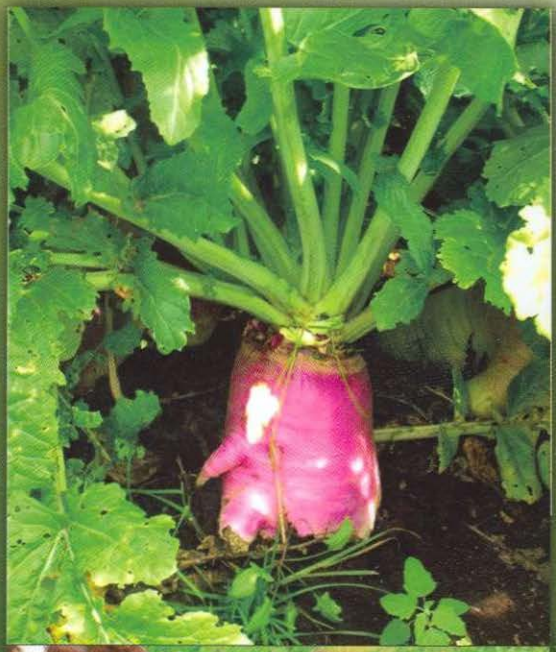
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



CULTIVO Y UTILIZACIÓN DE BRÁSSICAS FORRAJERAS EN LA PATAGONIA HÚMEDA (AYSÉN)

EDITOR:
CHRISTIAN HEPP K.

COYHAIQUE, CHILE, 2011

Boletín INIA Nº. 228
ISSN 0717-4829

Gobierno de Chile
www.gob.cl

FIA
Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

INIA
Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

INIA
TAMEL AIKE

Autores:

Ernesto Cisternas A. Ingeniero Agrónomo, Dr.
Hernán Felipe Elizalde V., Ingeniero Agrónomo. PhD.
Rafael Galdames G., Ingeniero Agrónomo, PhD.
Christian Hepp K., Ingeniero Agrónomo, MPhil., PhD.
Dante Pinochet T., Ingeniero Agrónomo, MSc., PhD.
Ricardo Salvo M., Ingeniero Agrónomo.
Marilyn Tapia M., Médico Veterinario.
Osvaldo Teuber W., Ingeniero Agrónomo.

Director Responsable:

Christian Hepp K., Ingeniero Agrónomo, MPhil., PhD.

Editor:

Christian Hepp K., Ingeniero Agrónomo, MPhil., PhD.

Este boletin fue editado por el Centro Regional de Investigación Tamel Aike, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, como parte de las actividades comprometidas del proyecto FIA "Aumento de la disponibilidad de forraje en pie, para el período de otoño-invierno, en base a cultivos forrajeros no convencionales, para los sistemas ganaderos ovinos-bovinos de la Patagonia Húmeda, Región de Aysén", CÓDIGO: FIA-PI-C-2007-1-P-013.

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y el autor.

Cantidad de ejemplares: 400 unidades
Impresión: Surgraf Ltda.

Coyhaique, Chile, 2011

Índice	Autor	Página
Descripción de las brássicas forrajeras	*Ricardo Salvo M. y Osvaldo Teuber W. Ing. Agr. INIA-Tamel Aike*	4
Establecimiento y manejo de brássicas forrajeras en Aysén	*Ricardo Salvo M. y Osvaldo Teuber W. Ing. Agr. INIA-Tamel Aike*	15
Guía para la fertilización de cultivos brássicas forrajeras	*Dante Pinochet T., Ing. Agr. MSc., PhD. IIAS. Fac. de Cs. Agrarias. U. Austral de Chile*	33
Principales insectos plaga de las brássicas forrajeras en el sur se chile	*Ernesto Cisternas A. Ing Agr. Dr. INIA-La Cruz*	50
Enfermedades infecciosas de las brássicas forrajeras en chile	*Rafael Galdames G., Ing. Agr. PhD. INIA-Carillanca*	66
Utilización de brássicas forrajeras con bovinos de carne en crecimiento	*Christian Hepp K., Ing.Agr. MPhil PhD. INIA- Tamel Aike*	76
Utilización de brássicas forrajeras con ovinos	*Hernán Felipe Elizalde V., Ing. Agr. PhD. INIA-Tamel Aike*	92
Aspectos de salud animal asociados al consumo de brássicas	*Marilyn Tapia M., Med. Vet. INIA- Tamel Aike*	105

CAPITULO 1

DESCRIPCIÓN DE LAS BRÁSSICAS FORRAJERAS

Ricardo Salvo M.,Ing. Agr., INIA-Tamel Aike
Osvaldo Teuber W., Ing. Agr. INIA-Tamel Aike

INTRODUCCIÓN

El uso de brássicas forrajeras (BF) en los sistemas de producción de leche y carne del país ha aumentado en los últimos años y se presenta como una alternativa alimenticia para aquellos periodos en que las praderas disminuyen su crecimiento por factores ambientales (déficit hídrico en primavera-verano y bajas temperaturas en otoño-invierno). Esta situación se acentúa en la Región de Aysén, donde los periodos de crecimientos de las praderas permanentes se limitan sólo a algunos meses de primavera y verano, ya que las temperaturas registradas a entradas de otoño son insuficientes para producir una acumulación de materia seca significativa, mientras que en invierno el crecimiento es nulo y muchos sectores de la región se ven cubiertos con nieve o registran temperaturas bajo 0°C.

La introducción de estos cultivos forrajeros "estratégicos" a la Región de Aysén para su uso en periodos de baja productividad y calidad forrajera, ha permitido obtener buenas ganancias de peso en ovinos y bovinos en invierno, acortando muchas veces los ciclos productivos, disminuyendo la estacionalidad productiva y con el consiguiente aumento de los retornos económicos.

Si bien el uso de BF en Chile no es nuevo, es durante los últimos 10 años donde se han introducido al mercado una serie de nuevos cultivares, cuya genética se ha desarrollado principalmente en países de Europa y en Nueva Zelandia.

Dentro de las BF, pueden encontrarse cinco tipos de cultivos (nabos de hoja, nabos de raíz, rutabagas, coles y raps forrajero), cada uno de los cuales presenta características propias de manejo, ciclos productivos, requerimientos y usos entre otras. Todas las brásicas, pertenecientes a la familia de las crucíferas, son plantas bianauales. Dentro de la primera temporada desde la siembra sólo desarrollan órganos vegetativos como raíces, tallos y hojas, mientras que el segundo año presentan crecimiento reproductivo, emiten su tallo floral y producen semillas para su propagación. Las plantas de BF necesitan un período de

acumulación de horas de frío o vernalización, para inducir el proceso de la floración. Sin embargo, agronómicamente son consideradas plantas anuales ya que se consumen habitualmente dentro de la primera temporada de crecimiento.

En Chile, el uso de BF se remonta a la década de los 60, especialmente coles utilizadas como suplemento invernal, introducidas por colonos europeos en predios lecheros del sur de Chile incluso en el siglo XIX. Sin embargo, con el tiempo fueron perdiendo terreno con la introducción de nuevas especies forrajeras de alta calidad y rendimiento que requerían a la vez, menor mano de obra para su utilización.

Estos últimos 20 años, con la introducción de nuevas especies y cultivares de BF desarrollados principalmente en Nueva Zelanda y Australia, es que este recurso forrajero ha comenzado a masificarse. En la actualidad las BF disponibles y evaluadas en Chile y en la Región de Aysén son cinco: nabos de raíz, nabos de hoja o híbridos, raps, coles y rutabagas, cada una de ellas con características propias, que se suman a la oferta existente de especies y cultivos forrajeros que permiten al productor pecuario tener una nueva alternativa alimenticia para el ganado

Las especies de BF y sus características se presentan a continuación, divididas en aquellas utilizadas como cultivos de verano-otoño y las desarrolladas para uso invernal.

BRÁSSICAS DE PRIMAVERA-OTOÑO

Nabo forrajero de hoja o híbrido (*Brassica campestris* spp.)

Especie desarrollada a partir del cruzamiento de *Brassica campestris* (nabo de raíz) y *Brassica pekinensis* (repollo chino). Produce una gran cantidad hojas y baja o nula proporción de bulbos. Presenta un ciclo desde la siembra a la cosecha muy corto, pudiendo ser consumido por animales a partir de los 50 a 70 días dependiendo del cultivar sembrado y de las condiciones climáticas del sector. En siembras tempranas en primavera, se pueden conseguir pastoreos múltiples a comienzos de verano, siempre que no exista déficit hídrico y bajas temperaturas que afecten el rebrote. Las raíces presentan múltiples puntos de crecimiento a baja altura, los que no son afectados cuando el pastoreo se realiza de forma controlada. Se ha observado, que en pastoreos en estados de madurez avanzados, las plantas presentan una baja palatabilidad por parte de los animales.

En la Región de Aysén, se ha registrado una gran proporción de plantas en estado de floración (vernalizadas), especialmente en temporadas atípicas en las que las bajas temperaturas se mantienen hasta noviembre y diciembre inclusive.

Nabo de Hoja cv. Hunter, en estado vegetativo, mes de marzo (Pto. Aysén) y condición a mediados de junio. Se observa, planta en estado reproductivo, con una alta senescencia de hojas.

Raps Forrajero (*Brassica napus* spp biennis)

Es un cultivo generalmente de ciclo corto, pero variable según cultivares, requiriendo entre 70 y 120 días para ser pastoreado. Las plantas no presentan raíces de acumulación como la rutabaga o el nabo de raíz. La parte cosechable corresponde a los tallos y hojas que crecen sobre el suelo. La altura, diámetro y palatabilidad de los tallos varía entre cultivares y el grado de madurez de la planta. El raps forrajero posee raíces fibrosas que le confieren cierto grado de tolerancia a la sequia a diferencia de otras BF, y el raps forrajero se adapta muy bien en ambientes fríos, especialmente aquellos cultivares que poseen genes de col (ej. cultivar Goliath).

Pastoreo de raps Goliath, Coyhaique Alto.

Si bien, el raps forrajero se puede pastorear en cualquier momento, al hacerlo antes que el cultivo se encuentre maduro, se pueden presentar problemas de salud en los animales por el alto contenido de azufre en los tejidos de la planta, además de limitar el crecimiento de los rebrotes posteriores. Las hojas de raps se tornan de un color purpúreo cuando la planta a alcanzado su madurez y está lista para ser pastoreada.

Los cultivares de raps forrajero se clasifican en "gigantes" y "enanos", siendo ambos distintos a los raps para la producción de aceite (canola), a pesar de pertenecer a la misma especie. El tipo "gigante" (ej. Goliath) presenta una disposición de hojas vertical y alcanza rendimientos entre las 10 y 12 ton MS/ha, mientras que los de tipo "enano" presentan varias ramificaciones y producciones menores.

Color purpura en las hojas de raps forrajero indican madurez del cultivo

Nabo forrajero de raíz (*Brassica rapa*)

Planta conformada por una raíz bien desarrollada y una parte aérea formada por hojas suculentas. Este cultivo y, en general, todas las BF son muy tolerantes a bajas temperaturas, condición muy deseada en regiones frías como la Patagonia Húmeda de Aysén, que presenta temperaturas mínimas absolutas invernales muy frías, de entre -7 y hasta -18 ºC (estación Valle Simpson). Es en este ambiente donde algunos cultivares de nabos de raíz han demostrado ser muy útiles en alimentación animal. Generalmente la nieve caída sobre estos cultivos tiene un efecto protector manteniendo en buena condición las raíces.

La relación de raíz y hojas depende en parte del grado de desarrollo del cultivo y del cultivar utilizado (asumiendo que no existe estrés ambiental). De esta forma, se tiene que el peso de la raíz puede corresponder desde un 30% a un 50% ó más del peso total de la planta al momento optimo de cosecha. Sin embargo, bajo situaciones de manejo como las registradas en la zona Intermedia de la Región de Aysén, donde las los nabos suelen ser utilizados como un recurso forrajero de invierno, la participación de las raíces puede llegar a ser de un 90% o más respecto a la planta completa, debido a la senescencia de las hojas que puede ocurrir. Lo anterior es más común en cultivares más precoces que sean mantenidos en terreno hasta el invierno.

Los nabos forrajeros de raíz pueden clasificarse según el tiempo en que alcanzan la madurez de cosecha, de esta forma se tienen: nabos proceses, de precocidad intermedia y tardía. Esta clasificación coincide además con diferencias en la relación hoja/raíz, forma y color de la pulpa de los bulbos y mantención de la calidad bromatológica en las plantas.

Los nabos de precocidad temprana en general, pueden ser utilizados a partir de 60 a 90 días luego de la siembra. Por esta razón, en climas mediterráneos son considerados como un cultivo suplementario de verano. Poseen una menor resistencia a heladas que aquellos de crecimiento más tardío y en general tienen requerimientos de fertilidad de suelo mayores. Las raíces poseen una forma alargada y casi 2/3 de ella está expuesta sobre el suelo, condición que facilita el consumo animal y aumenta la eficiencia de utilización del cultivo. En tanto las hojas, son frondosas y abundantes, consiguiendo con esto una relación hoja/raíz mayor que cultivares de maduración más tardía.

Nabo de raíz precoz (cv. Rival)

Los cultivares de ciclo intermedio y tardío presentan características morfológicas (fenotípicas) similares. Tienen habitualmente una forma globosa con una proporción de hojas menor que aquellos cultivares precoces. El desarrollo óptimo para consumo animal se logra entre los 80 y 100 días en cultivares intermedios y entre 90 a 120 días en cultivares tardíos. Estos últimos, son muy tolerantes a bajas temperaturas manteniendo la consistencia y la calidad de la pulpa

de las raíces, situación que los transforma en una muy buena alternativa para climas fríos como los de Zona Intermedia de la Región de Aysén.

Nabo de raíz tardío cv. Green Globe

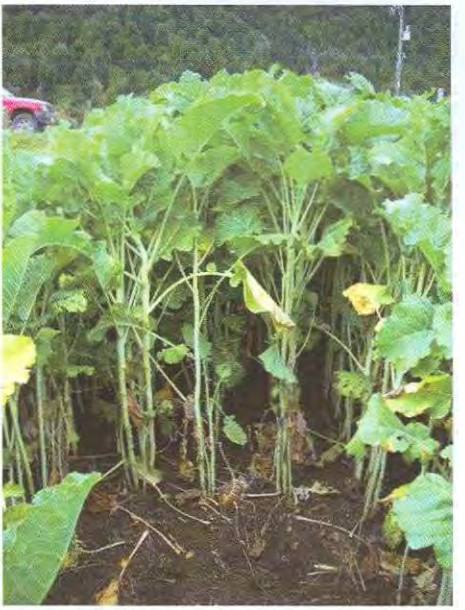
BRÁSSICAS DE INVIERNO

Col forrajera (*Brassica olerecea*)

La col forrajera es un cultivo suplementario típico de invierno, sin embargo, puede ser utilizado en pastoreos en verano debido a que presenta buena capacidad de rebrote, especialmente cuando las condiciones ambientales son favorables. Los primeros antecedentes de uso más generalizado en Chile se remontan a la década de los sesenta.

Es una planta de buena calidad alimenticia por sus buenos niveles de proteína, especialmente en las hojas (proteína cruda de 25%), por lo que frecuentemente es utilizada en rebaños lecheros. Es capaz de tolerar bajas temperaturas, y en Puerto Aysén por ejemplo, ha soportado hasta 14ºC bajo cero sin manifestar daño en sus hojas. Debido a su sistema radical profundo, presenta buena tolerancia a sequias, sin embargo, prefiere zonas con veranos no muy secos y más calurosos.

Un aspecto importante en la planta es la proporción de tallos y hojas. Los primeros cultivares utilizados en Chile poseían tallos gruesos y baja proporción de hojas, mientras que otros presentaban tallos ramificados con mayor cantidad de hojas (tipo mil cabezas) y de gran altura. En la actualidad existen en el mercado una amplia variedad de coles forrajeras, que difieren en rendimiento, palatabilidad y calidad (generalmente la calidad de los tallos aumenta cuando son pequeños, situación que se consigue con poblaciones de plantas mayores).



Col forrajera cv. Soberana, La Junta

Las coles se pueden clasificar en tres tipos:

- Coles pequeñas o bajas, que poseen una relación hoja/tallo mayor, por lo que presentan una muy buena calidad, digestibilidad y palatabilidad de la planta completa, sin embargo, tienen rendimientos potenciales menores (12 ton MS/ha), por ejemplo cv. Maris Kestrel.

- Coles de tipo intermedio, poseen una mayor cantidad de hojas y alta relación hoja/tallo, el rendimiento potencial esta cerca de las 15 ton MS/ha, por ejemplo cv. Soberana.
- Coles gigantes, (hasta 2m de altura) que poseen una baja relación hoja/tallo y una menor digestibilidad como planta completa en relación a coles de tipo pequeñas e intermedias, bajo condiciones favorables de clima y fertilidad puede alcanzar rendimientos sobre las 17 ton MS/ha, sin embargo su utilización es menor. Otro factor importante, es que el rebrote luego de un pastoreo o corte es más lento en las coles gigantes, respecto de las intermedias y bajas respectivamente.

Rutabaga o Colinabo (*Brassica napobrassica*)

La rutabaga es una BF que presenta una raíz comestible, al igual que los nabos de raíz, sin embargo, con rendimientos potenciales mayores (18 ton MS/ha). Las rutabagas son consideradas un cultivo suplementario de invierno al igual que las coles forrajeras por tener una entrada en producción lenta, de entre 150 y 240 días posteriores a la siembra, pero con niveles de energía mayor.

Una alternativa utilizada en sistemas ganaderos, especialmente lecheros, para aumentar los niveles de proteína de un cultivo de rutabaga, es sembrarlas asociadas con coles forrajeras (una hilera de col por cada tres o cuatro de rutabagas).

Rutabaga o Colinabo cv. Dominion

A estados de desarrollo avanzado, las rutabagas presentan una mayor digestibilidad que las coles, que sumado a su alto nivel energético logra mejores respuestas animales con el consumo de estos cultivos en épocas invernales.

Las rutabagas presentan una baja tolerancia a la sequía, menor que nabos de raíz, prefiriendo ambientes frescos y húmedos. Una ventaja de las rutabagas sobre los nabos de raíz, es la capacidad de tolerar temperaturas invernales más extremas y mantener la calidad de las raíces por más tiempo.

