experimentales según mes

Para facilitar el análisis de la Figura No. 12 se puede dividir el periodo de crecimiento de la remolacha forrajera en dos secciones, siendo la primera correspondiente a los meses de oct-nov-dic donde las temperaturas medias de ambos años bajo evaluación no difieren de la media histórica. Una segunda sección que incluye los meses de enero a marzo, donde las temperaturas promedio de los periodos 2017/18 y 2018/19 son superiores e inferiores, respectivamente, a la media histórica.

Se considera que las temperaturas durante los dos periodos de evaluación, no afectaron de forma considerable al desarrollo y crecimiento del cultivo, siendo 24°C la temperatura óptima de desarrollo (Guerrero, citado por Espejo, 2017).

La evolución de la temperatura de marzo en adelante no tiene impacto importante en el cultivo debido a que ya culmino su ciclo, sin embargo, afecta la producción animal, siendo en términos generales, el primer periodo de evaluación más cálido que el segundo.

4.1.2. Precipitaciones

A continuación, se presentan datos históricos de precipitaciones (2002-2009) y los ocurridos durante el periodo bajo estudio (2017-2018 y 2018-2019).

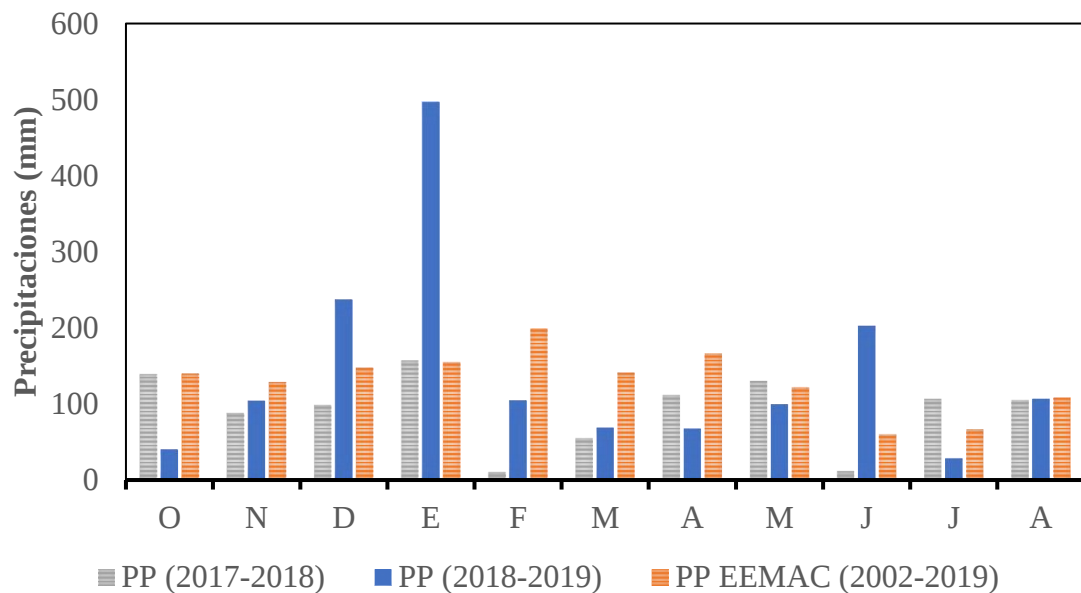


Figura No. 13. Precipitaciones promedio de la serie histórica EEMAC y de los dos periodos bajo estudio

Al analizar el gráfico, se puede concluir que el periodo 2017-2018 no difiere de forma significativa de la serie de datos 2002-2019. Por otra parte, el verano 2019 se destaca por las altas precipitaciones, siendo mayores al promedio de la serie histórica y también comparada con el periodo del año 2018.

4.1.3. Balance hídrico

En base a los datos de precipitación y ETP de la estación meteorológica de la EEMAC, se realiza los balances hídricos para ambos periodos.