Las rutabagas se pueden clasificar en cultivares precoces y tardíos. Los primeros (ej. Dominion) se caracterizan por presentar raíces con pulpa de color amarillo suave y ser más blandas para el animal, además de presentar producciones menores y ser menos tolerantes a enfermedades que afectan a este tipo de plantas. Por otra parte, los cultivares tardíos (ej. Invitation), pueden presentar raíces con pulpa de color amarillo o blanco con una dureza mayor que las precoces, además de tener una mayor relación hoja/raíz y ser más tolerantes a enfermedades. Habitualmente, se recomienda el uso de cultivares precoces en animales jóvenes, o utilizarlos como cultivo de acostumbramiento antes de consumir rutabagas con pulpas de mayor dureza.

CULTIVARES DE BRÁSSICAS FORRAJERAS

La lista de cultivares presentados a continuación son aquellos evaluados en las diferentes condiciones edafoclimáticas de la Región de Aysén, Patagonia Húmeda de Chile (cuadro 1).

Gran parte del material se encuentra disponible en empresas comercializadoras de semillas e insumos agrícolas del país. Cabe destacar, que los resultados de presentados en esta publicación, sólo tienen carácter informativo y no implica necesariamente una recomendación de uso particular.

Especie	Cultivar	Características	Empresa
Nabo de hoja	Hunter	Maduración precoz	Agricom
	Pasja	Maduración precoz	PGG Wrightson seed
Nabo de raíz	Marco	Bulbo globoso/ precoz	Cropmark
	Barkant	Bulbo alargado/ precoz	Wrightson seed
	Appin	Multicorona/buen rebrote	Wrightson seed
	Civasto	Bulbo alargado/precoz	Rocalba
	Blanco de Lugo	Bulbo globoso/precoz	Rocalba
	Green Globe	Bulbo globoso/tardío	PGG Wrightson seed
	Samson	Bulbo alargado/precoz	Advanta sedes
	York Globe	Bulbo globoso/precoz	Agricom
	Delilah	Bulbo alargado, hoja/precoz	Agriseed
	Cuello de Violeta	Bulbo alargado/ intermedio	Rocalba
	Dynamo	Bulbo alargado, hoja/precoz	Agriseed
	Rival	Bulbo alargado/precoz	Agricom
	New York	Bulbo globoso/precoz	Agricom
Col	Soberana	Tipo intermedio	Agricom
	Caledonian	Tipo gigante	Agriseeds
	Coleor	Tipo intermedio	Cropmark
	Rawara	Tipo gigante	Varius
	Maris Kestrel	Tipo pequeño	PGG Wrightson seed
Rutabaga	Winton	Maduración intermedia/ pulpa amarilla	PGG Wrightson seed
	Dominion	Maduración precoz/ pulpa amarilla	Agricom
	Highlander	Maduración tardía/ pulpa blanca	PGG Wrightson seed
	Invitation	Maduración tardía/ pulpa amarilla	Agriseeds
	Major Plus	Maduración precoz/pulpa amarilla	PGG Wrightson seed
Raps	Titan	Media altura/ precoz	PGG Wrightson seed
	Goliath	Alta/ tardía	PGG Wrightson seed
	Winfred	Media altura/ precoz	Agricom
	Bonar	Media altura/ tardía	PGG Wrightson seed
	Interval	Alta/ tardía	Agriseeds

Cuadro 1: Principales características de brássicas forrajeras evaluadas en la Región de Aysén

CAPITULO 2

ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE BRÁSSICAS FORRAJERAS EN AYSÉN

Ricardo Salvo M., Ing. Agr., INIA-Tamel Aike
Osvaldo Teuber W., Ing. Agr. INIA-Tamel Aike

INTRODUCCIÓN

Las brássicas forrajeras (BF), en general, son consideradas especies rústicas que se pueden adaptar adecuadamente a distintos tipos de manejo. Sin embargo, en la medida que cuenten con condiciones favorables para germinar, emerger y desarrollarse, mayor será la posibilidad de alcanzar los rendimientos potenciales descritos para cada una de estas especies. La preparación de suelo, los niveles de fertilidad del suelo, la fecha de siembra, y el control de malezas entre otros, son factores que pueden ser limitantes para el crecimiento de estas especies.

Las características particulares de los sistemas pastoriles de la Región de Aysén, permiten incorporar a las BF como una alternativa alimenticia en la mayoría de las explotaciones ganaderas, para ser utilizadas en periodos de escasez de forraje. Una característica de las BF, es que pueden ser utilizadas como cabecera de rotación en un plan de mejoramiento de empastadas, por lo que una muy buena alternativa es la utilización de potreros de baja producción para el establecimiento de estas especies.

ELECCION DEL POTRERO PARA LA SIEMBRA

Debido a la relativamente baja eficiencia en la captura de nutrientes del suelo de las BF, en especial las especies de raíz , por el sistema radical superficial y poco desarrollado que presentan, requieren en general de bastante altos niveles de fertilidad para sostener las altas producciones que pueden llegar a tener. La ventaja de esto, es que en la siguiente temporada el productor tendrá un potrero con una fertilidad mayor a la inicial, producto de los nutrientes que no fueron utilizados por el cultivo y el reciclaje de nutrientes producto del pastoreo de los animales. Otro aspecto relevante, es que en el caso de los cultivos de raíz, como nabos y rutabagas, luego del pastoreo de los animales (en especial bovinos) el suelo queda lo suficientemente trabajado (suelto), como para disminuir las labores de labranza en la siguiente temporada agrícola. Por ello, la elección del potrero para el establecimiento de

las BF debe incluir una estrategia a largo plazo que considere los cultivos secuenciales, el mantenimiento o aumento de la fertilidad y estructura del suelo y el control de plagas y enfermedades entre otros.

PREPARACIÓN DE SUELO

La preparación de suelo se define como el conjunto de labores físicas efectuadas sobre el suelo, con el propósito de efectuar modificaciones de aquellas características que afectan la germinación de la semilla y posteriores etapas de desarrollo de las plantas. La estructura del suelo, es el principal parámetro modificado con las labores de labranza, que influye directamente con la aireación del suelo, capacidad de retención de humedad y el grado de descomposición de la materia orgánica por la mayor actividad biológica, entre otras propiedades.

Uso de rotovator para afinar cama de semillas antes de la siembra

Una buena preparación de suelo en la Región de Aysén, se logra realizando un barbecho temprano en otoño, facilitando con esto la aireación del suelo y la mineralización de los nutriente y posteriormente labores de labranza segundarias a salidas de invierno (mullimiento del suelo), con esto se asegura conseguir una buena cama de semillas para el establecimiento del cultivo de BF. Otra labor que se puede incluir dependiendo de aspectos

técnicos y económicos es un barbecho químico antes de la siembra con un herbicida sistémico de amplio espectro: como glifosato (4-5 l de producto comercial/ha). Adicionalmente se puede incluir una segunda aplicación pasada una semana de la primera aplicación, con algún desecante de contacto (ej. Paraquat).

La eliminación de capas profundas compactadas en el suelo, por medio de subsolado ha demostrado en trabajos extranjeros, un aumento de un 30% de los rendimientos en cultivos de BF, lo que sería solamente aplicable cuando se desee establecer este tipo de cultivos en praderas degradadas con alto grado de compactación.

Debe tenerse presente que las mejores producciones de BF en la Región de Aysén, se han logrado con una oportuna y buena preparación de suelo.

El uso de rollo antes y después de la siembra es una práctica muy aconsejable en el establecimiento de BF.

Métodos de siembra mecanizada o manual, utilizadas para el establecimiento de BF.

Como antecedente, se debe recordar que los principales objetivos de la preparación de suelo según los métodos de labranza son:

- Crear una cama de semillas óptima para las características particulares de cada cultivo de BF.
- Proteger el suelo contra la erosión.
- Conservar y almacenar la humedad del suelo, en beneficio del cultivo.
- Controlar algún tipo particular de malezas.
- Ajustarse a los costos del sistema productivo.

Cada uno de estos objetivos puede resultar prioritario dependiendo de las condiciones ambientales y técnicas del lugar donde se pretenda establecer un cultivo de BF. Un factor muy relevante en suelos regionales, que se caracterizan por sus texturas livianas y baja estructuración, es el efecto de la erosión eólica o "pérdida" de suelo por acción del viento. Esta situación es muy habitual en los suelos de la Región de Aysén (Zona Intermedia), especialmente cundo las labores de preparación de suelo se realizan en primavera. Lo anterior es de alta importancia, ya que las BF habitualmente se sembrarán en la época que coincide con la mayor incidencia de vientos fuertes en la zona (noviembre). Trabajos locales muestran, perdidas de suelo superiores a 15 ton/ha por acción eólica, siendo el 20% de estas perdidas la fracción más fértil de suelo, incluyendo nutrientes y materia orgánica.

Erosión eólica de suelo, segunda quincena de octubre, Valle Simpson

Un aspecto importante para un buen establecimiento de las BF, es tener una cama de semillas lo suficientemente firme y que la semilla logre un íntimo contacto con el suelo, por lo que antes y después de la siembra, es muy recomendado pasar un rodillo compactador al suelo.

Rodillado luego de la siembra. Hay que tener cuidado con la velocidad de avance del rodillo, para evitar el efecto de "ola" en el suelo.

MÉTODOS DE SIEMBRA

Las BF pueden ser sembradas al voleo o en línea, de forma manual o mecanizada. Sin embargo, independiente del método que se utilice, se debe procurar siempre hacer una distribución homogénea de la semilla a una profundidad adecuada, nunca mayor a 1,5 cm.

La siembra al voleo manual, por medio de una sembradora tipo "ciclon" es una alternativa para sembrar superficies pequeñas y/o cuando no se tiene acceso a maquinaria, situación que en la Región de Aysén es muy habitual en pequeños agricultores. Es importante, al utilizar este método de siembra, realizar una buena calibración de la maquina y cuidar el traslape entre pasadas. Es aconsejable, aumentar hasta un 20% la dosis de semilla para asegurar un buen establecimiento del cultivo. La siembra al voleo es un método sencillo y económico, sin embargo, los resultados productivos pueden ser muy variables, especialmente porque no permite controlar la profundidad de siembra. Además, las plantas, especialmente en las especies de raíz, no son muy eficientes en la captura de los nutrientes cuando la fertilización no se efectúa en forma localizada, por lo que este método se adapta bien en aquellos suelos con buena fertilidad.

Otra alternativa utilizada frecuentemente por productores de sistemas ganaderos, es la siembra mediante el uso del trompo abonador, en la que se aconseja realizar la aplicación de semillas y fertilizantes en forma cruzada, aumentando con esto la probabilidad de mejorar la cobertura al momento de la siembra. Esta práctica permite cubrir grandes extensiones rápidamente, sin embargo al igual que en el método manual, no es posible controlar la posición del fertilizante y la de semilla, con lo que la eficiencia en la captura y uso de los nutrientes disminuye. Para ambos casos, siembra al voleo manual o mecanizada, debe considerarse siempre el cubrir las semillas por medio de una rastra liviana (rastra de ramas o cadena) y luego compactar mediante el paso de rodón.

Las siembras mecanizadas, realizadas en línea especialmente aquellas que permiten la localización del fertilizante son las más recomendadas para el establecimiento de BF, ya que permiten regular muy bien la dosis de semilla y la profundidad de siembra, cuando las condiciones de suelo son adecuadas. Es posible utilizar una máquina cerealera convencional o una regeneradora de praderas. Una práctica utilizada en maquinas donde no es posible regular dosis de semilla muy bajas, como las que habitualmente se usan en el establecimiento de BF, es mezclar las semillas con arena en el cajón de semillas de la sembradora.

Otro método se siembra, es a través del sistema cero labranza, que presenta como característica principal que no necesita preparación de suelo previa, siendo necesario sólo un

buen control químico de vegetación residente. El éxito o fracaso de este método estará fuertemente influenciado por la competencia que tengan las plántulas de BF con las demás especies residentes. Una práctica recomendada es la aplicación de glifosato (4-5 l de producto comercial/ha), antes de la siembra, de modo de eliminar la vegetación presente.

Las primeras experiencias regionales, en el uso de esta tecnología conservacionista son alentadoras, sin embargo, faltan más estudios de validación. Las experiencias en otros países muestran que las mejores repuestas productivas de han observado con sistemas de labranza tradicional y siembra en línea con fertilización localizada.

Uso de sistema de cero labranza en siembras de brásicas forrajeras en Aysén

DOSIS DE SIEMBRA

Se debe tener presente que las dosis de semillas en BF son muy bajas, ya que la recomendación general es de 3 a 4 kg/ha para raps forrajero, híbridos y coles forrajeras, 1 a 3 kg/ha para nabos forrajeros y de 0,8 a 1,5 kg/ha para rutabagas, lo que hace un poco complicada la dosificación, pero factible de realizar (cuadro 1). Además, por el pequeño tamaño de la semilla, la profundidad de siembra no debe ser superior a 1,5 a 2 cm.

Especie	PMS (g)	Semillas por kg (x1000)	Dosis de siembra (kg/ha)	Densidad de plantas (plantas/m^2)
Nabo de raíz	2.5	400	1.0	30
Rutabaga	3.0	333	0.7	20
Col	4.0	250	4.5	80
Raps	3.5	286	4.0	100
Nabo de hoja	2.8-4-0	357-250	3.5-5.0	110

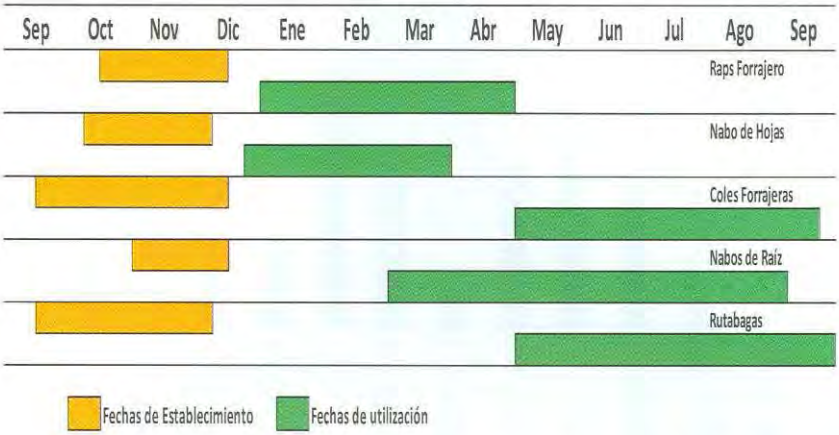
Cuadro 1. Peso de mil semillas (PMS), nº de semillas por kg, dosis típicas de siembra y densidad de plantas objetivo para diferentes especies de brásicas forrajeras de raíz

FECHA DE SIEMBRA

Por las características que presentan los ciclos vegetativos de las distintas especies de BF, al manejar estratégicamente las fechas de establecimiento y las especies/cultivares a utilizar, se puede alcanzar una oferta de forraje en un amplio período de tiempo. Teniendo como base la experiencia de otros países y las observaciones y resultados de la Región de Aysén, parece ser factible comenzar con producciones de verano, pasando por el período de otoño y finalizando en invierno e inclusive, algunas especies de raíz pueden pasar con estos órganos de reserva durante todo el invierno y ser utilizados una vez terminado el período invernal. También se tuvo experiencias de uso de rebrotes de raps en primavera, antes de (o durante) la emisión de tallos florales producto del inicio de su segunda temporada fenológica.

Cada una de estas especies forrajeras presenta distintos períodos vegetativos, y la elección del cultivar más adecuado permite adecuarse al sistema productivo, de acuerdo a las fechas de utilización de este forraje para los animales.

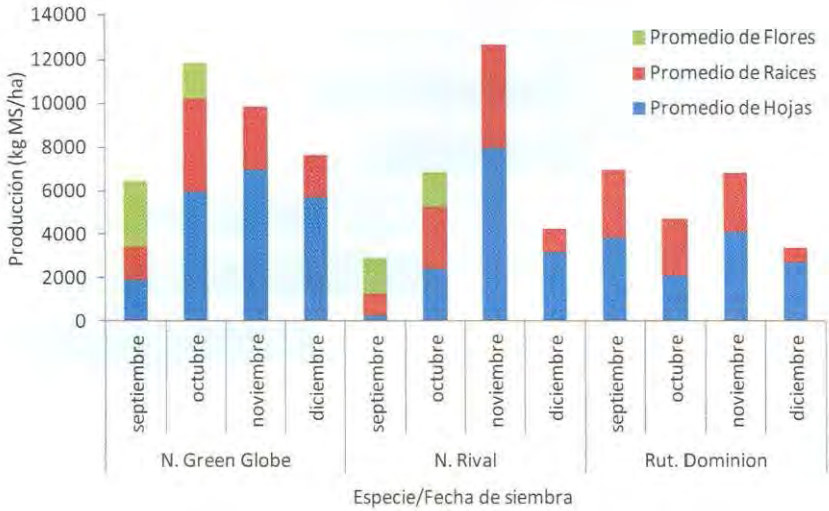
Un aspecto muy importante que frecuentemente disminuye la producción y la calidad del cultivo significativamente, es la fecha o época de siembra. Ello ocurre especialmente en sectores donde las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de las plantas se limitan a sólo un período más corto, muy común en climas como los de la Patagonia.



Fechas de establecimiento y utilización de Brássicas forrajeras (Adaptado de: Ayres y Clements, 2002)

Brássicas de raíz: trabajos recientes desarrollados por INIA Tamel Aike, muestran que siembras realizadas temprano en primavera (septiembre-octubre) no son recomendadas para nabos de raíz por la alta probabilidad de obtener bajas producciones y alto número de plantas (100% en algunos casos) en estado reproductivo (plantas subidas - vernalización), especialmente cuando se utilizan cultivares precoces.

En estas latitudes, se recomienda sembrar alrededor de la primera quincena de noviembre, mientras que siembras más tardías (diciembre) sólo serían aconsejables en condiciones particulares, como son: contar o asegurar una buena humedad de suelo y utilizar cultivares precoces.