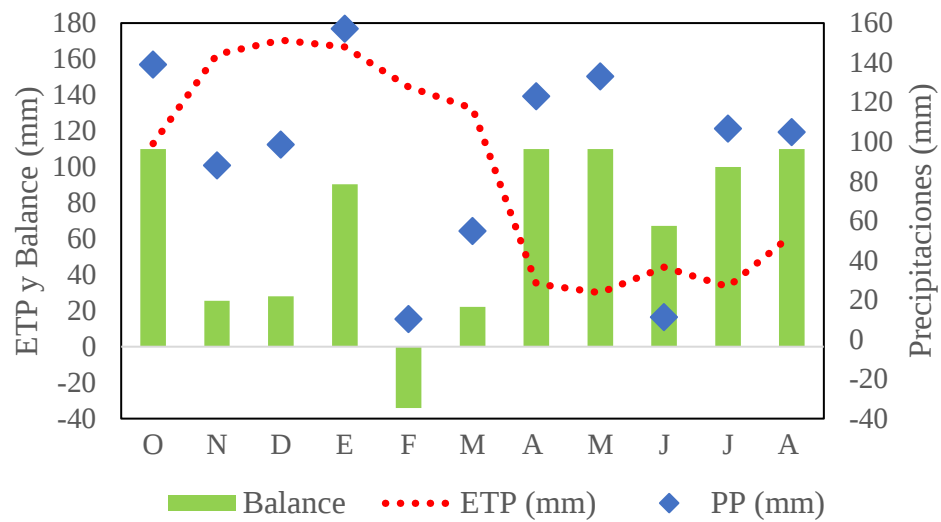


Figura No.14. Balance hídrico período octubre 2017 a agosto 2018

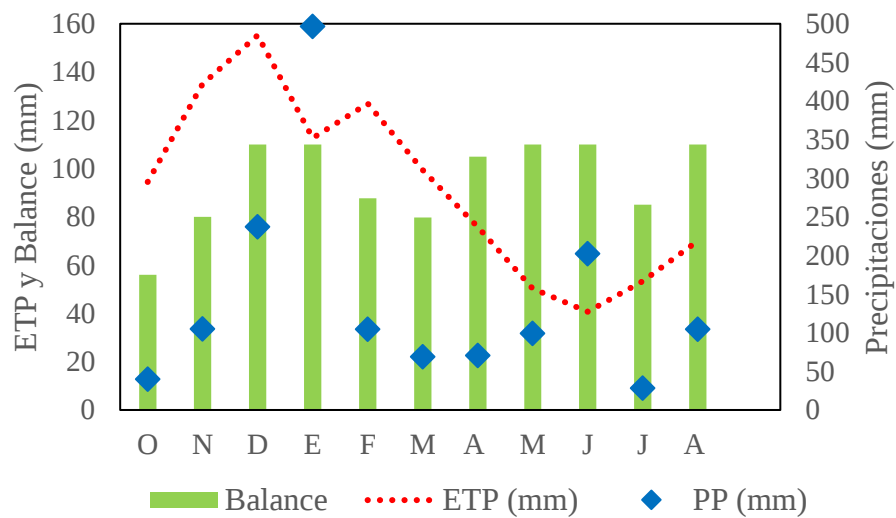


Figura No.15. Balance hídrico período octubre 2018 a agosto 2019

Como se mencionó anteriormente, el primer año de evaluación 2017/18 se caracterizó por temperaturas estivales por encima de la media histórica y precipitaciones ligeramente inferiores al promedio de la serie 2002-2019.

La combinación de las bajas precipitaciones de fines primavera y parte del verano 2018, acompañadas de temperaturas por encima de la media histórica, son determinantes del balance hídrico.

Observando la Figura No. 14, se puede afirmar que el cultivo estuvo la mayor parte del tiempo con poca disponibilidad de agua, salvo en el mes de enero.

Por el contrario, el periodo 2018-2019 se caracteriza por abundantes precipitaciones y temperaturas que son menores al promedio de la serie histórica analizada. En este caso el balance hídrico durante el verano 2019 muestra que el cultivo tiene un balance hídrico positivo.

En lo que refiere a la disponibilidad hídrica de otoño – invierno, esta no afecta en gran medida al cultivo de remolacha ya que ha finalizado su ciclo de crecimiento.

4.2. DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA

Para la estimación del rendimiento de kg. de MS/ha para cada periodo de evaluación, debido al bajo número de datos recabados, se procedió a analizar los mismos de forma conjunta.

4.2.1. Planta por metro lineal y peso seco de planta

Se presentan los gráficos de plantas/metro lineal y peso seco por planta, según mes y periodo de evaluación, con sus respectivas líneas de tendencia.

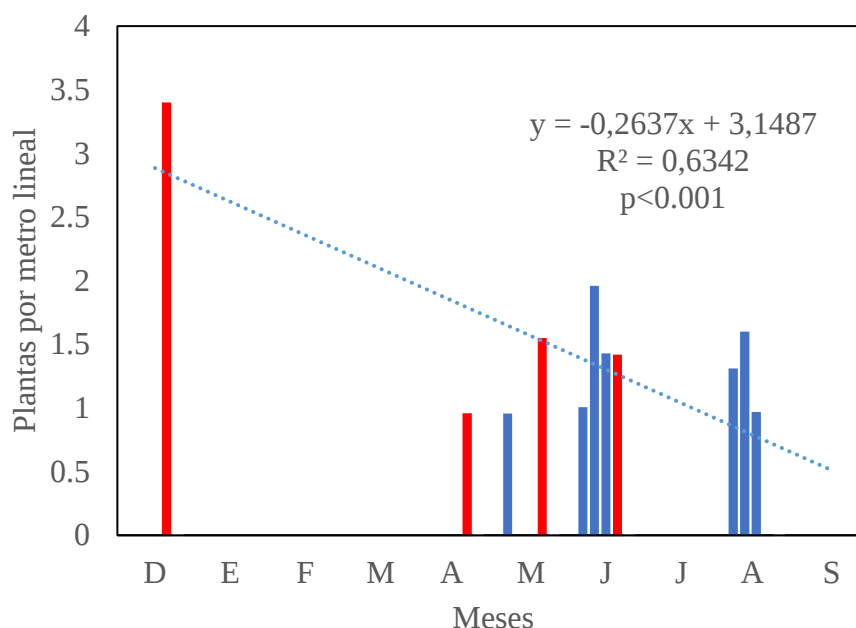


Figura No. 14. Plantas por metro lineal

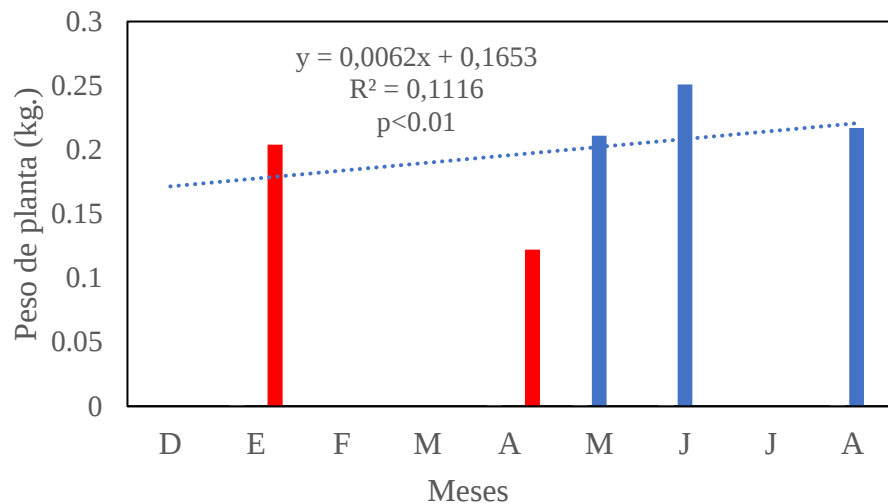


Figura No. 15. Peso seco por planta

Como se puede observar, el número de plantas por metro lineal tiende a disminuir a medida que transcurren los meses, mientras el peso seco de cada planta muestra una tendencia creciente. Las ecuaciones representadas en los gráficos reflejan de forma teórica cómo evolucionan las variables.

4.2.2. Evolución teórica de las variables

A partir de las ecuaciones ajustadas a las variables medidas (plantas/metro lineal y peso seco por planta) se construye la evolución de ambas variables.

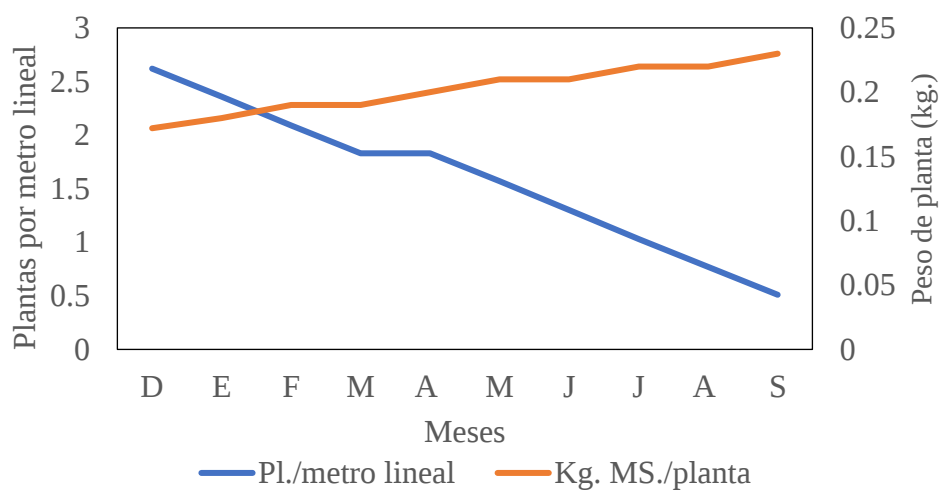


Figura No. 16. Evolución de plantas por metro lineal y peso seco

4.2.3. Disponibilidad de materia seca por hectáreas

En la siguiente gráfica se visualizan los kg. de MS mensuales calculados a partir del número y peso de plantas para cada mes. Se adjunta en el mismo gráfico datos de estimación realizadas durante el ensayo y el rendimiento si se hubiera mantenido el número inicial de 3 - 4 plantas por metro lineal.

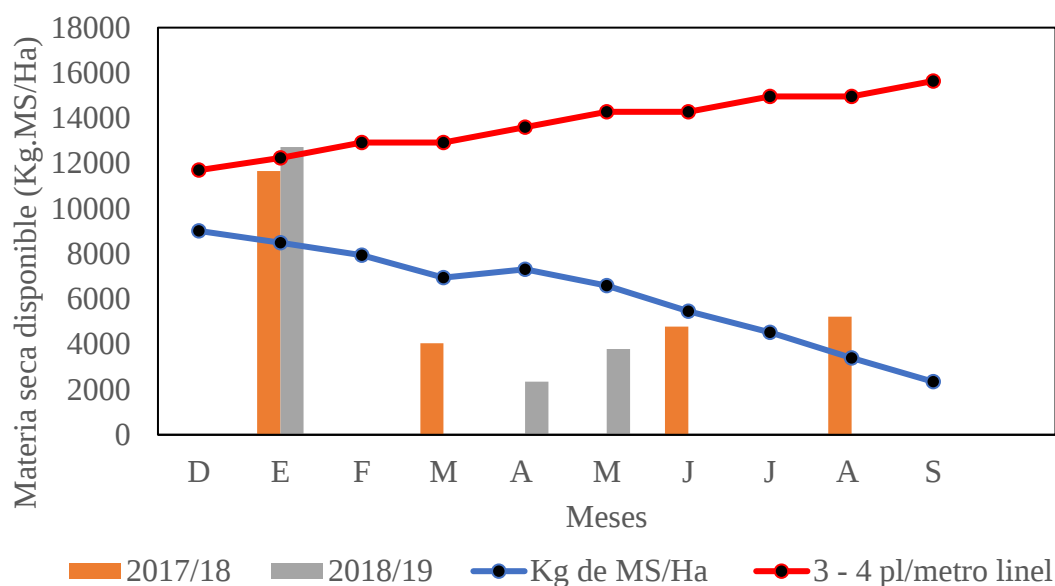


Figura No. 17. Evolución compuesta de la disponibilidad (kg/ha) de materia seca (línea azul), disponibilidad (kg.MS/ha) de 2017/18 (barras naranjas) y 2018/19 (barras grises), y estimación teórica del rendimiento con 3 – 4 plantas por metro lineal

El laboreo convencional como requisito para la siembra de remolacha forrajera, conlleva un grave problema de enmalezamiento debido a que induce cambios en microclima del suelo que favorecen la germinación del banco de semillas. Por otra parte, el control de malezas es deficiente dado que existe poca disponibilidad de herbicidas selectivos y además los momentos de aplicación (piso en la chacra) no coinciden con los estadios juveniles de las malezas. Estos factores potencian la competencia de las malezas sobre el cultivo ocasionando la pérdida de plantas de remolacha.

Las enfermedades y las plagas también afectan el stand de plantas. La *Fusariosis* sp. es el principal factor que afecta la pérdida de plantas cuando hay excesos hídricos en los suelos, evidenciándose con mayor intensidad a partir de abril mayo.

Las actividades operativas de pulverizaciones y fertilizaciones en etapas avanzadas de la pastura, conllevan una pérdida de plantas debido al pisoteo y ruptura de plantas que causa la huella del tractor.