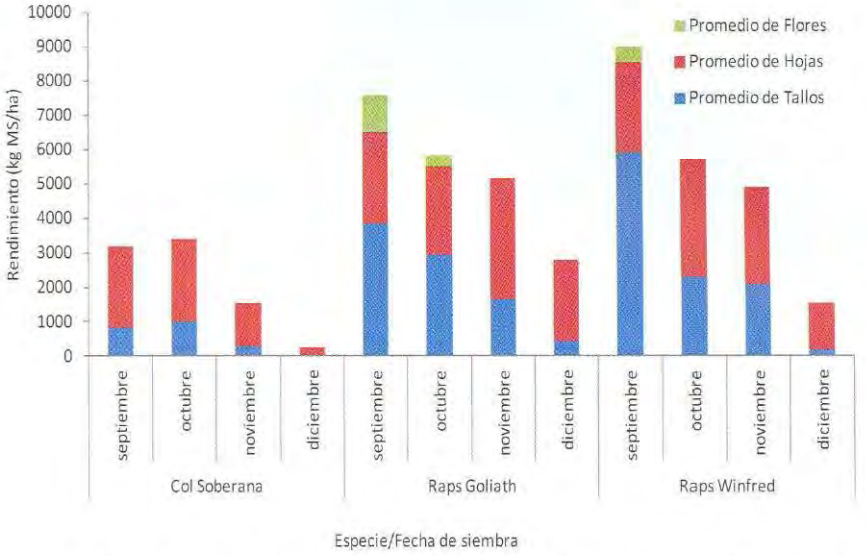
Efecto de diferentes fechas de establecimiento, en tres cultivos de BF de raíz.

En experiencias en sectores húmedos, como Puerto Aysén y La Junta, por las condiciones climáticas, en que las temperaturas son más templadas y la humedad menos limitante, es posible flexibilizar algo las siembras de BF sin desmedro de la producción final y ajustarse a las ventanas climáticas que permitirán los manejos. Se debe considerar, que muchas veces en estos sectores no se pueden realizar siembras más tempranas porque la saturación del suelo no lo permite.

Por otro lado, las rutabagas, al presentar un ciclo de desarrollo más prolongado (sobre 200 días), responden mejor a siembras realizadas temprano en primavera (mediados de septiembre-comienzos de octubre), a diferencia de los nabos de raíz. En evaluaciones de terreno con diferentes cultivares de rutabaga, no se han detectado problemas de plantas vernalizadas al momento de ser consumidas por el ganado.

Brássicas de hoja: En un ensayo de campo, establecido con el propósito de determinar el efecto de la época de siembra sobre el rendimiento de coles y raps forrajeros en el sector de Valle Simpson (sector Santa Elena), se evaluaron dos cultivares de raps (Goliath y Winfred) y un cultivar de col (Soberana), sembrados en cinco fechas de siembra diferentes. Los

resultados de sólo cuatro de ellas son presentados, debido a que el cultivo en la primera fecha de siembra (otoño) no se estableció adecuadamente.



Efecto de la época de siembra sobre la producción y fenología de brásicas de hojas en la Región de Aysén.

Destaca, la marcada diferencia en términos de producción entre coles y raps forrajeros. En el caso de las coles (cultivo de ciclo largo), se recomienda siembras tempranas en primavera, ya que siembras tardías disminuyen fuertemente su rendimiento. Los rendimientos de coles evaluadas bajo condiciones de la Zona Intermedia de la Región de Aysén, siempre han estado muy lejos de las producciones potenciales de la especie, mientras que los mejores resultados se han registrado en sectores de alta pluviometría, como Puerto Aysén y La Junta, sobre 14 t MS/ha.

En ambos cultivares de raps evaluados se observó, un aumento en el rendimiento con siembras tempranas (septiembre). Sin embargo, tanto el cultivar de raps Goliath como Winfred, presentaron una alta proporción de vernalizadas o con emisión de tallo floral, lo

que se relaciona directamente con una baja en la calidad del forraje cosechado. Esta condición se mantuvo en el cultivar Goliath, hasta la siembra del 20 de octubre. Sin embargo, el cv. Winfred se mantuvo en estado vegetativo, lo que se explicaría por una mayor capacidad de este material a resistir bajas temperaturas o tener requerimientos de acumulación de horas frío mayor antes de entrar en estado reproductivo. En general, se recomiendan, siembras a mediados de noviembre en el caso de raps forrajero, para prevenir la vernalización de las plantas. Por otro lado, en zonas de menor pluviometría el raps parece ser el cultivo más aconsejable, frente a la col forrajera, como se desprende de las producciones indicadas.

En todas las especies de BF evaluadas, se observó una disminución en la calidad nutricional de cada una de las fracciones que conforman la planta, entre los estados vegetativos y reproductivos, respectivamente. En algunos casos (ej. Winfred), se observó buenos niveles de proteína y energía en los tallos florales y flores, lo que puede estar relacionado a la formación de semilla. Sin embrago, debe considerarse que no es recomendable tener cultivos vernalizados, aparte de la pérdida de material nutritivo, por la baja considerable en la utilización del cultivo y la dificultad de manejo práctico del mismo (cerco eléctrico, etc.).

Nabo de Raiz cv. Rival				
	Órgano	P.C	EM	DMS
		%	Mcal/Kg	%
Estado Vegetativo	HOJAS	21	2.7	91
	RAICES	11	3.1	95
Estado Reproductivo	HOJAS	18 ↓	2.7 ↓	92
	RAICES	8 ↓	2.8 ↓	87
	TALLO FLORAL	6	2.1	66

Raps Forrajero cv. Winfred				
	Órgano	P.C	EM	DMS
		%	Mcal/Kg	%
Estado Vegetativo	HOJAS	19	3.0	94
	TALLOS	10	2.9	85
Estado Reproductivo	HOJAS	17 ↓	2.7 ↓	94
	TALLOS	8 ↓	2.3 ↓	69
	TALLO FLORAL	22	3.0	93

Efecto del estado fenológico en plantas de brássicas forrajeras sobre parámetros de calidad nutricional.

PRODUCCIÓN REGIONAL DE BRÁSSICAS FORRAJERAS

A lo largo del período de introducción y evaluación de las diferentes especies de BF (de hojas y raíces) por parte del INIA Tamel Aike en las distintas zonas agroclimáticas de Región de Aysén, ha sido posible determinar y validar producciones (kg MS/ha), como también su utilización por parte del ganado.

Los diferentes trabajos de campo realizados, muestran que las producciones potenciales que pueden alcanzar las BF de raíz (nabos y Rutabagas) son altas, sobre 15 ton MS/ha en algunos casos y de muy buena calidad nutricional. Sin embargo, se observan fuertes variaciones en términos de rendimiento, producto de factores climáticos (estrés hídrico) o de manejo del cultivo (fecha de siembra, preparación de suelo, dosis y profundidad de siembra, fertilización y control de malezas principalmente)

De esta forma, a continuación se muestran aquellos resultados productivos más interesantes obtenidos en condiciones de campo producto de cuatro temporadas de evaluación para tres condiciones edafoclimáticas de la Patagonia húmeda, Región de Aysén.

Zona de Estepa y Transición a Estepa

La introducción de BF en la Zona de Estepa, está delimitada fuertemente a sectores particulares dentro de esta macrozona edafoclimática. De esta forma, sitios protegidos del viento y que garanticen humedad de suelo para el establecimiento y desarrollo del cultivo, como pequeños valles o zonas bajas, son ideales para obtener altos rendimientos en estas especies forrajeras.

Si bien, las producciones obtenidas bajo estas condiciones son menores a las observadas en otras zonas de la Región de Aysén (Z. Intermedia y Z. Húmeda) o se encuentran lejos de los potenciales productivos de estos cultivos, especialmente en especies de hoja como raps, coles e híbridos, el impacto que tienen sobre los sistemas ganaderos es muy alto, debido a que permiten aumentar la capacidad sustentadora del sistema productivo en épocas en que la pradera tiene poca o nula producción.

Las diferentes temporadas de cultivo en estos sectores, permitieron validar el comportamiento productivo de todo el material evaluado en la Zona de Estepa o Transición a Estepa. De esta forma, se tiene que en general las especies de raíz como rutabagas y nabos presentaron rendimientos superiores a los registrados por especies de hoja como coles, raps e híbridos.

Así, nabos de raíz mostraron rendimientos promedio entre 8 y 15 t MS/ha, similares a las registradas en la Zona Intermedia y superiores a las observadas en la Zona Húmeda. Dentro de los cultivares evaluados destacaron frente al resto: Green Globe, Marco, York Globe y Blanco de Lugo, siendo este último muy interesante especialmente por la alta proporción de hojas mostrada (cerca de un 80%) en relación a la planta completa, lo que la hace muy apetecida por el ganado ovino. Mientras tanto, los rendimientos en rutabagas o colinabos se encontraron en el rango de las 8 y 11 t MS/ha, valores que se encuentran por debajo de otras zonas evaluadas. Cultivares como Winton, Dominion, Highlander y Major Plus mostraron una buena adaptación en este sector.

Para cultivos de hoja, la mejor adaptación y altos rendimientos se consiguió con raps e híbridos forrajeros por sobre las coles, las que sólo mostraron producciones cercanas a las 5 t MS/ha o levemente superiores. Sin embargo, cultivares de raps como Goliath o Winfred mostraron producciones promedio de hasta 9,5 ton MS/ha y de 8 ton MS/ha en cultivares de nabos de hoja como cv. Hunter y Pasja. Estas especies, raps e híbridos se adaptan muy bien a los sistemas ganaderos de estepa, que principalmente son explotaciones ovinas.

Zona Intermedia

La Zona Intermedia se caracteriza por concentrar la actividad agropecuaria de la Región de Aysén, y es aquí donde se encuentra el mayor número de explotaciones o sistemas de engorda bovina, siendo una de las razones que explicarían el fuerte incremento en la superficie sembrada con cultivos de brásicas forrajeras desde su introducción a la región, sumado a la buena adaptación que presentan estas especies bajo las condiciones de clima y suelo de esta zona.

La evaluación de adaptación y producción primaria en BF en la Zona Intermedia, contempló la inclusión de una serie de sectores representativos de esta macro-zona agroecológica como: Valle Simpson, Mano Negra, Lago Verde y sector El Salto, situación que permitió determinar a través de la validación de resultados de las diferentes temporadas agrícolas, producciones potenciales para cada una de las especies de brásicas forrajeras evaluadas, como también llegar a determinar que cultivares se adaptarían a las condiciones ambientales particulares de la Zona Intermedia.

El trabajo de campo en cada uno de los sectores evaluados, permitió determinar que las mayores producciones especialmente en BF de raíz como nabos y rutabagas, se lograron en la Zona Intermedia, consiguiendo en algunos casos producciones similares a las reportadas por la literatura como potenciales para estas especies. De esta forma, es posible obtener

rendimientos en nabos de raíz en el rango de 8 y 16 t MS/ha, pudiendo ser en algunos casos inclusive superior a estos valores, destacan los cultivares Barkant, Green Globe, Rival, Civasto y Cuello de Violeta. En rutabagas, los rendimientos promedios son superiores que los registrados para nabos de raíz, pudiendo alcanzar las 17 t MS/ha con algunos cultivares destacados como Winton y Dominion.

Las especies de hoja como raps e híbridos forrajeros muestran producciones levemente menores (10-15 %) que las registradas en la Zona Húmeda de la Región de Aysén. Sin embargo, en coles forrajeras el detrimento en la producción puede llegar a un 60% respecto a las producciones en sectores con alta precipitación. La producciones promedio para raps forrajero se encuentran entre las 8 y 12 t MS/ha, mientras que en nabos de hojas se mueve entre las 6 y 10 t MS/ha, destacando los cultivares Goliath, Winfred e Interval y Hunter y Pasja para raps forrajero y nabos de hojas respectivamente.

Zona Húmeda o de Transición

La Zona Húmeda, representada por sectores como Puerto Aysén y La junta que constituyeron a su vez sitios donde fueron evaluados cada uno de los cultivares de brásicas forrajeras pertenecientes a las cinco especies en estudio (raps, coles, híbridos, nabos y rutabagas), se caracteriza por presentar condiciones de clima propicias especialmente para el desarrollo de especies de hojas, sin que la condición de acidez típica de estos suelos sea una limitante productiva para estos cultivos en general.

Coles forrajeras, registran producciones promedio en el rango de 12 y 14 t MS/ha, destacando cultivares como Caledonian, Rawara y Regal. Sin embargo, existen antecedentes regionales en que se describe que las coles pueden alcanzar producciones mayores (ej. 20 t MS/ha con col forrajera cv. Soberana, sembrada en noviembre). Una característica destacada en coles y en algunos cultivares de raps forrajero es el hecho de llegar en muy buena condición (sanidad y vigor de planta) a periodos de otoño e invierno, situación que no ocurre con híbridos por su corto ciclo productivo o con nabos de raíz, que se ven fuertemente afectados en algunos casos por pudriciones en hojas y raíces producto de la combinación de bajas temperaturas y alta humedad presente.

Las producciones promedio para raps forrajero evaluado en la Zona Húmeda se encuentran entre las 10 y 13 t MS/ha, destacando los cultivares Goliath e Interval, este último ha mostrado producciones de hasta 15 t MS/ha. Mientras que los nabos de hojas o híbridos presentan producciones promedio en el rango de las 8 y 11 t MS/ha.

Las especies de raíz, especialmente el caso de nabos forrajeros, han mostrado altas producciones de materia seca, sin embargo, a diferencia de las rutabagas pareciera que su uso estaría más orientado a los meses de otoño que a los de invierno, producto de las pérdidas en hojas y raíces que se producen a partir de mayo especialmente en cultivares precoces. Las producciones para nabos de raíz se encuentran para esta zona en el rango de las 6 y 11 t MS/ha, destacando los cultivares como Civasto, Cuello de Violeta y Balance, mientras que en rutabagas es posible obtener producciones que van entre las 8 y 16 t MS/ha, siendo aconsejable cultivares como Winton, Highlander y Major Plus por el buen desempeño mostrado en evaluaciones de campo.

El cuadro 2 resume los antecedentes respecto a especies, cultivares, zonas agroclimáticas de Aysén y rangos productivos observados.

Especie	Zona de Estepa	Zona Intermedia	Zona Húmeda
Nabo de raíz	Blanco de Lugo Green Globe Marco York Globe 8-15 t MS/ha	Civasto Green Globe Barkant Rival Cuello de Violeta 8-16 t MS/ha	Civasto Cuello. de Violeta Balance 6-11 t MS/ha
Rutabaga	Winton Dominion Highlander Major Plus 8-11 t MS/ha	Winton Dominion 8-17 t MS/ha	Winton Highlander Major Plus 8-16 t MS/ha
Col	< 5 t MS/ha	< 5 t MS/ha	Caledonian Rawara Regal Soberana 12-14 t MS/ha
Raps	Goliath Winfred 5,5–9,5 t MS/ha	Goliath Winfred Interval 8-12 t MS/ha	Goliath Interval 10-15 t MS/ha
Nabo de hoja	Hunter Pasja 5-8 t MS/ha	Hunter Pasja 6-10 t MS/ha	Hunter Pasja 8-11 t MS/ha

Cuadro 2. Lista de cultivares de brássicas forrajeras con buena adaptabilidad, en el proces de introducción a las diferentes zonas agroclimáticas de la Región de Aysén.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Ayres, L. and Clements, B. 2002. Forage brassicas – quality crops for livestock production (on line) < http://www.agric.nsw.gov.au/reader/15548 > (16 octubre 2011))

Albayrak, S. and Camas, N. 2005. Performances of forage turnip (brassica rapa l.) cultivars under different nitrogen treatments. The Journal of Agricultural 21(1)44-48.

Hall, M.H. and Jung, J. 2008. Use of Brassica Crops to Extend the Grazing Season. Pennsylvania States University Agricultural Cooperative Extension

McCartney, D., Fraser, J. and Ohama, A. 2009. Potential of warm-season annual forages and Brassica crops for grazing: A Canadian review. Can. J. Anim. Sci. 89:431-440.

Mejias, J. y Barria, O. 1999. Explotación conservacionista de suelos, Zona Intermedia de Aysén. Revista Tierra Adentro. 26: 48-49.

Ruiter, J., Wilson, D., Maley, S., Fletcher, A., Fraser, T., Scott, W., Berryman, S., Dumbleton, A. and Nichol, W. 2009. Management practices for forage brásicas. Forage Brassica Development Group (FBDG). 62 pp.

Stewart, A. Charlton, D. 2003. Pasture and forage plants for New Zealand. New Zealand Grassland Association 8: 76–80.

CAPITULO 3

GUIA PARA LA FERTILIZACION DE CULTIVOS BRÁSSICAS FORRAJERAS

Dante Pinochet T.. Ing. Agr. MSc., PhD,
Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias. U. Austral de Chile.

INTRODUCCIÓN

La fertilización de los cultivos está orientada a responder una pregunta básica de los agricultores: ¿Qué dosis de nutrientes se debe aplicar al cultivo para maximizar la productividad con el mínimo costo ambiental y económico? Ello implica el diseño de una dosis que considere la máxima productividad para el cultivo, pero sin provocar excesos de fertilización que produzcan la contaminación del medio ambiente, al menos más allá de lo necesario.

En Chile se ha propuesto un método de fertilización de los cultivos que ha sido desarrollado desde hace más de 20 años (Rodríguez, 1991; Rodríguez *et al.*, 2001; Pinochet, 2005) y que se encuentra ampliamente difundido en el país. De acuerdo a este método de fertilización, la dosis por aplicar se resume en tres componentes principales, que considera las interacciones del sistema suelo-cultivo-clima-fertilizante: la demanda de nutrientes del cultivo (Demanda), el suministro del suelo que pueden absorber los cultivos (Suministro) y la eficiencia de recuperación de los fertilizantes aplicados (Eficiencia de la Fertilización). De esta forma, la estimación cuantitativa de la dosis de fertilización (Dosis) puede ser representada matemáticamente de acuerdo a la siguiente ecuación básica de fertilización:

Ecuación 1:

$$DOSIS = \frac{Demanda - Suministro}{Eficiencia\ Fertilización}$$

Cuantificando adecuadamente estos parámetros es posible en los agrosistemas chilenos llegar a una dosis de fertilización para los cultivos. Para cuantificarlos se requiere de realizar ensayos de fertilidad en los distintos cultivos y en los distintos suelos, bajo diferentes condiciones de manejo. Esta guía de fertilización se presenta con énfasis en cultivos de brássicas forrajeras (BF) y puede ser utilizada como una guía general de la fertilización en de suelos y ecosistemas de Chile.