Como se observa en el gráfico, hay una merma del rendimiento por hectárea a medida que transcurren los meses, debido a que el aumento de peso individual de las plantas, así como el porcentaje de MS (Figura No. 20), no compensa la pérdida de plantas (Figura No. 19).



Figura No. 18. Evolución del porcentaje de materia seca para hojas y raíces

4.2.4. Rendimiento por hectárea

En base a los datos recabados y al análisis de estos, se llega a un rendimiento por hectárea de 6.430 kg. de MS/ha. durante el periodo 2017-2018, y de 6.286 kg. de MS/ha. en 2018-2019. En tanto que el promedio de los 2 años es de 6.368 kg. de MS/ha.

El rendimiento compuesto de los 2 años, estimado a través de las ecuaciones mencionadas anteriormente, es de 6.204 kg. de MS por hectárea. Por otra parte, en el caso hipotético de llegar al mes de agosto con un stand de plantas similar al de implantación (3,4 plantas por metro lineal) se estima un rendimiento de 15000 kg. de MS por hectárea (Figura No. 19).

Para el segundo año, debido al alto grado de enmalezamiento fundamentalmente gramilla (*Cynodon dactylon*), se decidió considerar el aporte de fibra de estas, lo cual arrojó un aporte de 4500 kg de MS/ha.

4.2.5. Consumo animal y utilización de la pastura

Se realizaron mediciones con el método descrito en variables determinadas con el fin de calcular el consumo animal y la utilización de la pastura.

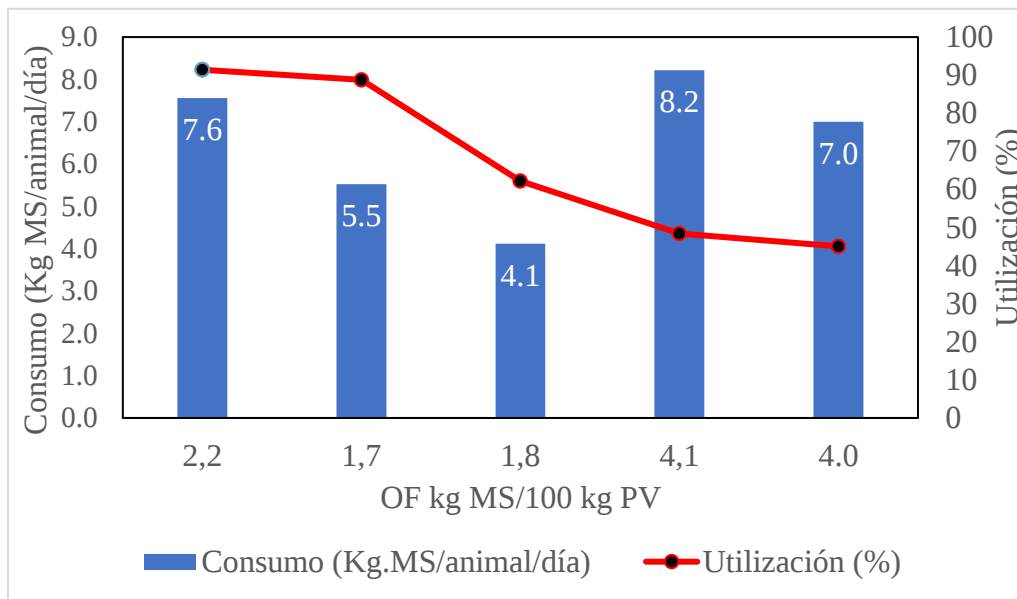


Figura No. 21. Consumo animal en función de la oferta forrajera

El consumo por animal en promedio fue de 6,5 kg de MS/animal/día, teniendo como máximo 8,2 y mínimo 4,1 kg de MS.

Los mayores consumos se logran con asignaciones del entorno de 4 % y los menores consumos con asignaciones de 1,8 % siendo las utilidades entre 45 y 60 por ciento, como se puede observar en la figura anterior.

Asignaciones de 2-2,5 % conducen a consumos por animal y por día del entorno de 7,5 kg de materia seca con utilidades superiores al 90 %.

4.3. PRODUCCIÓN ANIMAL

Los resultados del desempeño animal se cuantifican como la ganancia media diaria (GMD) en kilogramos de peso vivo (PV) por animal y la producción de carne por hectárea (kg/ha). Los mismos se presentan en el Cuadro No. 10, junto a información general del ensayo.

Cuadro No. 9. Producción de carne (kg/ha) según periodo de estudio

Periodo	Días pastoreo	Animales por hectárea	Área (ha)	Carga por hectárea	PI *	Peso final (kg)	GMD (kg/día)	PC ** (kg/ha)
17-18	101	21	3.3	6.4	365	410	0.39	286
18-19	75	23	4.5	5.1	360	405	0.59	230

* Peso inicial. ** Producción de carne

Como se puede observar, la producción de carne del primer año fue superior a la del segundo, esto se explica por el mayor rendimiento de MS, permitiendo prolongar el periodo de pastoreo y soportar una mayor carga.

Durante el segundo año la producción de carne por hectárea es afectada por una menor producción de materia seca, haciendo que disminuya el periodo de pastoreo y la asignación de animales por hectárea.

En la Figura No. 22 se presenta la evolución de ambas variables (GMD y kg carne/ha) para los periodos de evaluación (abr.-may.; may.-jun.; jun.-jul; jul.-ago.) de 2018 y 2019 los cuales están determinados en función de la fecha de pesada de los animales.

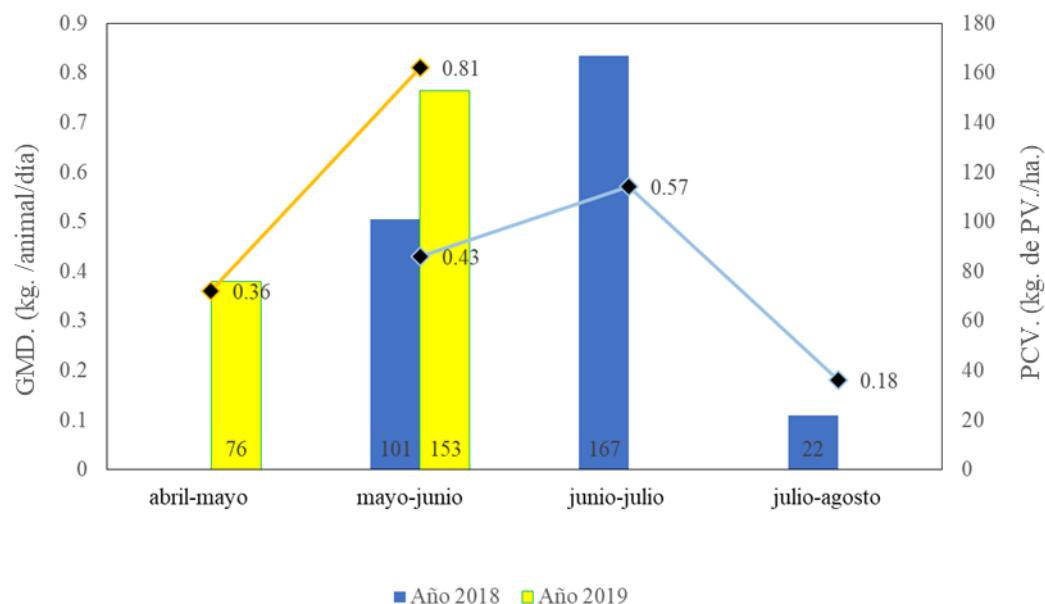


Figura No. 22. Producción de peso vivo por hectárea (barras) y ganancia media diaria (líneas)

Es interesante resaltar el efecto acostumbramiento-transición que se observa como una evolución positiva en la GMD y PCV entre la primera y segunda pesada para ambos periodos. Dicho efecto positivo se pierde frente a una limitante de oferta de MS como ocurrió en jul.-ago. 2018.

Las ganancias diarias del segundo año presentan valores más altos que el primero, lo cual se explica por el manejo realizado. Dicho manejo consistió en iniciar el pastoreo en aquellas zonas donde el cultivo presentaba mayor enmalezamiento (fundamentalmente gramilla) y de forma alterna, lo cual resultó en una adaptación más gradual del animal a la remolacha (ver en Anexo No. 12).

Si bien el acostumbramiento de los animales impacta de forma positiva sobre la ganancia media diaria, la producción de carne por hectárea es menor que el periodo anterior lo cual se debe a que dicha ganancia diaria no es capaz de compensar el menor periodo de pastoreo.

4.4. CONSIDERACIONES FINALES

Fechas de siembra entre octubre y noviembre son de valor estratégico, ya que conducen a disponer de alimento de alta calidad en los meses de abril-mayo (otoño), ventana de tiempo donde los verdeos de verano cesan su crecimiento y los de invierno aun no producen forraje en cantidad.

Los déficits hídricos estivales del clima uruguayo pueden limitar el desarrollo del cultivo comparado con siembras otoñales, sin embargo, al ser una especie altamente susceptible a podredumbres radiculares (*Fusariosis spp.*) favorecido por el exceso hídrico de los suelos, la siembra otoñal no es conveniente.

El éxito de la producción animal está directamente ligado a la adaptación del rumen a una dieta altamente energética, evadiendo los problemas de acidosis. Lo mismo se logra con un correcto periodo de transición.

Periodos de pastoreos que se extiendan más allá del mes de mayo conllevan la problemática de una menor oferta de forraje (brecha productiva) debido a la perdida de plantas ocasionadas por *Fusarium spp.* afectando directamente la performance animal y por tanto los resultados generales del sistema.

5. CONCLUSIONES

Los resultados productivos del rendimiento promedio de materia seca (Kg de MS/Ha) así como la producción de carne vacuna (PCV/Ha) para ambos años de evaluación, estuvieron por debajo de los valores citados en la bibliografía internacional.

Los componentes número de planta por hectárea y peso de planta determinan el rendimiento de la pastura, siendo el primero el de mayor impacto sobre la producción de materia seca. El enmalezamiento en combinación con *Fusarium spp.* y la huella del tractor, son los factores que más incidieron en la pérdida del stand de plantas.

Las condiciones climáticas a partir del mes de mayo aumentaron la caída en el stand de plantas debido a una mayor incidencia de *Fusariosis spp.* incrementado la brecha productiva.

6. RESUMEN

El trabajo se realizó en UdelaR. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”), Paysandú, Uruguay. El cual fue llevado a cabo en el potrero 31a, durante los periodos noviembre 2017/agosto 2018 y noviembre 2018/agosto 2019. Los objetivos de este trabajo fueron conocer la adaptación de la remolacha forrajera a las condiciones ambientales del litoral norte, la evolución del rendimiento, el desempeño animal, además elaborar un documento que describa las características agronómicas del cultivo y su manejo. El trabajo fue realizado sobre un área cultivada con remolacha forrajera, sin un diseño experimental clásico de bloques y tratamientos. El objetivo es simular situaciones reales de producción, evaluar el comportamiento del cultivo y el desempeño animal. El rendimiento promedio alcanzado durante los dos años de evaluación expresados en kilogramos de materia seca por hectárea fue de 6368 kg.

Palabras clave: Rendimiento; Desempeño; Remolacha; Adaptación.