LA DEMANDA DE NUTRIENTES

La demanda de nutrientes, se refiere a la cantidad de nutrientes que es requerida para que el cultivo exprese un determinado potencial productivo, denominado rendimiento alcanzable en el agroecosistema. Representa la cantidad mínima óptima de un nutriente que maximiza el rendimiento. Usualmente se expresa como la cantidad de nutriente absorbida por el cultivo, considerando la eficiencia de utilización del nutriente por parte del cultivo. Esto es, la cantidad de nutriente mínima óptima que permite un rendimiento de producto agronómico. Desde el año 2001, es usual que se expresen los parámetros que determinan la adecuada utilización de un nutriente en un sólo parámetro denominado factor de demanda (*fDem*). Este factor de Demanda integra, en un solo parámetro, a los parámetros requerimiento interno de nutriente, el índice de cosecha y la humedad de cosecha.

Ecuación 2:

$$Demanda = RendAlcanzar * fDem$$

El requerimiento interno corresponde a la concentración mínima óptima del nutriente por unidad de materia seca producida y es medido en el momento de la cosecha del cultivo. Dado que normalmente los agricultores miden su rendimiento en unidades de producto cosechado y no en unidades de materia seca total producida, se hace necesario transformar el rendimiento en materia seca total producida usando dos parámetros adicionales que son característicos de los cultivos en términos agronómicos: El índice de cosecha, que indica la proporción cosechada de toda la materia seca producida (total materia secas aérea más el producto cosechado) y la humedad de cosecha del producto (*HC*). En cultivos como las BF, es muy útil establecer factores de demanda, ya que la decisión agronómica de cosecha hace que la proporción de raíz/parte aérea sea variable, lo que produce valores de requerimiento internos variables y también con variaciones en la humedad en cosecha. Sin embargo, dentro de prácticas agronómicas razonables, el factor de demanda, permanece razonablemente constante.

Parámetro	Factores de Demanda (*fDem*, expresados en kg/t de producción) Cultivo de brássicas forrajeras			
	Nabos	Colinabos	Raps	Coles
fDemN	20,5	22,0	19,0	19,5
fDemP	2,1	2,4	1,8	1,9
fDemK	20,0	18,5	23,0	24,5
fDemCa	14,0	12,0	8,5	9,5
fDemMg	2,0	2,2	1,6	1,9
fDemS	4,0	4,2	4,0	4,0

Cuadro 1. **Factores de demanda para los macronutrientes en cuatro cultivos de BF, determinados desde ensayos de campo del Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos (IIAS) de la Universidad Austral de Chile y consolidados con información de la literatura nacional e internacional**

A partir de estos factores es posible calcular la demanda de macronutrientes, que determina las necesidades mínimas óptimas de absorción de las BF para un rendimiento determinado.

EL ANÁLISIS DE SUELO COMO HERRAMIENTA PARA EVALUAR LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

La disponibilidad de nutrientes se refiere como concepto a la cantidad de nutrientes presente en el suelo que tiene la capacidad de llegar a la solución del suelo, desde donde puede ser absorbida por un cultivo. Usualmente, la cantidad de un nutriente, presente en la solución del suelo, es muy baja y representa la disponibilidad inmediata para el cultivo. Por ello, durante la temporada en que el cultivo necesita absorber nutriente desde el suelo, se requiere reponer muchas veces la cantidad presente en la solución. Esta cantidad está representada por la disponibilidad en la temporada de cultivo. Para ello, se requiere conocer mucho más que la cantidad presente en la solución, sino que toda la cantidad de nutriente que potencialmente puede pasar a la solución en la temporada del cultivo, lo que está determinada por la capacidad tampón del nutriente en un suelo particular y que es una característica del suelo.

Para conocer el nutriente disponible durante la temporada del cultivo, se han desarrollado los test químicos de suelo y que representan como ***índices*** una medida del suministro de nutriente del suelo. El hecho que sean índices implica que no son una medida verdadera de la disponibilidad del nutriente en el suelo, sino que son una medición que se basa en la correlación entre la cantidad extractada con el test químico y la cantidad absorbida por el cultivo en una

temporada. Por ello, en la interpretación de los índices de disponibilidad debe considerarse la eficiencia de absorción de cultivo. Esto es, frente a una misma cantidad de nutriente presente en el suelo, de acuerdo al índice, los cultivos pueden obtener una cantidad diferente en absorción dependiendo de su eficiencia de absorción con que el cultivo obtiene los nutrientes desde el suelo.

Estos índices son entregados en un análisis de la disponibilidad en una muestra representativa del sitio que se desea cultivar. En general, la profundidad de suelo que se analiza para cultivos corresponde a los primeros 20 cm, que es la capa arable. Las determinaciones que se realizan en un análisis de suelo se hacen para conocer:

(a) los indicadores de parámetros permanentes de fertilidad de suelo,
(b) los indicadores de la condición del suelo, y
(c) los indicadores de la disponibilidad de los nutrientes, principalmente los macronutrientes.

Los indicadores de parámetros permanentes de fertilidad de suelo se refieren a índices químicos que se correlacionan con las propiedades del suelo que determinan la eficiencia de disponibilidad de un elemento en el suelo. Esta eficiencia de disponibilidad se refiere a la cantidad que se debe aplicar de un nutriente para incrementar el índice de disponibilidad en una unidad. Los parámetros permanentes son muy difíciles de cambiar en un suelo y usualmente, corresponden a índices que se correlacionan con la capacidad tampón de un nutriente en el suelo. Dentro de ellos se han seleccionado para los suelos chilenos, el aluminio extractable (que es un índice de la reactividad de sitios OH de los coloides del suelo (AlExt)), el contenido de arcilla, la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) y el contenido de materia orgánica (MOS).

Los indicadores de condición del suelo se refieren a índices que dan cuenta del estado en que se encuentra un suelo y que usualmente debe ser corregido para alcanzar altas productividades de un cultivo y el funcionamiento normal del suelo. Dentro de éstos se encuentran los indicadores de acidez (pH en agua y $CaCl_2$, Al intercambiable), de salinidad (conductividad eléctrica, contenido de Na intercambiable) y relación C/N del suelo. También, dentro de los parámetros de condición se incluyen aquellos relacionados a la condición física del suelo, a través de varios indicadores pero que, por ahora, son usualmente poco utilizados.

Para caracterizar la disponibilidad de nutrientes se utilizan métodos de rutina comunes en muchos laboratorios del mundo incluyendo N mineral, P-Olsen, K-intercambiable, Ca-intercambiable, Mg-intercambiable, S disponible y micronutrientes extractables. Las metodologías de determinación han sido estandarizadas en Chile a través de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo y están completamente descritos en Sadzawka et al. (2006).

ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE DE LOS SUELOS

Es muy común que no se tenga una medición de la densidad aparente de los suelos. Este parámetro es relevante para transformar ciertos indicadores de disponibilidad de nutrientes expresados en valores de concentración y no en cantidades por unidad de superficie.

A través de estudios realizados en el IIAS, se ha calibrado una relación entre el contenido de materia orgánica de los suelos y la densidad aparente de los suelos, considerando la mayoría de los suelos presentes en Chile. Está representada por la siguiente ecuación:

Ecuación 3:

$$Dap = \frac{1}{0{,}563 + 0{,}055 * MOS}$$

donde *Dap* es la densidad aparente del suelo (g cm^{-3}) y *MOS* es el contenido de materia orgánica del suelo (g $100g^{-1}$) medida en la profundidad 0-20 cm. Esta estimación es válida solo para la densidad aparente en los primeros 20 cm de suelo y no se puede utilizar para la densidad aparente a profundidades mayores en el perfil, ya que otros parámetros son más relevantes que el contenido de MOS para evaluar la densidad aparente en profundidad.

FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE LAS BRÁSSICAS FORRAJERAS

Una vez establecida la demanda de N de las BF, la cual es función principalmente del rendimiento a alcanzar, se requiere conocer cuánto es capaz de aportar el suelo al cultivo. Esto es determinado a través del suministro de N absorbido por el cultivo.

Suministro de Nitrógeno del Suelo para el cultivo

La fuente principal de suministro de N del suelo es la materia orgánica lábil acumulada en el suelo. Ésta se mineraliza a través de la temporada del cultivo, reponiendo el N mineral presente en el suelo desde sus fracciones lábiles. Está constituida por el historial reciente de ingreso de residuos orgánicos al suelo y de la capacidad de retener materia orgánica del suelo en su organización estructural y en la adsorción de compuestos metabólicos en el suelo y la acción es desarrollada por los microorganismos del mismo.

Para una adecuada evaluación del suministro de N a partir del nitrógeno mineral presente en el perfil, debe considerarse que la muestra debe haber sido tomada en el suelo arado. Además

debe considerarse la densidad aparente de los tipos de suelos para transformar de mg kg^{-1} a kg de N/ha, de acuerdo a la siguiente ecuación:

Ecuación 4:

$$SuminN = N\ mineral\,(mg\ kg^{-1}) * Dap\,(g\ cm^{-3}) * fAbN + fSN\ (kg\ N/ha)$$

Otro parámetro en esta ecuación 3 es el factor de absorción de N de las BF (*fAbN*) el cual integra parámetros de la profundidad de enraizamiento desde donde puede el cultivo recuperar N mineral desde el suelo. Las BF son consideradas cultivos eficientes en la absorción de N mineral del suelo comprados con otros cultivos al mismo período de absorción. Por ello son utilizados como "catch crops" en diversos países del mundo. En general, como primera aproximación, se ha utilizado un valor de *fABN* de 6,0 de acuerdo a los resultados obtenidos en los experimentos realizados por el IIAS. Sin embargo, este valor debe ser ratificado en los estudios posteriores y en otras condiciones de cultivo de BF en diferentes ecosistemas.

Por su parte, el parámetro *fSN* es un factor de mineralización de N orgánico de los suelos, el que a su vez es dependiente del historial de manejos de residuos (Cuadro 2) en los últimos 7 años y de la cantidad de meses de absorción del cultivo, que determina el período de mineralización. De acuerdo con un modelo de suministro de N que está en desarrollo en el IIAS, una estimación de este factor de suministro para los cultivos de BF se puede realizar de acuerdo con los datos del siguiente cuadro 2.

En la estimación del *fSN* se considera la mineralización del N orgánico acumulado en el suelo. Se asume que el historial de ingreso de residuos es variable dependiendo de los distintos manejos y rotaciones realizadas en los distintos sistemas agrícolas. De esta forma se requiere hacer una estimación del historial de los últimos 7 años, que sería responsable de la acumulación del 90% del N lábil del suelo. En general, se asume que después de pradera de buena calidad la cantidad de residuos ingresados está en el orden de 8000 kg MS si esta ha sido manejada en pastoreo, disminuyendo el ingreso de residuos con la calidad de la pradera y el ingreso de residuos de cultivos de acuerdo con el manejo de éstos. Otro factor a considerar es el período en que las BF se encuentran absorbiendo N mineral desde el suelo. Dependiendo de la temperatura de cada agroecosistema y de la época de utilización del cultivo para alimentación animal, esto puede ser variable considerándose los períodos de 6 meses y 4 meses de cultivo de acuerdo a la práctica agronómica que se realice del cultivo.

Historial de Ingreso de Residuos (kg MS/ha)	Factor de Suministro de N (*fSN*, kg N/ha)	
	6 meses	4 meses
2000	23	16
4000	45	33
6000	68	49
8000	91	65
10000	113	82

Cuadro 2. Factor de Suministro de Nitrógeno (fSN) considerando el historial de manejo del ingreso de residuos en los últimos 7 años y el período de absorción del cultivo de brássicas forrajeras

Eficiencia de la fertilización Nitrogenada

Para estimar adecuadamente la eficiencia de fertilización nitrogenada, debe considerarse la posibilidad de recuperación de los fertilizantes aplicados. En general, es aceptado que se pierde un 20% del N en inmovilización (microbial y raíces de absorción del cultivo) y un 15% en desnitrificación, lo que permite suponer que la eficiencia de la fertilización nitrogenada normalmente es menor al 65%. Tal vez, las pérdidas que pueden ser manejadas son la lixiviación de N y la volatilización desde las fuentes amoniacales aplicadas. Ambos procesos, deben ser manejados a través de una adecuada tecnología de aplicación, por lo cual se ha ligado la eficiencia de la fertilización nitrogenada al uso tecnológico de los agricultores (Cuadro 3).

Nivel tecnológico	Eficiencia de la fertilización N de los cultivos	
	Primavera	Invierno
Muy alto (fertiirrigación)	0,65	0,60
Alto (aplicaciones incorporadas)	0,60	0,55
Medio (aplicación normal)	0,55	0,50
Bajo (aplicación con riesgo de pérdida)	0,50	0,45
Muy Bajo (sin control)	0,45	0,40

Cuadro 3. Eficiencia de la fertilización nitrogenada de acuerdo al nivel tecnológico de los agricultores.

De esta forma, conociendo los parámetros de la ecuación se puede calcular la dosis de N a aplicar, considerando las variables que determinan lograr una fertilización sitio específica para N, que maximice la producción del cultivo y evite las posibles contaminaciones producto de un exceso de N aplicado.

FERTILIZACIÓN DE CORRECCIÓN MOMENTÁNEA DE FÓSFORO, POTASIO Y AZUFRE

Una modificación a la aproximación general se ha realizado para el cálculo de la dosis de fertilización de los nutrientes P, K y S, considerando como eje central el suelo. Así, la "demanda" es transformada en "suministro requerido" en unidades del índice de disponibilidad para el cultivo y el "suministro actual" es entregado directamente a través del análisis de suelo. Por su parte, la eficiencia de la fertilización se transforma en un índice de conversión de la cantidad de nutriente aplicada en un nivel de incremento en la disponibilidad de nutriente en el suelo. La ecuación 5 muestra esta nueva expresión de la fórmula general de fertilización.

Ecuación 5:

$$DOSIS = \frac{Sumnistro\ Requerido\ -\ SuministroActual}{Factor\ Eficiencia\ de\ Corrección}$$

Suministro Requerido (*SuminReqNte)* en el suelo para Fósforo, Potasio, Azufre

Cada vez se hace más necesario establecer la demanda de nutriente de un cultivo como un parámetro indicador de disponibilidad en el suelo. Así se puede ligar fácilmente la cantidad de nutriente absorbido por un cultivo a la cantidad de nutriente disponible necesaria en el suelo, durante la temporada del cultivo. De esta forma se puede hablar de "suministro requerido" en el suelo para alcanzar la demanda de nutriente, conociendo a priori cuando no existe una diferencia entre demanda del cultivo y el suministro del suelo, o cuando suministro del suelo es incluso mayor de forma que puede permitir satisfacer la demanda del cultivo sin necesidad de fertilización. En una agricultura que mire hacia evitar la contaminación, especialmente de N y P, que han sido señalados como altamente contaminante p.ej. de aguas superficiales y subsuperficiales y en el caso de N, también de incremento de gases invernadero, es necesario establecer claramente los niveles de los indicadores en el suelo de cuando existe suficiente nutriente en el suelo que permita satisfacer la demanda del cultivo. Además, en estas condiciones se puede establecer lo que se ha llamado la "dosis de fertilización de mantención", que consiste en reponer al suelo los nutrientes que se pierden por la acción de cultivo, tanto en pérdidas por exportación como pérdidas inevitables a través del manejo agronómico.

El Suministro requerido se establece considerando la demanda de nutriente y expresado como unidades del test químico específico en el suelo. Para ello debe considerar la eficiencia de absorción del cultivo, que es variable dependiente del tipo de nutriente y el comportamiento del nutriente en el suelo.

Ecuación 6:

$$SuminReqNte = Demanda * fEAbNte$$

En esta ecuación, el suministro requerido del nutriente (*SuminReqNte*) tiene las unidades del test químico utilizado, mg kg^{-1}, la demanda de nutrientes en kg ha^{-1} y el factor de absorción del nutriente (*fAbNTe*), presenta sus unidades en mg kg^{-1}/kg ha^{-1}. Los factores de absorción de los nutrientes por los cultivos se deben determinar en condiciones de campo y una primera aproximación para los nutrientes P, K y S, se muestra en el Cuadro 4. Estos factores consideran un análisis de suelo de 0-20 cm de profundidad y se asumen representativos para distintos tipos de suelos.

Cultivo	Factores de Eficiencia de Absorción de Nutrientes P, K y S		
	fEAbP	*fEAbK* (*mg kg^{-1}/ kg ha^{-1}*)	*FEAbS*
Nabos	0,75	0,55	0,45
Colinabos o Rutabaga	0,70	0,50	0,45
Raps Forrajero	0,80	0,55	0,45
Coles	0,80	0,55	0,45

Cuadro 4. Factores de eficiencia de Absorción de nutrientes P, K, y S para cultivos brásicas forrajeras, determinados en el Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos de la Universidad Austral de Chile.

De esta forma, cuando se desea saber cuánto se requiere de P-Olsen, K intercambiable y S extractable en el suelo para el cultivo de BF, se debe conocer la demanda de estos nutrientes y considerando los factores de absorción se puede transformar en suministro requerido de los nutrientes en el suelo.

A través del análisis de suelo se conoce el suministro actual (*SuminActNte*) del suelo de acuerdo al índice de disponibilidad para el nutriente en el suelo a la profundidad de muestreo utilizada. Debe considerarse que los cultivos son capaces de absorber nutrientes más allá de los primeros 20 cm del suelo, dependiendo de su arquitectura radical, la profundidad de enraizamiento y la densidad de raíces, además de los efectos rizosféricos particulares de cada cultivo, los cuales son considerados en los factores de absorción de cada nutriente (*fEAbNte*), mostrados en el Cuadro 4.