7. SUMMARY

The work was carried out at UdelaR. Faculty of Agronomy. EEMAC (Experimental Station "Dr. Mario A. Cassinoni"), Paysandú, Uruguay. Which was carried out in pasture 31a, during the periods november 2017/august 2018 and november 2018/august 2019. The objectives of this work were to know the adaptation of the forage beet to the environmental conditions of the north coast, the evolution of the yield, the animal performance, in addition to preparing a document that describes the agronomic characteristics of the crop and its management. The work was carried out on an area cultivated with fodder beet, without a classic experimental design of blocks and treatments. The objective is to simulate real production situations, evaluate the behavior of the crop and animal performance. The average yield achieved during the two years of evaluation expressed in kilograms of dry matter per hectare was 6368 kg.

Key words: Yield; Performance; Beet; Adaptation.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ADBFM (Association Pour le Delevoppement de la Betterave Fourragere Monogerme, FR). 2009. La Betterave fourragere. (en línea). Paris, France. 9 p. Consultado dic. 2019. Disponible en <https://www.betterave-fourragere.org/ouverturepdf.php?file=betterave-fourragere-az-v7.pdf>
2. Agroes, E. S. s.f. Remolacha azucarera: extracciones de nutrientes y síntomas de carencias. (en línea). s.l. s.p. Consultado dic. 2019. Disponible en <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-herbaceos-extensivos/remolacha-azucarera/468-remolacha-azucarera-extracciones-de-nutrientes-y-sintomas-de-carencias>
3. Al-Jbawi, E. 2020. All About Fodder Beet (*Beta vulgaris* subsp. Crassa L.) As a Source of Forage in the World and Syria. (en línea). Damascus, Syria, General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR). pp. 30-35. Consultado jul. 2021. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/344214806>
4. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
5. ARC (Agricultural Research Council, UK). 1980. The ruminant requeriments of ruminat livestock. Farnham Royal, UK, Commonwealth Agricultural Bureau. 62 p.
6. Baca, E. 2015. Influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos en el crecimiento y desarrollo en Betarraga (*Beta vulgaris* L.) en condiciones de invernadero. (en línea). Trujillo, Perú, Universidad Privada Antenor Orrego. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma. 13 p. Consultado febr. 2020. Disponible en https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3063/1/REP_ING.AGRON_ERICKSON.BACA_INFLUENCIA.%C3%81CIDOS.H%C3%9AMICOS.F%C3%9ALVICOS.CRECIMIENTO.DESARROLLO.BETARRAGA.BETA.VULGARIS.L.CONDICIONES.INVERNADERO.pdf
7. Barenbrug, UK. s.f. Fodder Beet Growers Guidelines. (en línea). s.l. s.p. Consultado dic. 2019. Disponible en <https://m.barenbrug.co.uk/documentLibraryDownload.asp?documentID=987>

8. Bayer, NZ. 2018. New Zealand Beet Disease Manual 2018. (en línea). s.l. pp. 4-18. Consultado dic. 2019. Disponible en https://www.cropscience.bayer.co.nz/-/media/bcs-inter/ws_newzealand/landing-pages/beet-solutions/beet-disease-manual.pdf
9. Bossi, J. 1969. Carta geológica del Uruguay a escala 1/100.000 prefacio. Facultad de Agronomía (Montevideo). Boletín de Investigación no. 1. 40 p.
10. Carámbula, M. 1982. Persistencia de pasturas mejoradas. In: Reunión Técnica Convenio IICA-ConoSur/BID (5ª., 1982, La Estanzuela, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, s.e. pp. 71-75.
11. Caroca, R.; Zapata, N.; Vargas, M. 2016. Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.). (en línea). Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences. 32(2):94-101. Consultado jul. 2021. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0719-38902016000200002&lng=es&nrm=iso
12. Chakwizira, E.; Ruiter, J. M.; Maley, S.; Dellow, S. J.; George, M. J.; Michel, A. J. 2014. Water use efficiency of fodder beet crops. (en línea). Christchurch, New Zeland, The New Zeland Institute for Plant & Food Research Limited. pp. 125-132. Consultado ene. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/268981633_Water_use_efficiency_of_fodder_beet_crops/link/547cb7ef0cf2cfe203c1fb58/download
13. Del Pino, A. s.f. Acidez de suelo y encalado. (en línea). Montevideo, Universidad de la República. s.p. Consultado set. 2020. Disponible en <https://docplayer.es/332517-Acidez-de-suelos-y-encalado.html>
14. Demanet, R.; Canales, C. 2020. Manual de remolacha forrajera. (en línea). Temuco, Chile, Universidad de La Frontera. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. pp. 2-15. Consultado jul. 2021. Disponible en <https://www.aproval.cl/manejador/resources/manual-remolacha-forrajera.pdf>
15. Espejo, E. O. 2017. Efectos de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada en remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.) en Agallpampa. Tesis Ing. Agr. Trujillo, Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. Facultad de Ciencias Agrarias. 56 p.

16. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). s.f. Manejo de malezas en los cultivos de hortalizas. (en línea). Roma. s.p. Consultado dic. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/y5031s/y5031s0b.htm>
17. FDA (Fundación de Desarrollo Agropecuario, DO). 1995. Cultivo de remolacha. (en línea). Santo Domingo, República Dominicana. 6 p. Consultado dic. 2018. Disponible en <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/remolacha.pdf>
18. Fernando, O.; García, L.; Ruffo e Inés, C. 1999. Fertilización de pasturas y verdesos. (en línea). Córdoba, Argentina. pp. 1-13. Consultado feb. 2022. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/62-fertilizacion.pdf
19. Flores, J. 2014. Efecto del distanciamiento entre plantas en la producción de dos variedades de remolacha forrajera. (en línea). Puno, Perú, Universidad Nacional del Altiplano. pp. 12-14. Consultado mar. 2020. Disponible en http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2218/Flores_Flores_Josefina_Elizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y
20. Gallego, J. J.; Neira Zilli, F.; Baffoni, P.; Garcilazo, M. G. 2019. Remolacha forrajera: un nuevo cultivo para los sistemas de producción de carne de los valles Norpatagónicos. (en línea). Río Negro, Argentina, INTA. 2 p. Consultado feb. 2020. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_hd_remolacha_2019.pdf
21. García Trenchard, R.; Gutiérrez, M. L.; Valenzuela, M. s.f. Fase fermentativa de la germinación de las semillas. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado mar. 2020. Disponible en http://webs.ucm.es/info/cviente/seminarios/germinacion_semillas.pdf
22. Gibbs, J. s.f. Wintering Dairy Cows on Fodder Beets. (en línea). Lincoln, New Zealand, Lincoln University. s.p. Consultado dic. 2019. Disponible en <https://side.org.nz/wp-content/uploads/2014/05/4.1-Fodder-Beet-for-Wintering-Dairy-Cows.docx>
23. _____. 2011. Fodder Beet in the New Zealand Dairy Industry. (en línea). In: South Island Dairy Event Conference (1st., 2011, Lincoln, New Zealand). Proceedings. Lincoln, Lincoln University. s.p. Consultado mar. 2019. Disponible en <https://side.org.nz/wp-content/uploads/2014/05/4.3-Fodder-Beet-GIBBS.pdf>

24. _____.; Saldias, B.; Trotter, C. 2015. Feeding Fodder Beet in Lactation and to Replace Heifers. (en línea). Lincoln, New Zealand, Vet Life Centre for Dairy Excellence. Seed Force. pp. 241-242. Consultado abr. 2019. Disponible en <https://side.org.nz/wp-content/uploads/2015/10/4.6-Feeding-fodder-beet-in-lactation.pdf>
25. Gomes de Freitas, S.; Klassen, A. 2011. Efecto de la fecha de siembra y tipo de barbecho en la implantación y producción inicial de mezclas con *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 131 p.
26. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture. 15(76):663-670.
27. Horizonte A. 2020. ¿La revolución de la remolacha forrajera? (en línea). Buenos Aires. s.p. Consultado set. 2020. Disponible en <https://horizonteadigital.com/la-revolucion-de-la-remolacha-forrajera/>
28. IANSAGRO (Área de Investigación Agrícola Panamericana, CL). 2007. Manual del cultivo de la remolacha, 2007-2008. (en línea). Chillán. s.p. Consultado ago. 2020. Disponible en https://issuu.com/multimedial/docs/manual_tecnico
29. IPNI (International Plant Nutrition Institute). s.f. Planilla de cálculo de requerimientos y extracción de nutrientes. (en línea). s.l. s.p. Consultado ago. 2020. Disponible en <https://unicampo.com.uy/img/Calculo-requerimiento-nutrientes-IPNI.xls>
30. KWS, CL. 2016. Remolacha forrajera para pastoreo directo. (en línea). Rancagua. s.p. Consultado ago. 2020. Disponible en https://www.kws.com/cl/media/sugarbeet/kws_remolacha_forrajera_pastoreo_directo_catalogo.pdf
31. Lange, W.; Brandenburg, W.; De Bock, T. 1999. Taxonomy and cultivation of beet (*Beta vulgaris* L.) (en línea). Botanical Journal of the Linnean Society. 130(1):81-96. Consultado mar. 2020. Disponible en <https://academic.oup.com/botlinnean/article/130/1/81/2557325>

32. León, M. 2015. Aspectos de la fisiología de *Beta vulgaris* en condiciones de siembra otoñal. (en línea). Tesis Doctor en Biología. Sevilla, España. Universidad de Sevilla. Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Área de Fisiología Vegetal. 17 p. Consultado feb. 2020. Disponible en <https://idus.us.es/bitstream/11441/39162/4/TesisAranchaDef.pdf>
33. Mac Loughlin, J. 2009. Tablas de requerimientos de nutrientes para recría y engorde de bovinos. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. 9 p. Consultado feb. 2020. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/17-TABLAS.pdf
34. Martin, R. J. 1981. Growth and Yield of Sugar Beet and Fodder Beet in Canterbury. (en línea). Lincoln, New Zealand, Ministry of Agriculture and Fisheries. pp. 5-9. Consultado feb. 2020. Disponible en https://www.agronomysociety.org.nz/files/1981_2._Canterbury_sugar_and_fodder_beet_yield.pdf
35. _____. 1986. Radiation interception and growth of sugar beet at different sowing dates in Canterbury. (en línea). New Zealand Journal of Agricultural Research. 29(3):381-390. Consultado feb. 2020. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00288233.1986.10423490>
36. Matthew, C.; Nelson, N. J.; Ferguson, D.; Xie, Y. 2011. Fodder beet revisited. (en línea). Agronomy New Zealand. 41:39-41. Consultado may. 2019. Disponible en https://www.agronomysociety.org.nz/uploads/94803/files/2011_4._Fodder_beet_revisited.pdf
37. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011. Censo general agropecuario 2011. Montevideo. 146 p.
38. Morillo-Velarde, R.; Bermejo, J.; Ayala, J.; Moreno, A.; Gutiérrez, M.; Márquez, L. s.f. Remolacha azucarera de siembra otoñal. Normas técnicas del cultivo. (en línea). Sevilla, España, Junta de Andalucía. pp. 35-45. Consultado mar. 2021. Disponible en https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337165635Remolacha_azucarera_de_Siembra_otoñal_Normas_técnicas_de_cultivo.pdf