Eficiencia de la fertilización de corrección de la disponibilidad de los nutrientes P, K y S

La eficiencia de fertilización de corrección de la disponibilidad, considerada en esta aproximación es momentánea y es dependiente del mecanismo principal que domina la relación entre el nutriente en las fracciones lábiles del suelo y el nutriente en solución. En la gran mayoría de los suelos chilenos esta es dependiente de la adsorción específica para fósforo y azufre y de la adsorción no específica para el K. Se considera solo momentánea ya que se sabe que los nutrientes continúan reaccionado con el suelo y en muchos casos disminuye la disponibilidad del nutriente que se debe considerar en el largo plazo. Sin embargo, para la fertilización anual de los cultivos basta con conocer este factor de eficiencia momentánea para el cálculo de la fertilización. En construcciones de reservas de nutrientes del suelo en el largo plazo, se debe considerar la eficiencia de disponibilidad permanente, la que considera los efectos de largo plazo (a través de los años) de cada nutriente en el suelo y que permite evaluar las necesidades de fertilización para incrementar los niveles de disponibilidad con objetivos de largo plazo.

Como una aproximación a los factores de Eficiencia de fertilización de corrección momentánea se han caracterizado los suelos de acuerdo a sus reactividad del complejo de coloides dominantes que poseen. Cuando los suelos presentan menos de 150 mg kg^{-1} de Al extractable se muestra que su complejo de adsorción a la matriz del suelo está dominado por arcillas cristalinas o dominados por la materia orgánica (MOS). Por su parte, los suelos derivados de materiales volcánicos presentan contenidos de Al extractable superiores a 150 mg kg^{-1} y su capacidad de retención de aniones y cationes está dominado por las características de arcillas de rango corto. De esta forma, la eficiencia de la fertilización de corrección de la disponibilidad variará dependiendo del nutriente que se considere. Los valores propuestos para los diferentes grupos de suelos de Chile, se muestran el Cuadro 5.

Para el caso de la fertilización de las BF, cuando se utiliza tecnología de localización del fertilizante al lado y abajo de las semillas sembradas, se considera que la eficiencia de la fertilización de corrección momentánea se aumenta en un 10% con respecto a la eficiencia de la fertilización considerando la tecnología de incorporación del fertilizantes en forma homogénea en los primeros 15 a 20 cm del suelo. Por ello, se entregan los valores para ambas tecnologías de aplicación en el Cuadro 5.

Grupos de Suelos	Factores de eficiencia Fertilización de Corrección momentánea					
	fEficP		*fEficK*		*fEficS*	
	(I)	(L)	(I)	(L)	(I)	(L)
	..... (mg kg^{-1}/ kg ha^{-1})					
Suelos con menos de 150 mg kg^{-1} Al extractable:						
Arcillas 2.1 (esmectitas y micas), derivados de andesita y basalto y micaesquistos						
< 15 % arcilla	0,250 – 0,275		0,250 – 0,275		0,400 – 0,440	
15 – 30 % arcilla	0,200 – 0,220		0,225 – 0,250		0,400 – 0,440	
> 30 % arcilla	0,165 – 0,180		0,200 – 0,220		0,400 – 0,440	
Suelos con menos de 150 mg kg^{-1} Al extractable:						
Arcillas 1.1 (caoliníticos), derivados de granito y metamórficos						
< 15 % arcilla	0,250 – 0.275		0,335 – 0,375		0,400 – 0,440	
15 – 30 % arcilla	0,225 – 0,250		0,285 – 0,315		0,333 – 0,365	
> 30 % arcilla	0,200 – 0,220		0,265 – 0,290		0,333 – 0,365	
Suelos con menos de 150 mg kg^{-1} Al extractable:						
Orgánicos derivados de turbas						
> 20 % MOS	0,280 – 0,310		0,750 – 0,825		0,400 – 0,440	
Suelos con más de 150 mg kg^{-1} Al extractable:						
Arcillas de rango corto (alofán, imogolita, haloisitas), suelos de materiales volcánicos						
150 – 400 mg kg^{-1} AlExt	0,125 – 0,140		0,400 – 0,440		0,285 – 0,315	
400 – 1200 mg kg^{-1} AlExt	0,100 – 0,110		0,555 – 0,610		0,250 – 0,275	
> 1200 mg kg^{-1} AlExt	0,075 – 0,085		0,750 – 0,825		0,200 – 0,220	

I: fertilización incorporada
L: fertilización localizada

Cuadro 5. Factores de Eficiencia de Fertilización de Corrección momentánea de la disponibilidad de los nutrientes Fósforo, Potasio y Azufre en los distintos grupos de suelos chilenos

En el caso de la fertilización fosforada, debe tenerse en consideración que los parámetros entregados son solamente válidos para fertilizantes fosforados solubles y no están considerados los fertilizantes semisolubles o parcialmente solubles. Para Potasio no existe esta consideración ya que todos los fertilizantes que se venden en Chile son solubles y en el caso del Azufre debe considerarse que el fertilizante azufre en polvo debe transformarse en el suelo para ser disponible a través de la acción microbial, por lo que debe aplicarse entre 3 a 6 meses antes para utilizar estos criterios de eficiencia propuestos en esta guía de fertilización. Otros fertilizantes

azufrados solubles se pueden aplicar directamente al momento de la siembra o ligeramente antes de ésta.

CORRECCIÓN DE LA ACIDEZ DE LOS SUELOS PARA LOS CULTIVOS DE BRÁSSICAS FORRAJERAS

Probablemente, el factor de condición de suelo de mayor importancia para el crecimiento de los cultivos y la obtención de un adecuado rendimiento en un sistema edafoclimático es la excesiva acidificación del suelo. Esta condición de suelo se refleja adecuadamente en el pH del suelo. En el caso de la acidificación se libera desde la matriz del suelo Al^{+3} a la solución del suelo, el cual es tóxico a la vida vegetal. La concentración de Al, que es tóxica al vegetal depende del grado de tolerancia de la especie vegetal, las cuales varían ampliamente en el grado de tolerancia a este elemento. En el Cuadro 6 se presentan los grados de tolerancia a la acidez de las BF, el pH crítico del suelo bajo el cual las plantas sufren toxicidad por Al^{+3} y el contenido de Al intercambiable, determinado para suelos Andisoles en ensayos de campo desarrollados por la Universidad Austral de Chile.

En general, se observa en el Cuadro 6 que las BF son cultivos bastante tolerantes a la acidez de los suelos, especialmente toleran niveles altos de Al intercambiable. Los valores determinados como críticos son más altos que los determinados para la mayoría de los cultivos forrajeros, especialmente cereales y leguminosas forrajeras.

Para calcular la dosis de Carbonato de Ca (cal) necesario para neutralizar la acidez del suelo, es necesario conocer el pH actual del suelo, el valor de pH crítico del cultivo y la capacidad tampón del pH del suelo. Además, se define el valor de pH a alcanzar que arbitrariamente se ha fijado en un valor de 0,2 unidades de pH más alto que el pH crítico, de forma tal que una vez tomada la decisión de encalado, esta pueda ser efectiva al menos por unos tres a cuatro años.

Al elevar el pH del suelo al valor del pH a alcanzar, la concentración de Aluminio precipita en forma insoluble a un valor que no sería tóxico para el cultivo y que permite no tener que encalar todos los años. La ecuación 7, permite calcular la dosis de carbonato de calcio a aplicar.

Cultivo	pH en agua (1:2,5)		Al intercambiable
	pH crítico	pH a alcanzar	(cmol, kg^{-1})
Nabos	5,30	5,50	0,410
Colinabos	5,10	5,30	0,620
Raps forrajero	4,90	5,10	0,900
Coles	5,35	5,55	0,380

Cuadro 6. Niveles críticos de acidez para el cultivo de brásicas en los suelos chilenos determinados en ensayos de campo en suelos volcánicos por el Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos de la Universidad Austral de Chile

Ecuación 7:

$$DosisCal = \frac{(pHa - pHs)}{fCTpH}$$

donde *DosisCal,* es la dosis de encalado (t $CaCO_3$ ha^{-1}), *pHa*: es el pH a alcanzar con el encalado para el cultivo; *pHs* es el pH actual del suelo, y *fCTpH:* es factor derivado desdes la capacidad tampón del suelo que se calcula como es indicado en la Ecuación 8. Para calcular este factor se debe considerar el contenido de materia orgánica del suelo, el cual ha mostrado ser un buen indicador de las distintas capacidades de los suelos de resistir el incremento en el nivel de pH. Esta aproximación permite hacer variable la capacidad tampón de los suelos de acuerdo a la naturaleza particular de cada suelo:

Ecuación 8:

$$fCT_{pH} = \frac{1}{8{,}4 * (1 - \exp(-0{,}09 * (MOS - 0{,}9))) * Dap * dm}$$

donde *MOS* es el contenido de materia orgánica de los suelos (g/100 g) y *Dap* es la densidad aparente (g/cm^3). Esta aproximación considera una profundidad de aplicación de la cal en los primeros 20 cm del suelo, lo que en la ecuación corresponde a 2 dm.

Ejemplo de Cálculos usando las ecuaciones propuestas

Cultivo Próximo	Nabos		
Epoca de Cultivo	Primavera		
Rendimiento a Alcanzar	12,0	ton/ha	

Cálculo de la Demanda

Considera Rendimiento a alcanzar y factores de Demanda (Cuadro 1)

Nitrógeno	12 * 20,5	=	246,0	kg N/ha
Fósforo	12 * 2,1	=	25,2	kg P/ha
Potasio	12 * 20,0	=	240,0	kg K/ha
Azufre	12 * 4,0	=	48,0	kg S/ha

Cálculo del Suministro Requerido y pH a alcanzar

Considera Demanda y factor de absorción de nutriente (Cuadro 4)

Fósforo	25,2 * 0,75	=	18,9	mg kg^{-1} P-Olsen
Potasio	240 * 0,55	=	132	mg kg^{-1} K intercambiable
Azufre	48 * 0,45	=	21,6	mg kg^{-1} S extractable
pH a alcanzar	(Cuadro 5)		5,50	

Análisis de Suelo (datos a ingresar en cada caso particular)

MO	15,3	g 100 g^{-1}
AlExt	1200	mg kg^{-1}
Nitrógeno	25	mg kg^{-1}
P-Olsen	9	mg kg^{-1}
K intercambiable	100	mg kg^{-1}
S extractable	8	mg kg^{-1}
pH en agua	5,2	

	Al intercambiable		0,512	cmol./ kg	
Cálculo		Dap	0,712	g cm^{-3}	(Ecuación 3)
Suministro de Nitrógeno					
	Historial de manejo residuos		6000	kg MS/ha	(praderas degradadas)
	fSN	(Cuadro 2)	68	kg N/ha	(6 meses de cultivo)
	fAbN		6	Dm	(valor de brásicas)
Cálculo	(Ecuación 4) SuminN	25 * 0,712 * 6 + 68 =		174,8	kg N/ha

Ejemplo de Cálculos usando las ecuaciones propuestas (continuación)

Factores de Eficiencias de la Fertilización

Nitrógeno	0,600	kg kg^{-1}	(Cuadro 3)	Nivel tecnológico alto
Fósforo	0,085	mg kg^{-1}/ kg ha^{-1}	(Cuadro 5)	Localizado
Potasio	0,825	mg kg^{-1}/ kg ha^{-1}	(Cuadro 5)	Localizado
Azufre	0,220	mg kg^{-1}/ kg ha^{-1}	(Cuadro 5)	Localizado
fCTpH	0,116	pH t $CaCO_3$ ha^{-1}	Cálculo con Ecuación 8	

Cálculo de las Dosis a aplicar

Nitrógeno	Dosis	(246 - 174,8)/0,60	=	119	kg N/ha
Fósforo	Dosis	(18,9 - 9)/0,085	=	117	kg P/ha
				268	kg P_2O_5/ha
Potasio	Dosis	(132 - 100)/0,825	=	39	kg K/ha
				47	kg K_2O/ha
Azufre	Dosis	(21,6 - 8)/0,220	=	62	kg S/ha
Cal	Dosis	(5,5 - 5,2)/0,116	=	2,6	t $CaCO_3$/ha

Nota: Estos ejemplos de cálculo son una aproximación al uso de esta guía de fertilización de las brássicas forrajeras y no constituyen una recomendación general de fertilización. Se reconoce que la fertilización corresponde a una situación particular que debe tratarse caso a caso, dado que existen muchas variables que deben ser tomadas en consideración para realizar una fertilización en cada caso específico.

REFERENCIAS

Pinochet, D. 2005. El sistema de Recomendación de fertilización de cultivos extensivos en Chile. *En*: García, F., Micucci, G. (Eds). Simposio Fertilidad 2005. Nutrición, Producción y Ambiente. INPOFOS / Fertilizar. Rosario, Argentina. pp 35-39.

Rodríguez, J. 1991. Manual de fertilización. Colección en Agricultura. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile Alfabeta Impresores. Santiago. Chile. 362 p.

Rodríguez, J., Pinochet, D., Matus, F.J. 2001. Fertilización de los cultivos. Editorial LOM. Santiago, Chile. 117 p.

Sadzawka, A., Carrasco, M.A., Grez, R., Morla, M.L., Flores, H., Neaman, A. 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Revisión 2006. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie Actas INIA Nº34, Santiago, Chile. 164 p.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea reconocer el financiamiento otorgado por el Proyecto M2P14: Estrategias de uso y manejo eficiente de nutrientes a nivel predial para el mejoramiento y/o mantención de los niveles de fertilidad de los suelos en los sistemas de producción de leche por macrozonas homogéneas. Consorcio lechero financiado por FIA (FIC-CS-C2004-1-P-001). También, al Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile por el apoyo en los estudios realizados en condiciones de campo y laboratorio.

CAPITULO 4

PRINCIPALES INSECTOS PLAGA DE LAS BRÁSSICAS FORRAJERAS EN EL SUR DE CHILE

Ernesto Cisternas A. Ing Agr. Dr., INIA-La Cruz

INTRODUCCION

Las crucíferas forrajeras se han integrado con mayor intensidad en las últimas temporadas en el sur de Chile para suplementar periodos de menor producción o escasez de forraje, asociado a déficit hídrico estacional y cíclico, además de periodos de estrés climático en los sistemas de producción de carne y leche. Cuando se introducen nuevos recursos vegetales en las zonas, aparecen también con ellos herbívoros alóctonos naturalizados y autóctonos asociados al nuevo recurso vegetacional. Varios son los insectos asociados a las brássicas forrajeras (BF), pero sólo unas pocas especies pueden ser consideradas plaga, como la polilla de la col, las minahojas y pulgones

Es importante considerar también la diversidad genética de las diferentes especies forrajeras que se están introduciendo, con un gran número de variedades, que además, tienen comportamientos particulares frente a los insectos. Por ello, resulta de importancia primordial estudiar el comportamiento de estos insectos antes de establecer programas de manejo que incluyan tácticas disruptivas en el ecosistema pratense. Casi la totalidad de las principales especies claves presentan un efectivo control biológico por lo que a veces sólo hay que esperar que se exprese sobre la plaga. Estas relaciones planta – insecto – parasitoide o Enemigo Natural (EN) deben ser estudiadas bajo las condiciones de desarrollo de los cultivos.

Hoy hay oportunidades para reducir el uso de químicos tradicionales y construir planes de manejo que incluyan el uso de químicos más benignos, implementar programas de control biológico, control microbiano, control cultural, uso de plantas huéspedes resistentes y /o tolerantes, uso de semioquímicos como feromonas y establecer un manejo de plagas a través de programas de manejo integrado. Sin embargo, el desarrollo del manejo integrado requiere conocimientos en un número importante de áreas como la biología, ecología, economía, sociología y ciencia de sistemas, donde la educación y comunicación (difusión, extensión y transferencia tecnológica) son factores fundamentales para la implementación exitosa de programas de manejo integrado.

El objetivo de este escrito es dar una visión de los principales insectos plaga asociados a los cultivos de BF, como así mismo entregar antecedentes de su biología, comportamiento y manejo.

PRINCIPALES PLAGAS CLAVES DEL CULTIVO DE BRÁSSICAS FORRAJERAS

En el Cuadro 1 se presenta la familia y distribución de los principales insectos y moluscos que se encuentran asociados a las brássicas en el sur de Chile, siendo las tres especies más importantes (*Plutella xylostella, Brevicoryne brassicae y Scaptomyza multispinosa*) y las cuales están dadas como presentes en la Región de Aysén.

Insecto	Familia	Distribución
Agrotis ipsilon	Noctuidae	I a XI
Copitarsia consueta	Noctuidae	I a XI
Syngrapha gammoides	Noctuidae	I a X
Pieris brassicae	Pieridae	III a X
Plutella xylostella	Plutellidae	I a XII
Scaptomyza multispinosa	Drosophilidae	IVa XI
Brevicoryne brassicae	Aphididae	I a XII
Myzus persicae	Aphididae	I a XII
Macrosiphum euphorbiae	Aphididae	I a XII
Deroceras reticulatum	Limacidae	V a X

Cuadro 1. Insectos y moluscos asociados a Brássicas, familia y distribución en el sur de Chile.

Incidencia de las principales especies plaga asociadas a BF

En la figura 1 se presenta la incidencia de las tres más importantes y recurrentes plagas en BF en la Región d elos Lagos. En éste se puede observar la mayor susceptibilidad de los nabos a minahojas (*S. multispinosa)*, raps a Polilla de la col (*P. xylostella)*, coles pulgones (*B. brassicae)* y en rutabaga la menor incidencia de minahojas en comparación a nabos.

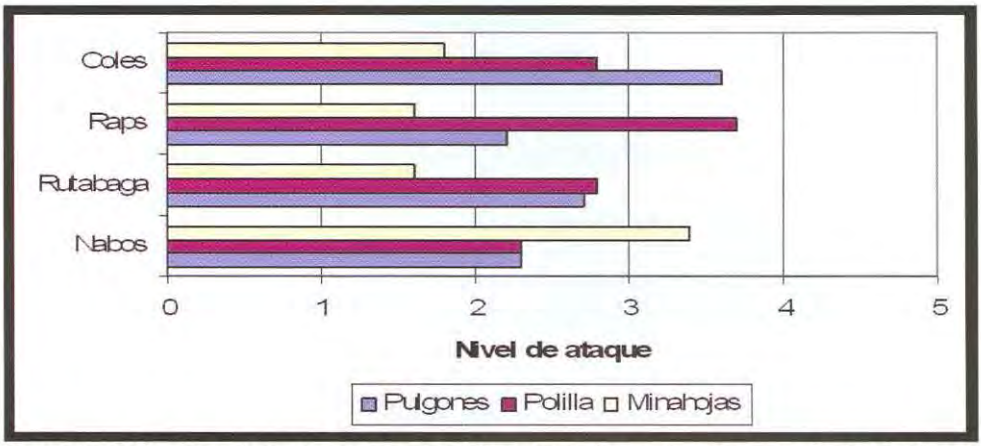


Figura 1. Incidencia de tres plagas sobre las diferentes Brássicas forrajeras en la Región de los Lagos (Osorno).

Épocas de mayor ataque de las diferentes plagas en BF

En la figura 2 se observa las diferentes épocas de ataque de las especies plaga señalando la tasa de parasitismo determinada en Región de los Lagos (Osorno) en distintas temporadas. Se indica asimismo algunas observaciones realizadas recientemente en la Región de Aysén (mes de octubre 2011 en sector Valle Simpson (Tamel Aike)).

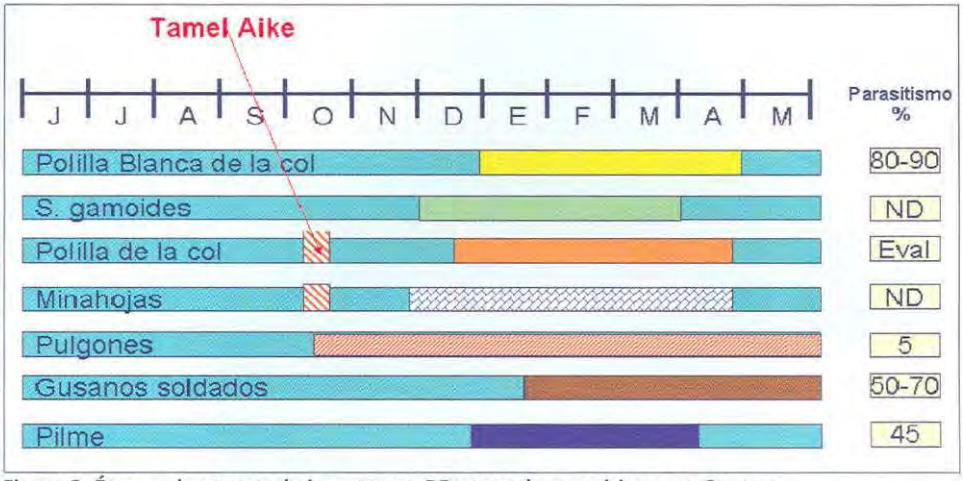


Figura 2. Épocas de ataque de insectos en BF y tasa de parasitismo en Osorno.

Plutella xylostella (L) Polilla Diamante - Polilla de la Col

Es una de las plagas más importantes de las crucíferas cultivadas para alimento humano en Chile y el mundo como: brócoli, col, coliflor, nabo, rábano, rabanito, repollo, repollo bruselas; crucíferas forrajeras como: raps forrajero, nabos de hoja y nabos de raíz, coles forrajeras y rutabagas. También actúan como plantas huésped de crucíferas malezas como: yuyo, berro, bolsita del pastor o mastuerzo, yerba hedionda, rábano silvestre, falso yuyo o rapistro, pata de laucha, mostaza o mostacilla. Es originaria de Europa Occidental y actualmente de distribución cosmopolita. En Chile habría sido detectada hacia fines del siglo XIX y actualmente se encuentra establecida desde Arica a Magallanes.

Adultos: El insecto adulto pertenece a una típica polilla de tamaño pequeño (microlepidóptero) de 10 a 17 mm. Característica es la figura que se observa en el dorso de las mariposas (diamante), cuando se encuentran con las alas en reposo. La hembra presenta un tono amarillento más uniforme y el macho una coloración entre pardo grisáceo y blanco amarillento sobre el mismo diseño o figura característica (Figura 3). Este estado tendría una longevidad superior a 20 días, periodo en el cual una hembra ovipone entre 18 y 356 huevos con un promedio de 159 huevos. La ovipostura ocurrirá en un rango de temperaturas entre los 10 y 40°C, siendo óptima entre los 23 y 27°C. Las hembras normalmente copulan el mismo día de la emergencia una sola vez en su vida, a diferencia de los machos que pueden hacerlo

hasta en 3 oportunidades. En las horas de crepúsculo y oscuridad ocurre el apareamiento y postura de huevos. El inicio de la oviposición comienza luego del apareamiento, prolongándose por un periodo variable de 1 a 2 semanas. Durante el día los adultos permanecen poco activos y entre las plantas.

Figura 3. Adulto de *P. xylostella*.

Huevos: Ellos son puestos principalmente en forma individual o en grupos de 3 a 4 huevos en el envés de las hojas y junto a nervaduras, su coloración es amarillo pálido con el córion transparente y finamente punteado, su coloración cambia a un tono más oscuro a medida que avanza su desarrollo y antes de la eclosión puede observarse a través del córion la capsula cefálica y cuerpo de la larva. Su forma es ovalada y ligeramente aplanados de 0,5 mm de largo y 0,26 mm de ancho (Figura 4).

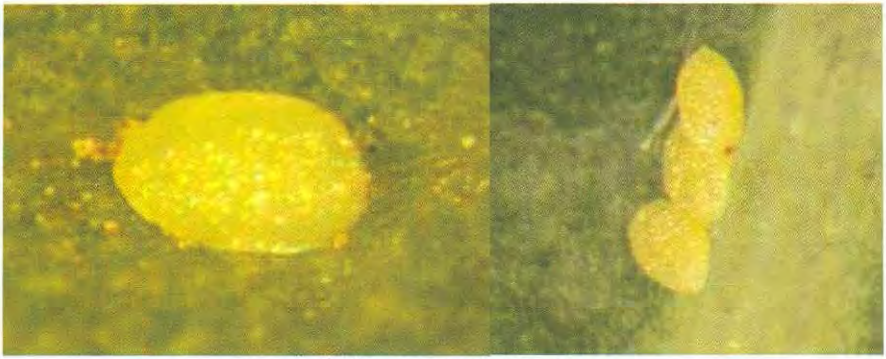


Figura 4. Huevos de *P. xylostella*.

Larva: Ocurren 4 estadios larvales con un comportamiento minador durante el primer estadio (1 mm) y defoliador en los restantes 3 estadios hasta alcanzar el máximo crecimiento 12 mm de largo (Figura 5). Tiene un color verde claro a veces algo grisáceo, cabeza violácea

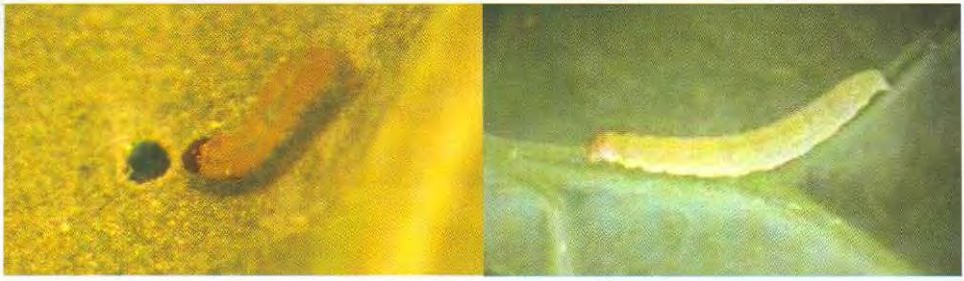


Figura 5. Larva L1 y L4 de *P. xylostella*.

Crisálida: Ésta se localiza al interior de un capullo característico de una trama abierta blanco, que la larva teje y que se adhiere fuertemente al envés de las hojas. La pupa obtecta de unos 5 a 6 mm de color verde cuando esta recién formada, pasando luego a un color blanco para terminar de un castaño oscuro antes de la emergencia del estado adulto (Figura 6).

Figura 6. Crisálida de *P. xylostella*.

Ciclo de vida: La duración del ciclo tendrá variaciones según la especie y variedades de planta hospedera y las temperaturas a las que se desarrolle el insecto. Por ejemplo, la incubación del estado de huevo ocurriría entre los 3 y 40 días siendo en climas templados de 5 días, a 15°C la incubación del huevo durará 7 días, el desarrollo de la larva durará 16 días y el estado de pupa durará 11 días. Es decir, el periodo (larva + pupa) durará 27 días; 19 días a 21°C; 11,5 días a 30ºC y 13,4 días a 32ºC. El umbral térmico inferior estimado es: para L1 (18.3º); L2 (16,9º); L3 (8,7º); L4 (10,3º). Para el periodo larva-pupa el umbral sería (7,8º); larva (8,1º) y pupa (6,5º). La temperatura mínima para que se desarrolle el insecto es 5°C. Los adultos pueden soportar temperaturas bajo 0° C. La temporada fría el insecto lo pasa en estado de pupa o como larva invernante.

Daños: Las larvas recién eclosadas se introducen en el parénquima foliar construyendo pequeñas galerías que abandonan cuando crecen. Se alimentan principalmente por el envés de las hojas sin dañar las venas o nervaduras. A medida que las hojas crecen los pequeños hoyos se agrandan, las hojas en ataques intensos muestran una gran cantidad de agujeros que reducen el área foliar. Los daños incrementan en las épocas secas. (Figura 7).

Figura 7. Daños de *P. xylostella* en follaje de Coles

Manejo: El manejo integrado puede constituirse en una de las mejores estrategias de manejo de la plaga. Para cimentar un programa será necesario establecer estudios de ciclo biológico en la región, dinámicas poblacionales, umbrales de daño y determinar los enemigos naturales que actúan sobre la plaga.

Se pueden usar insecticidas de distintos grupos químicos, lo cual incrementa los costos del cultivo y aumenta los riesgos ambientales por contaminación y desequilibrios ecológicos del ensamble de insectos asociados al cultivo y área del cultivo. El uso de insecticidas microbianos es también un alternativa de manejo con *Bacillus thuringensis*, hongos entomopatógenos *B. bassiana, M. anisopliae* y otros. Además está el uso de parasitoides que se describen para el país como: *Apanteles piceotrichosus* Bl., *Tetrastichus sokolowoskii* Kurdj. y *Diadegma leontinae* (Brethes) y la acción de algunos escasos depredadores.

Brevicoryne brassicae (L) Pulgón de las crucíferas

El pulgón de las crucíferas, *Brevicoryne brassicae,* se encuentra distribuido en Chile entre la Arica y Magallanes y es considerado cosmopolita. Su característica principal radica en que es un pulgón especialista de plantas de la familia *Brassicaceae,* aunque se conocen sobre 100 plantas hospederas. Con seguridad este insecto incrementará su población e importancia al

aumentar el cultivo de sus plantas hospederas. Otras especies de pulgones asociados a las brassicas son *Myzus persicae* (Sulzer) y *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas).

Los adultos hembra aladas miden entre 2,0 y 2,5 mm y las hembras ápteras algo más pequeñas, miden entre 1,5 y 2,4 mm. De forma oval, el cuerpo es verde pálido y cubierto por una cera polvorienta de color gris blanquecino. Las formas aladas no están cubiertas por la cera polvorienta. La cabeza y el tórax son café oscuro o negro, el abdomen es verde amarillento con dos manchas oscuras en el dorso de los segmentos abdominales anteriores (figura 8).

El ciclo de los pulgones se considera desde el nacimiento de las ninfas hasta la muerte del pulgón adulto. En este tipo de insectos ocurre una superposición de generaciones y el ciclo puede tener duraciones de 16 a 50 días dependiendo principalmente de la temperatura y hospedero. Los huevos sólo se producen en zonas frías. La ninfas son en aspecto similares a los adultos, sólo que de menor tamaño.

Las condiciones climáticas son factores de muy alta importancia para la dinámica poblacional de los pulgones. Cuando las condiciones climáticas son favorables, los pulgones rápidamente alcanzan niveles poblacionales altos transformándose en plaga, sin embargo la dinámica de población será influenciada también, por la especie y variedad de planta hospedera y biotipo de pulgón, por lo tanto muchos parámetros biológicos dados en la literatura no son extrapolables.

Según algunos autores el umbral térmico inferior de *B. brassicae* sería de 4,5ºC y el umbral térmico superior de 30ºC. Entre 15 y 20 ºC la duración de la fase ninfal sería de 17,0 ± 0,29 días y 11,1 ± 0,29 días respectivamente. A 5º, 19º y 23,8ºC las hembras tendrían descendencias de 19.1, 27,5 y 34,3 ninfas /hembra. En el Cuadro 2 se puede observar el umbral térmico de desarrollo y el tiempo de desarrollo calculado en base a 6,7ºC por estadio y fases de desarrollo.

Figura 8. Adultos alados y ápteros y ninfas de *B. brassicae*.

Daños: Los pulgones son insectos que causan daños a través de su actividad de alimentación, produciendo deformaciones y daños indirectos por la transmisión de sobre 20 virus, en un rango amplio de plantas, iniciando la colonización en hojas jóvenes, siendo las formas ápteras más eficaces que las aladas en la transmisión de los virus de una manera no persistente, lo que quiere decir que el insecto es un transportador de los virus desde una planta enferma a una sana por el solo hecho de probar o alimentarse de ellas. Un ataque muy fuerte puede provocar la muerte de las plantas; pero principalmente de plántulas. Colonias de este insecto son encontrados tanto en el haz como en el envés de las hojas.

Categoría de edad	Umbral (ºC) ± DS	Tiempo de desarrollo ($ºD_{6.7}$)±DS
Instar I	6.4 ±0.63	31.7 ± 0.24
Instar II	5.7 ± 1.39	32.9 ± 0.45
Instar III	7.1 ± 1.18	27.8 ± 0.52
Instar IV áptero	6.3 ± 0.63	33.9 ± 0.50
Nacimiento a adulto	6.5 ± 0.29	126.0 ± 0.37
Nacimiento a nacimiento de primera progenie	6.7 ± 0.29	142.0 ±0.35

Cuadro 2. Umbral térmico y tiempo de desarrollo basado en 6.7ºC para *Brevicoryne brassicae*, según Raworth 1984 en Canadá.

Figura 9. Colonia de pulgones apteros y adultos alados

En el campo se presentan naturalmente parasitoides y depredadores que regulan las densidades de las poblaciones. Los parasitoides (microavispas) ponen sus huevos dentro del cuerpo del los pulgones, siendo uno de los primeros signos la aparición de pulgones momificados. Las moscas sírfidos y las chinitas (coccinelidos) son también importantes agentes de control natural de los pulgones (Figura 9).

La fecundidad y sobrevivencia de los pulgones pueden ser influenciadas a través del desarrollo en variedades con características detrimentales para los insectos. Este aspecto es muy importante en los programas de fitomejoramiento y el establecimiento de controladores biológicos para el desarrollo de programas de manejo integrado.

Figura 9. Agentes de control natural y biológico de pulgones. Arriba izq.: Hongos enthomophthora, arriba der.: Momia de pulgón parasitado por microavispa, medio izq.: Larva de Coccinelido, medio der.: Larva de sirphydo y abajo: Coccinelido *E. connexa*.

Scaptomyza multispinosa Malloch Mosca minadora de las crucíferas

La mosca de las crucíferas es una pequeña mosca de 3 a 4 mm. Es un drosifílido que durante su estado de larva es un minador de hoja en casi la totalidad de especies de crucíferas desde la Coquimbo a Aysén (Figura 10).

Figura 10. Estado adulto de la mosca *S. multispinosa* en brássicas forrajeras

Las hembras ponen sus huevos principalmente en el envés de las hojas, siendo su capacidad de ovipostura alta, que se puede ver a simple vista a pesar de lo pequeño de los huevos, de 0,53 x 0,18 mm. De forma ovalada con tres filamentos en su extremo anterior. El corion presenta finas estriaciones longitudinales. Cuando esta recién ovipuesto es de color blanco opalescente, que se pierde a medida que alcanza su máximo desarrollo embrionario, tornándose transparente (Figura 11). En este estado de desarrollo se puede apreciar las mandíbulas oscuras de la larva antes de eclosar.

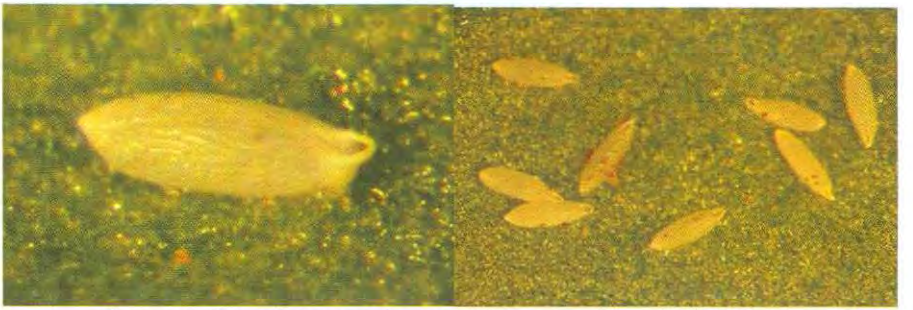


Figura 11. Vistas de huevos de *S. multispinosa* en el envés de las hojas

La larva es vermiforme, sin patas y cilíndrica, su tegumento externo es transparente y pasa por tres estadios. La cabeza es membranosa, negra y retráctil, más pequeña que el protórax. El tórax y abdomen presentan espiráculos de características específicas para la especie. Los diferentes estadios larvales presentan diferencias en el tamaño del cuerpo, tamaño y forma del esqueleto cefalo-faringeo y el los espiráculos protoráxicos y abdominal (Figura 12).

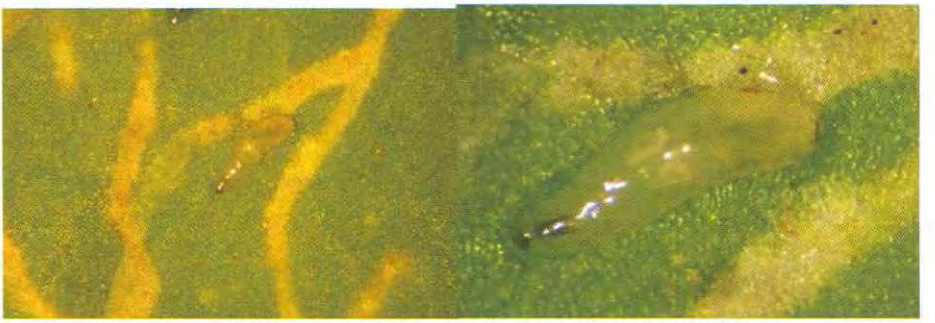


Figura 12. Estado larvario de *S. multispinosa* en Brassicas forrajeras

El estado de pupa tiene un tamaño de 3,3 x 0,8 mm, es del tipo coartada, el pupario de color café amarillento a café oscuro, ligeramente aplastada dorsoventralmente y transversalmente segmentada. En la parte anterior presenta dos prolongaciones digitiformes y en la parte posterior tuberculos y prolongaciones espiraculares (Figura 13).