39. Pita, J. M.; Pérez, F. P. 1998. Germinación de semillas. (en línea). Madrid, España, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. 20 p. Consultado feb. 2020. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf
40. Red Agrícola, CL. 2016. La remolacha hacia su máximo potencial. (en línea). Santiago de Chile. s.p. Consultado dic. 2019. Disponible en <https://www.redagricola.com/cl/riego-nutricion-automatizacion-la-remolacha-hacia-maximo-potencial/>
41. Rojas, C.; Vásquez, R.; Ayala, P.; Espejo, E. 2018. Desarrollo de la “remolacha azucarera” y de la “remolacha forrajera” *Beta vulgaris L.* (Amaranthaceae) sembradas directamente en zonas altoandinas del Norte del Perú. (en línea). Arnaldoa. 25(3):989-1002. Consultado mar. 2020. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2413-32992018000300011&lng=es&nrm=iso
42. Ruiz, J. A.; Medina, G.; González, I. J.; Flores, E.; Ramírez, G.; Ortiz, C.; Byerly, F.; Martínez, R. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. (en línea). 2ª. ed. Jalisco, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 71 p. Consultado oct. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf
43. Sienra, R. 1999. Acidosis en bovinos. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 86:s.p. Consultado dic. 2019. Disponible en https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R86/R86_31.htm
44. SINAVIMO (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas, AR). s.f. Plagas. (en línea). Buenos Aires, Argentina. s.p. Consultado dic. 2020. Disponible en <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/epicauta-ads persa>

45. Tituaña, M. 2011. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de la remolacha azucarera forrajera (*Beta vulgaris* var. altísima) en el cantón Quito, Provincia de Pichincha. (en línea). Tesis Ingeniero en Agroempresas. Quito, Ecuador. Universidad de San Francisco de Quito. 28 p. Consultado feb. 2019. Disponible en <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/728/1/99927.pdf>
46. Vázquez, J. 2010. La remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L) y su potencial para zonas semi áridas y semiáridas. (en línea). Tesis Ing. Agr. Zootecnista. Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp. 13-14. Consultado mar. 2020. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5088/T17987%20V%C1ZQUEZ%20MORALES,%20JOSE%20MANUEL%20%20MONOG..pdf?sequence=1>
47. Villarías, J. L. 1999. Compendio práctico del cultivo de la remolacha azucarera. 5ª. ed. Madrid, Ediciones Agrotécnicas. s.p

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Dato de precipitaciones y temperaturas mensuales durante lapso septiembre de 1979 a septiembre de 1980 localidad Lincoln, Nueva Zelanda

Month	Rainfall (mm)		Mean Daily Temperature (°C)	
	Actual	Average	Actual	Average
September	21	46	9.7	8.5
October	111	48	10.8	10.9
November	51	53	13.9	12.8
December	33	58	17.3	14.8
January	135	56	16.5	16.0
February	55	56	15.9	15.8
March	106	66	14.1	14.1
April	47	58	11.8	11.4
May	8	76	9.2	8.1
June	79	58	5.7	5.6
July	40	58	5.6	4.8
August	48	56	7.7	6.4
September	1	46	10.4	8.5

* from New Zealand Meteorological Service (1973).

Fuente: Martin (1981).

Anexo No. 2. Podredumbre radicular causada por *Fusarium spp.* en zonas de bajo drenaje



En la figura de la izquierda, se puede observar el daño causado por *Fusarium spp.* visible como una podredumbre blanda en el ápice radicular, que posteriormente se translocará a toda la batata determinando la muerte de la planta. En la figura de la derecha, se puede observar una zona de suelo con poco drenaje y plantas muertas por *Fusarium spp.*

Anexo No. 3. Síntoma presente en el interior de la raíz ocasionado por una limitante de boro, comúnmente denominado "corazón negro de la remolacha"



Anexo No. 4. Infestación severa de *Solanum sisymbriifolium* (izq.) y *Raphanus sp.* (der.)



Anexo No. 5. Daño al cultivo causado por *Epicauta adspersa*



Anexo No. 6. Área foliar disminuida por ataque de *Epicauta adspersa* y posterior rebrote del área foliar. Impacto directo en el % de proteína de la pastura debido al desbalance hoja/batata



Anexo No. 7. Control manual de malezas con uso de azadas y bordeadora



En la figura de la izquierda, se observa una zona con alta infestacion de *Raphanus sp.* a la cual se le aplica un manejo de control manual, estivando las plantas de rábanos en el entresurco. A la derecha se muestra el control de gramíneas con el uso de bordeadora.

Anexo No. 8. Franja diaria de pastoreo



Anexo No. 9. Selección animal en periodo de acostumbramiento



En su primer contacto con la pastura, los animales hacen selección del alimento, consumiendo únicamente el follaje. Entorno al día 10, luego de empezar el pastoreo, los mismos empiezan a consumir de forma fluída la batata de la remolacha.

Anexo No. 10. Procedimiento de muestreo a nivel de laboratorio



Separación de parte aérea y radicular (izquierda), submuestreo del componente radicular en pequeños cubos para facilitar el secado y componente follaje, ambos introducidos en estufa de secado (derecha).

Anexo No. 11. Estimación del componente fibra de la pastura

Estimación del componente fibra							
Muestra	1	2	3	4	5	Unidad muestral rectángulo 20x50 cm.	
Peso fresco total	300	99,8	101,7	266,8	77,2		
Peso seco (g)	76,66	21,85	36,69	67,55	22,89		
Materia seca (%)	25,55	21,89	36,08	25,32	29,65	Media MS	27,7
Kg. MS (20x50 cm)	0,08	0,02	0,04	0,07	0,02	Media MS	0,05
Kg. MS (por hectárea)	7666	2185	3669	6755	2289	MS/ha. promedio	4512,80

Anexo No. 12. Distinto grados de enmalezamiento dentro de la pastura



Las figuras anteriores muestran con claridad distintos grados de enmalezamiento, una zona donde la remolacha forrajera se encuentra vigorosa y con muy poco enmalezamiento (izquierda) y un contexto opuesto, donde el enmalezamiento, fundamentalmente de *Cynodon dactylon* corresponde a un 50% de la materia seca total por hectárea (derecha).

Estas diferencias en el grado del componente fibra, jugaron un rol importante en el periodo de adaptacion de los animales a la alimentación con remolacha forrajera.