Figura 12. Vista dorsal del estado de pupa de *S. multispinosa*.

La activad de esta mosca se inicia desde mediados de octubre hasta fines de abril e incluso hasta mayo en otoños benignos. En el país existen escasos antecedentes sobre su importancia, comportamiento, control natural, cultural, y químico. Antecedentes que caracterizan morfológicamente a la especie y la duración de sus estados y estadios se presentan en el cuadro 3.

Estado	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Aber. Espirác. Posterior Diámetro	N°	Duración (Días)
Huevo	0.53	0.18	-	-	6.25
Larva 1	1.12	0.15	0.30	2	2.36
Larva 2	2.37	0.74	0.53	3	2.53
Larva 3	4.15	0.93	0.92	4	4.42
Pupa	3.3	0.8	-	-	12
Ciclo	-	-	-	-	27.56

Cuadro 3. Características morfológicas y duración de sus estados y estadios de *S. multispinosa*.

Daños: Los daños de este insecto son importantes ya que reducen el área de fotosíntesis de las plantas a través del minado de las hojas. Si bien se desconoce los umbrales de daño, estos serán relevantes en la etapa inicial post emergencia de las plántulas y primeras hojas. Los ataques más severos en la Región de los Lagos se han registrado en siembras de otoño y en sectores próximos a siembras de otras brassicas y en años con altas temperaturas, lo cual ha contribuido a una mayor cantidad de generaciones por un ciclo estacional más corto. Esto último puede eventualmente requerir la intervención del cultivo con alguna aplicación de insecticidas que posean acción translaminar.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Artigas, J. N. 1994a. Entomología económica. Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos). Universidad de Concepción. Chile. V1 1154 p.

Artigas, J. N. 1994b. Entomología económica. Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos). Universidad de Concepción. Chile. V2 935 p.

Carrillo, R.LL. y Palma, J.G. 1982. Descripción morfológica de los estados preimaginales de *Scaptomysa mutispinosa* malloch. (Diptera:Drosophilidae). Bol. Soc. Biol. de Concepción. LIII: 25-31.

Cividanes, F.J. 2002. Impacto de inimigos naturais e de fatores meteorológicos sobre uma populacho de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em couve. Neotropical Entomology 31:249-255.

Cividanes, F.J. 2003. Exigencias térmicas de *Brevicoryne brassicae* e previsto de picos populacionais. Pesq. Agropec. Bras., 38:561-566.

Cole, R.A. 1997. The relative importance of glucosinolates and amino acid to the development of two aphids pest *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on wild and cultivated brassica species. Entomología Experimentalis et Applicata 85:121-133.

Folcia, A.M. y Bado, S. 1998. Requerimientos térmicos e larvas y pupas de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) en laboratorio. Revista Chilena de Entomología, 25: 11-14.

Hughes, R.D. 1963. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevocoryne brassicae* (L.). Journal Animal Ecology 32:393-424.

Lamb, K.P. 1961. Some effects of fluctuating temperatures on metabolism, development, and rate of population growth in the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*. Ecology 42:740-745.

Prado, E. 1991. Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile. INIA Boletín Técnico Nº 169 203 p.

Raworth, D.A. 1984. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera:Aphididae) al Vancouver, British Columbia – II Development, fecundity and longetity. Canadian Entomologist 116:871-878.

Raworth, D.A. ; McFarlane, S.; Gilbert, N. and Frazer, B.D. 1984. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera:Aphididae) al Vancouver, British Columbia – III Development, fecundity, and morph determinations vs. aphid density and plant quality. Canadian Entomologist 116:879-888.

Riggin-Bucci, T.M. and Gould, F. 1996. Effect of Surfactants, *Bacillus thuringiensis*. Formulations, and plant damage on Oviposition by Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae). Journal of Economic Entomology 89:891-897.

CAPITULO 5

ENFERMEDADES INFECCIOSAS DE LAS BRÁSICAS FORRAJERAS EN CHILE

Rafael Galdames G., Ing. Agr. PhD, INIA-Carillanca

GENERALIDADES

Las especies del género *Brassica* incluyen plantas con diversas características morfológicas y hábitos de crecimiento, lo que determina entre otros aspectos que se cultiven en ambientes muy variados y con múltiples propósitos de uso. Lo anterior implica que las limitantes bióticas y/o ambientales que las afectan sean numerosas. Dentro de las limitantes bióticas, que aquí son descritas, las enfermedades infecciosas pueden llegar a representar un factor importante de pérdidas productivas y/o de calidad. La literatura nacional, describe para las diferentes especies y/o variedades botánicas del género *Brassica*, enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus; muchas de las cuales, particularmente las causadas por hongos, son comunes para las distintas especies (cuadro 1). Para el caso particular de brásicas forrajeras (BF), las que en Chile incluyen: la rutabaga (*B. napus* var. *napobrassica*), col forrajera (*B. oleracea* var. *acephala*), raps forrajero (B. *napus* var. *biennis*), nabo de hoja (*B. rapa*) y nabo forrajero de raíz (*B. rapa* var. *rapa*), la información es escasa y en algunos casos prácticamente nula.

Afortunadamente y como se mencionó previamente, un grupo importante de las enfermedades que afectan a las brassicas son comunes entre especies; por ejemplo, el raps canola (*B. rapa* var. *oleífera*) comparte la mayoría de las enfermedades con la rutabaga y la col forrajera, por lo que el diagnóstico de las diferentes patologías no debería representar una dificultad. Desafortunadamente, el manejo y uso de las BF respecto a aquellas empleadas en producción de aceite, dista mucho de ser similar y en consecuencia el desarrollo de las enfermedades y la implementación de medidas de control podrían ser muy diferentes. Por lo anterior, este capítulo tiene como propósito fundamental y como una primera aproximación, el entregar información descriptiva de aquellas enfermedades que han sido observadas y que probablemente serán relevantes en la medida que estas forrajeras se cultiven de manera más extensiva.

ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS

Pie negro, pudrición seca o foma

Es causada por *Leptosphaeria maculans* (Anamorfo: *Phoma lingam*), una enfermedad de distribución mundial. En Chile es endémica y frecuente de observar afectando al raps canola en la zona centro sur y sur, sin embargo, se presenta prácticamente en todas las especies de brásicas que se cultivan en el país. En raps canola, su incidencia es variable a través de los años y cuando se dan condiciones predisponente los daños que ocasiona pueden ser significativos especialmente en siembras tempranas. En BF, la experiencia extranjera la señala como una enfermedad que puede ser particularmente severa en rutabaga, col y raps forrajero.

Síntomas: Se caracterizan inicialmente por la aparición de pequeñas lesiones blanquecinas en los cotiledones, en las que después de una semana normalmente aparecen los picnidios (estructuras reproductivas asexuales del hongo). Los picnidios se observan como pequeños puntos negros en el centro de las lesiones y son los que contienen las esporas o conidias asexuadas del hongo y las que son responsables de la diseminación a otras plantas a través de la lluvia. Las lesiones que se desarrollan luego en las hojas verdaderas son similares pero de mayor tamaño por lo que llegan a ser junto a los picnidios más visibles. Posteriormente en plantas adultas, se llegan a producir lesiones cancrosas en el cuello o base de las plantas, lo cual representa el síntoma más dañino de la enfermedad, ya que conduce a un anillado o estrangulamiento de la planta causando marchitez y eventualmente tendedura.

Desarrollo de la enfermedad; El hongo sobrevive en el rastrojo del cultivo como picnidios (fase asexual) y como peritecios (fase sexual) por más de un año. Además, puede sobrevivir como micelio en semilla infectada. Las conidias provenientes de los picnidios, así como las ascosporas provenientes de los peritecios, son capaces de iniciar la infección al entrar en contacto con un cotiledón o una hoja. Las ascosporas constituyen el inóculo primario y son transportadas por el viento. Las conidias en cambio, son diseminadas por el salpicado producido por las lluvias y son responsables de las infecciones sucesivas en otras plantas.

Medidas de prevención y control: Se logra un control satisfactorio de la enfermedad integrando diversas prácticas culturales como:

- Resistencia varietal: Para las distintas especies de brásicas, se describen variedades resistentes o con diferentes grados de tolerancia a la enfermedad. Sin embargo, se

desconoce el grado de resistencia o susceptibilidad de los diferentes cultivares que se comercializan en Chile.

- Rotación de cultivos: Es importante evitar el monocultivo, especialmente cuando la enfermedad ya se ha presentado. En siembras extensivas, el efecto de la rotación puede disminuir considerablemente ya que la infección puede provenir de otros predios dada la diseminación aérea de las ascosporas.
- Manejo del rastrojo: Es recomendable incorporar los rastrojos mediante araduras profundar o destruirlo a través de quemas.
- Control químico: Se logra a través de aplicaciones de fungicidas a la semilla y mediante aplicaciones al follaje. A la semilla, productos sugeridos son: Benomilo más Thiram, Tiobendazol. En aplicaciones al follaje, para brasicas forrajeras no existe información en nuestro país, respecto al momento y número de aplicaciones, al igual que los productos fungicidas más efectivos. Para el caso de raps canola, la aplicación se debe realizar al detectar los primeros síntomas, lo cual ocurre al estado de 2 hojas. Con lo anterior se evitará el desarrollo temprano del hongo hacia el cuello de las plantas. A los 40 días se debería realizar un segundo tratamiento. En raps canola, los fungicidas que han demostrado una buena efectividad incluyen: Punch C (flusilazol + carbendazima), Prosaro 250 EC (tebuconazole + prothioconazole).

Esclerotiniosis o pudrición blanca

Causada por *Sclerotinia sclerotiorum*. Eventualmente se puede encontrar asociado *S. minor*. *S. sclerotiorum* es un hongo extremadamente polífago. A nivel mundial se le ha detectando atacando a más de 300 especies de plantas, concentrando su mayor número de especies hospederas en las familias de las compuestas, leguminosas y crucíferas. En la IX región, afectando a raps canola su incidencia ha sido variable no solo en las diferentes temporadas sino que además según localidad.

Síntomas: Se caracterizan por la pudrición acuosa en la corona o en la base de los tallos. Eventualmente, según la especie de brássica que se trate, se pueden producir lesiones en las partes altas del tallo principal o en sus ramificaciones, las que finalmente conducen a marchitez y secado prematuro de las plantas. En todos los casos la enfermedad se caracteriza, porque en la lesión se desarrolla micelio blanco de aspecto algodonoso junto con la formación tanto interna como externa de esclerocios de color negro, los cuales son de forma y tamaño variables.

Desarrollo de la enfermedad: El hongo sobrevive en el suelo como esclerocios, los que pueden permanecer viables por varios años. Estas estructuras, pueden germinar directamente formando micelio e infectar planta en la base del tallo. Sin embargo, otra vía que es la más común, es a través de la formación de apotecios el cual es un cuerpo fructífero responsable de producir las ascosporas o esporas sexuales. Estas esporas al ser expulsadas y luego transportadas por el viento pueden infectar otras plantas en cultivos vecinos.

El monocultivo, una alta densidad de siembra y fertilización nitrogenada junto a la presencia de rastrojos provenientes de plantas infectadas, favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Medidas de prevención y control:

- Resistencia varietal: No se han descrito variedades resistentes a esta enfermedad.
- Rotación de cultivos: En zonas de mayor riesgo o cuando la enfermedad ha sido detectada, se recomienda evitar el monocultivo. Dentro de las limitadas opciones de rotación se encuentran los cereales y gramíneas forrajeras. En zonas donde los cultivos de brásicas cubren áreas extensas, la rotación podría contribuir poco a disminuir la incidencia de la enfermedad, dado que la diseminación de las esporas del hongo ocurre a través del viento.
- Control de malezas. El control de plantas voluntarias y malezas hospederas del hongo, en las rotaciones contribuye a reducir el potencial infectivo de la enfermedad.
- Manejo del rastrojo: En zonas de alto riesgo, es recomendable enterrar en forma profunda el rastrojo.
- Densidad de plantas y fertilización nitrogenada: Una alta densidad de plantas disminuye la ventilación y/o favorece una alta humedad del suelo, condición optima para la infección. El mismo efecto, al promover el desarrollo foliar lo genera una alta fertilización nitrogenada. Por otra parte, el exceso de nitrógeno favorece y prolonga la suculencia de los tejidos facilitando el proceso infectivo.
- Control químico: No se dispone de experiencia nacional en el control de esta enfermedad en brásicas forrajeras. En raps canola, existen pautas de aplicación (se realiza previo a la aparición de síntomas con un 10-20% de floración del cultivo), sin embargo, la información disponible respecto a la efectividad de los productos es parcial. Algunos productos fungicidas empleados, incluyen: Bellis (Boscalid + Pyraclostrobin), Prosaro 250 EC (Prothioconazole), Tacora Mas (Tebuconazole+ carbendazim), PrioriXtra (Azoxystrobin+cyproconazole).

Inicio de la infección en el tallo una planta de *Brassica napus*
Foto: Dr. Orlando Andrade V.

Esclerocios en el tallo de una planta de *Brassica napus*
Foto: Dr. Orlando Andrade V.

Esclerocios producidos por el hongo de forma y tamaño variables.

Hernia de la col

Causada por *Plasmodiophora brassicae,* es una enfermedad de amplia distribución mundial. Es considerada una de las más importantes que afecta a las brásicas. En Chile se encuentra descrita afectando a todas la brásicas a excepción de la col forrajera y el Borecole. No se dispone de información respecto a las pérdidas que ocasiona en los cultivos que afecta.

Síntomas: Los síntomas típicos se presentan en las raíces de las plantas infectadas, y se caracterizan por la formación de agallas o tumores, variables en forma y tamaño tanto en las raíces principales como secundarias. Variaciones en la distribución de los tumores se producen debido a las características que poseen las distintas especies hospederas en su estructura radicular. La enfermedad llega a tener un grado de avance importante antes que los síntomas en la parte aérea de la planta sean observados, los que se caracterizan por marchitez, amarillez, madurez anticipada y en algunos casos enanismo severo.

Desarrollo de la enfermedad; El hongo sobrevive en el suelo o infectando otras especies de plantas al estado de esporas en latencia, que pueden permanecer viables por varios años. Estas esporas, al germinar, forman esporas móviles (zoosporas), las que en un suelo con alta humedad encuentra una condición óptima para infectar nuevas plantas. En las raíces infectadas se forma una estructura microscópica conocida como plasmodio que invade las

células de las raíces y que conduce a la formación de los tumores. Posteriormente se produce una nueva generación de zoosporas que reinfectan las raíces y plantas cercanas, tornándose el proceso de infección invasivo con la formación de nuevos plasmodios.

Medidas de prevención y control: El control y manejo de la enfermedad una vez presentada es muy difícil, de tal manera que las medidas deben ser preventivas:

- Resistencia varietal: Se han descrito variedades de crucíferas resistentes a ciertas razas del hongo. Sin embargo la información es limitada y para fines prácticos esta opción de control no se debe considerar.
- Rotación de cultivos: Usar rotaciones largas (5-7 años).
- Otras medidas culturales: Mejorar el drenaje del suelo. Corregir la acidez del suelo a pH 7,2, en la medida que sea factible, mediante aplicaciones de enmiendas calcáreas. Evitar el movimiento de suelo o material vegetal a suelos libres de la enfermedad por el empleo de guano o purines de animales que se han alimentado de plantas o forraje de campos infectados. Como las esporas del hongo pueden estar presentes en el agua de riego, también es importante evitar el movimiento de agua o escurrimiento de sedimentos desde sectores o suelos contaminados.
- Control químico: Los tratamientos fungicidas deben ser aplicados al suelo previo a la siembra. Normalmente, esta práctica se usa en pequeñas superficies de suelo para cultivos hortícolas de alta rentabilidad, en almacigueras (esterilizartes de suelo) y/o previo al trasplante en el surco de de plantación. Productos sugeridos incluyen fluazinam, flusulfamida y PCNB.

Mildiú

Causada por *Peronosora parasítica,* esta enfermedad es de amplia distribución. Se ha descrito en todas las especies de brásicas que se cultivan en Chile, sin embargo, no hay antecedentes respecto a su importancia. En otros países se mencionan perdidas variables asociada a esta enfermedad. En la IX región de Chile, en raps canola su importancia es muy secundaria.

Síntomas: Desarrollo de micelio superficial de aspecto aterciopelado, blanco grisáceo en el envés o cara inferior de las hojas, lo cual corresponde a fructificaciones del hongo. En el haz se observan manchas cloróticas irregulares. En ataques severos puede llegar a producir amarillez total y necrosis en gran parte del follaje.

Desarrollo de la enfermedad: El hongo sobrevive en plantas voluntarias, otros hospederos y en residuos de plantas infectadas. En el suelo persiste como esporas de resistencia (oosporas)

en restos de cultivos parasitados. También produce esporas asexuales (esporangioesporas) que se disemina por el viento así como también por el salpicado y escurrimiento producido por las lluvias. En las hojas y en presencia de agua libre las esporas germinan produciendo esporas móviles (zoosporas) que infectan la planta a través de los estomas.

Medidas de prevención y control:

- Resistencia varietal: Se describen variedades resistentes, sin embargo, se desconoce el grado de resistencia de los diferentes cultivares que se comercializan en Chile.
- Rotación de cultivos: Evitar el monocultivo.
- Control de malezas. Controlar plantas voluntarias y malezas hospederas del hongo (crucíferas).
- Manejo del rastrojo: Es recomendable enterrar en forma profunda el rastrojo.
- Control químico: Usar semilla sana y/o desinfectada. No se dispone de experiencia nacional en el control de esta enfermedad en brásicas forrajeras.

Cercosporiosis o mancha foliar blanquecina

Es una enfermedad causada por *Pseudocercosporella capsellae (*teleomorfo *Mycosphaerella capsellae).*

Síntomas: Manchas foliares necróticas, blanquecinas con un borde oscuro. Las manchas pueden confluir y llegan a comprometer gran parte de las hojas, las se tornan parcialmente cloróticas. A simple vista los síntomas se pueden confundir con aquellos causados por *Phoma lingam*, sin embargo, en estos últimos normalmente se encuentran presente los picnidios que se observan como pequeños puntitos de color negro.

Desarrollo de la enfermedad: El hongo sobrevive en plantas voluntarias y en residuos de plantas infectadas. Las gotas de agua al impactar las lesiones en las hojas diseminan las esporas del hongo a hojas vecinas e iniciando nuevas lesiones. El proceso de infección es de tipo ascendente, es decir desde la hojas basales a las superiores pudiendo llegar a la inflorescencia.

Medidas de prevención y control: Como el patógeno es trasmitido por semilla, es básico usar semilla sana.

- Control de malezas. Controlar oportunamente malezas hospederas del hongo.
- Manejo del rastrojo: Eliminar los restos de cultivos enfermos.

- Control químico: Usar semilla sana y/o desinfectada. En aplicaciones foliares, se h sugerido los diferentes fungicidas: Ferban, Flutriafol, Procloraz, Tebuconazole.

Alternariosis

Enfermedad causada por un complejo de especies de *Alternaria,* principalmente *brassicicola* y *Alternaria brassicae.* Es común en brásicas, especialmente cuando se trata cultivos intensivos. Se describen pérdidas de rendimiento y calidad asociadas a es enfermedad, ya sea de manera directa o indirecta. Se cita que pueden participar como par del complejo de hongos responsables de caída o "dumping off" de pre y pos-emergenc causar reducción del área fotosintética, senescencia acelerada y defoliación. A nivel nacion no existe información del impacto de esta enfermedad en brásicas.

Síntomas: Manchas foliares pequeñas, circulares, inicialmente clorótica y posteriormen necróticas, frecuentemente con círculos concéntricos y un halo clorótico. Se puede presen en tallos donde produce lesiones alargadas y oscuras. Normalmente comienza de las ho más viejas y avanza hacia las nuevas, pudiendo comprometer totalmente la plantas cuando dan condiciones de alta humedad producto de rocíos y lluvias. Temperaturas templadas frías favorecen la enfermedad. En la zona centro sur y sur, es frecuente observarla afectan las silicuas en raps canola, las que se secan prematuramente afectando el número y tama de los granos.

Desarrollo de la enfermedad: El hongo persiste en semilla infectada, plantas voluntari algunas malezas crucíferas y en residuos de cosecha infectados. Las esporas producidas por hongo son diseminadas por el viento. La semilla infectada también juega un rol importante la diseminación de la enfermedad.

Medidas de prevención y control:

- Rotación de cultivos: Realizar rotación de cultivo con especies diferentes a crucíferas.
- Control de malezas. Controlar plantas voluntarias y malezas hospederas del hon (crucíferas).
- Otras medidas culturales: Usar semilla certificada libre del patógeno. Arran plantas enfermas tan pronto como se detecten.
- Control químico: A la semilla se siguiere aplicar Iprodione. En aplicaciones al folla los tratamientos fungicidas se deben usar una vez detectado los primeros síntom y las opciones incluyen: Clorotalonil, Iprodione y Mancozeb.

ENFERMEDADES CAUSADAS POR BACTERIAS

Se han descrito a nivel mundial diferentes bacteriosis afectando a especies del genero brassica, de las cuales sólo dos han sido determinadas en Chile: 1) la pudrición blanda causada por *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora y 2)* La mancha angular, causada por *Xanthomonas campestris* pv. *campestris.* A la fecha, ninguna de estas enfermedades ha sido asociada a BF.

ENFERMEDADES CAUSADAS POR VIRUS

La literatura internacional describe principalmente a tres enfermedades virales afectando plantas del género brassicas, las que incluyen: Beet Western Yellows Virus (BWYM)", "Cauliflower Mosaic Virus (CMV)" y el "Turnip Mosaic Virus (TuMV)".

En Chile, de estas virosis sólo han sido descritas el CMV y el TuMV. Sin embargo, otros dos virus han sido detectados: el Alfalfa mosaic virus (AfMV) y el Cucumber mosaic virus (CMV), en todos los casos han sido encontrados asociados a brásicas que son empleadas como hortalizas.

REFERENCIAS

I. Harvey. 2007. Disease and Pests of Brassicas. Identificaction, significance and control in New Zealand.

R. Acuña. 2008. Compendio de fitopatógenos de cultivos agrícolas. Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago, Chile. 122 p.

B. Latorre. 2004. Enfermedades de las plantas cultivadas. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 638 p.

O. Andrade V y E. Contreras F. 2008. El pie negro, o "foma", del raps. Informativo INIA Carillanca Nº28. 2p.

O. Andrade V y E. Contreras F. 2007. La pudrición blanca del raps. Informativo INIA Carillanca. 2p.

CAPITULO 6

UTILIZACIÓN DE BRÁSSICAS FORRAJERAS CON BOVINOS DE CARNE EN CRECIMIENTO

Christian Hepp K., Ing.Agr. MPhil PhD, INIA Tamel Aike

INTRODUCCIÓN

Las brássicas forrajeras (BF) se han estado reintroduciendo con éxito en los sistem ganaderos productivos del sur de Chile, especialmente para producción de leche, pe también más recientemente para ganado de carne. En la región de Aysén, el INIA inició 2004 la evaluación preliminar del nabo forrajero (*Brassica rapa*). Los resultados indicaron q se trataba de una planta de gran potencial, dado su alto rendimiento de forraje (hasta más 15 t de MS/ha), su alto contenido de azúcares (energía) y la aceptación por parte del ganad Las BF demostraron una buena resistencia y adaptación a las condiciones frías de Patagonia, al tener una distribución en climas similares del hemisferio norte. La disponibilid de grandes volúmenes de forraje de buena calidad, en períodos críticos permite introdu nuevas alternativas de pastoreo para el manejo de sistemas ganaderos.

Las condiciones señaladas hacen de estas plantas un gran recurso forrajero para la época otoño-invierno, período en que las praderas en la zona austral no tienen crecimiento disponibilidad. Las BF poseen además diferentes especies y cultivares, las que present distintas características (cultivos de hoja o de raíz) y se adaptan a diferentes requerimient de los sistemas productivos animales de la Patagonia.

PROBLEMÁTICA

La Región de Aysén fue tradicionalmente una zona de crianza, donde las posibilidades engorda de ganado eran limitadas. Esta situación ha ido cambiando en la última década, c el mejoramiento sostenido de la fertilidad de suelos de diferentes zonas de gran potencial y incorporación de praderas mejoradas, el aumento de cultivo de la alfalfa y algunos cultiv forrajeros como avena y cebada. De esta forma, muchos predios pueden finalizar su ganad comercializarlo como producto final.

En sistemas de recría y engorda de Aysén, la descarga habitual de los predios ocurre otoño, especialmente entre marzo y mayo. Ello está gobernado por la curva de crecimie

de las praderas, las que terminan su ciclo habitualmente a comienzos de abril. Al no haber forraje en pié, en otoño debe tomarse la decisión de vender los novillos o bien incorporarlos en sistemas de recría-engorda, los que tradicionalmente se basan en heno, ensilajes y uso eventual de granos. En ciertos casos, la alimentación invernal tradicional sólo logra mantener el peso vivo o bien ganancias de peso relativamente bajas. Si el objetivo es producir ganado gordo, los novillos deberán por lo tanto permanecer en el predio, hasta alcanzar pesos de faena muy avanzada la primavera o incluso el verano siguiente. Este período implica la alimentación de animales en base a forrajes conservados, ya que los recursos de pastoreo son inexistentes. Los sistemas más eficientes tenderán entonces a generar animales finalizados a los 18-20 meses de edad, evitando el segundo período invernal, que es más costoso en términos energéticos y económicos. De esta forma, los ciclos de crecimiento vegetal de la Patagonia condicionan ciertas épocas de producción de novillos (y vaquillas) que los transforma en sistemas altamente estacionales.

La alta estacionalidad es un problema a la hora de requerirse un abastecimiento más homogéneo del mercado a través del año, por ejemplo para la industria de procesamiento. En este sentido, la incorporación de cultivos que permiten contar con altos niveles de materia seca y buena calidad en períodos de otoño e invierno, es altamente estratégico. Las BF permiten manejar de mejor forma la finalización del ganado en los predios y consiguientemente disminuir la estacionalidad productiva.

CARACTERÍSTICAS DE LAS BF RELEVANTES PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Las BF se caracterizan en general por tener altos rendimientos, que en condiciones de la Patagonia fácilmente pueden superar las 10 t de materia seca (MS) por hectárea y en algunos casos sobrepasar las 16 t MS/ha. Rendimientos habituales podrían situarse sobre las 12 t MS/ha. Aparte del alto rendimiento, estos cultivos normalmente permiten acumular la materia seca en pié por períodos prolongados, ayudado especialmente por las condiciones frías de otoño-invierno. No obstante, las hojas pueden irse dañando al entrar el invierno, sobre todo con heladas de consideración, por lo que podría ser recomendable consumirlas con anterioridad. Las raíces de nabos (especialmente tardíos) y rutabagas pueden permanecer en el suelo por períodos muy prolongados y no se han observado efectos nocivos de importancia, salvo en estados muy avanzados, prácticamente a inicios de la primavera siguiente.

El valor nutritivo de la BF también tiende a perdurar en el tiempo, aunque la desaparición gradual de hojas y el avance del tiempo en invierno tienden a afectar los niveles de proteína y energía del cultivo. Dependiendo del cultivo, los órganos de la planta y la época del año

(estado de madurez del cultivo), las BF presentan elevados niveles de energía metabolizable, en que las hojas tienen 2,15 a 2,74 Mcal/kg y las raíces entre 2,88 a 3,15 Mcal/kg de materia seca. El alto contenido de energía metabolizable de las raíces de BF radica en su elevado contenido de azúcares solubles, como glucosa, fructosa y sacarosa.

En cuanto a proteína cruda, ésta varía entre 18 y 28% en hojas, y 13 a 18% en raíces y tallos. La digestibilidad es alta, variando entre 72 a 97%, incluso en etapas avanzadas del cultivo (invierno). Estas características hacen de las BF un alimento de gran valor para el ganado. La alta concentración energética, especialmente en raíces, hace de estos cultivos un excelente alimento para el ganado, sobre todo en la época de otoño-invierno, donde para sustentar tasas de crecimiento adecuadas, la energía resulta fundamental.

Si bien las BF podrían constituir casi el único alimento para el ganado, ello no resulta recomendable, ya que estas plantas tienen niveles muy bajos de fibra y altos niveles de azúcares solubles. Junto a lo anterior, las BF tienen un muy alto contenido de agua (cerca del 90%), lo que puede limitar el consumo de materia seca y con ello la producción animal. Generalmente se optará porque una parte de la dieta provenga de BF y se complemente con forrajes como heno o ensilaje, que aportará fibra en cantidades adecuadas y aumentará el contenido de materia seca del material consumido. En casos en que se permita acceso ilimitado de los animales a BF, será recomendable mantener fibra disponible, de modo que los animales puedan acceder a ésta (p.ej. puede ser paja de cereales en el caso de vacas o heno en el caso de novillos). El uso de fibra en la dieta permitirá regular la función ruminal, mejorará la absorción de nutrientes, evitará la acidosis y diluirá posibles efectos anti-nutricionales. Todo ello redundará en mejores resultados de producción animal.

En la literatura se reportan algunos riesgos de factores anti-nutricionales por elevado consumo de brassicas (p.ej. glucosinolatos, nitratos, SMCO), sin embargo, en las experiencias locales no se han reportado casos hasta la fecha, incluso con niveles de inclusión de BF de sobre 70% en la dieta.

Un factor de alta relevancia es la flexibilidad que introducen las BF en los sistemas productivos (Figura 1). Las praderas pueden alcanzar diferentes potenciales de producción según la fertilidad de suelo, la ubicación (zona agroclimática) y la composición de la misma (naturalizada, sembrada, alfalfa, etc.). Cualquiera sea el tipo de pradera, el aporte de pastoreo será solamente entre los meses de octubre a marzo, aproximadamente, con lo que se produce un período crítico de al menos 6 meses de duración, en que el ganado depende habitualmente de forrajes conservados. De esta forma, las BF permiten contar con forraje en pie (es decir apto para pastoreo) durante el período crítico señalado. Diferentes especies

ofrecen alternativas de forraje para distintas necesidades, desde el verano, el otoño, el invierno e incluso la temprana primavera.

UTILIZACIÓN DE BF CON GANADO BOVINO DE CARNE

Dado el volumen de forraje que habitualmente producen las BF, su utilización más eficiente será a través del uso de cerco eléctrico. De esta forma se logran los mejores niveles de utilización, los que pueden superar el 90%, cifra que no se logra con otros cultivos forrajeros. En este sentido debe tenerse presente que los niveles elevados de utilización pueden llevar a menor consumo y por ende a menor productividad individual en los animales. Por ello, es importante asegurar un consumo adecuado para el objetivo productivo (por ejemplo una ganancia de peso esperada). Ello se logra con una adecuada dosificación del cultivo, que debe considerar la oferta de forraje por individuo, es decir, los kilógramos de MS de que debe disponer cada animal por día (kg MS/cabeza/d).

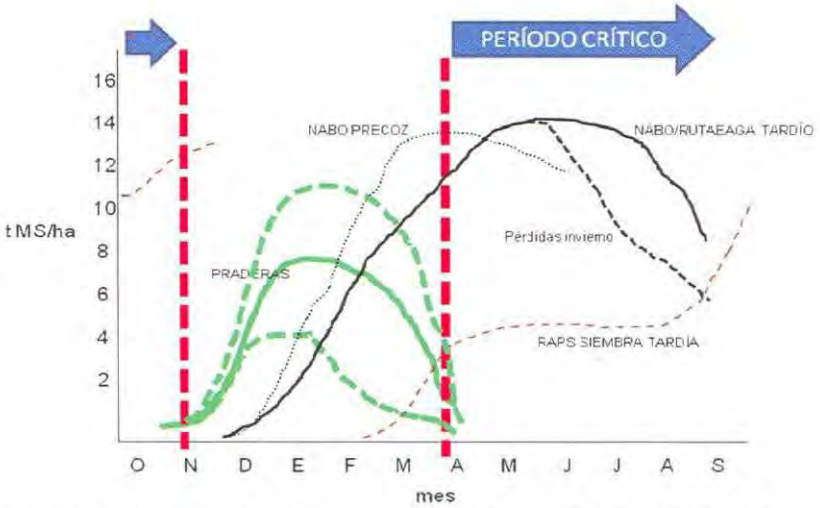


Figura 1. Recursos forrajeros de pastoreo disponibles en la Patagonia húmeda y su distribución anual. Importancia estratégica de las brassicas forrajeras. (C.Hepp, 2011).

En el caso de novillos de engorda, normalmente no se lograrán niveles tan elevados de utilización, por lo que será necesario dejar mayores residuos. Sin embargo, estos residuos

pueden ser utilizados por otras categorías de animales presentes en el predio, de menores requerimientos, como es el caso de vacas. Así se logra finalmente un porcentaje de utilización general igualmente alto.

Las experiencias locales de utilización de BF han indicado que el pastoreo mediante franjas con avance diario es efectivo para lograr buenas ganancias de peso y permiten dosificar más adecuadamente el cultivo y tener un alto porcentaje de utilización. El cuadro 1 muestra un ejemplo para efectos de dosificación del cultivo, considerando un consumo de 50% de la dieta en base a BF y con un 80% de utilización, para diferentes categorías animales (peso vivo) y producción del cultivo (MS disponible).

ton MS/ha -------	----------	---------->	4	6	8	10	12	14	16
ton fresco/ha ----	----------	---------->	44,4	66,7	88,9	111,1	133,3	155,6	177,8
Peso vivo animal (kg)	kg MS brassica por cabeza/d	kg fresco por cabeza/d	m^2/d	m^2/d	m^2/d	m^2/d	m^2/d	m^2/d	m^2/d
250	3,1	34,7	9,8	6,5	4,9	3,9	3,3	2,8	2,4
300	3,8	41,7	11,7	7,8	5,9	4,7	3,9	3,3	2,9
350	4,4	48,6	13,7	9,1	6,8	5,5	4,6	3,9	3,4
400	5,0	55,6	15,6	10,4	7,8	6,3	5,2	4,5	3,9
450	5,6	62,5	17,6	11,7	8,8	7,0	5,9	5,0	4,4
500	6,3	69,4	19,5	13,0	9,8	7,8	6,5	5,6	4,9
550	6,9	76,4	21,5	14,3	10,7	8,6	7,2	6,1	5,4
kg MS/m^2			0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60
kg fresco/m^2			4,44	6,67	8,89	11,11	13,33	15,56	17,78

Cuadro 1. Guía para pastoreo: Estimación de los requerimientos diarios de brassicas de raíz para bovinos en crecimiento, de diferentes pesos vivos. Considera 50% de brassicas en la dieta (9% MS promedio) y utilización de 80% del cultivo. (C. Hepp, 2011).

Para determinar cuántos animales pueden alimentarse con 1 ha del cultivo que se tiene, se puede utilizar el mismo cuadro (recordar que considera un 50% de la dieta en base a BF). Por ejemplo, una hectárea de cultivo con un rendimiento de 12 t MS/ha permitirá 3.030 dosis diarias para terneros de 250 kg o bien 2.174 dosis diarias para novillos de 350 kg. Por ejemplo, ello indicaría que con 1 ha de ese cultivo se pueden alimentar 50 terneros por 60 días, o bien 50 novillos por 43 días. En el ejemplo anterior, deberá suplementarse con heno o ensilaje el otro 50% de la dieta.

Un aspecto importante de considerar al utilizar BF es que éstas deben introducirse *gradualmente* en la dieta. No es conveniente introducir animales con hambre al cultivo por primera vez, y se recomienda al menos 10-14 días de acostumbramiento al pasar de praderas a BF. Los animales deberán tener forrajes fibrosos disponibles (henos o ensilaje) o bien pradera de pastoreo, de modo que puedan acostumbrarse gradualmente a las BF. La experiencia observada localmente indica que los animales van a consumir muy poca BF y preferirán los forrajes a los que están acostumbrados. Algunos individuos van a ir probando inicialmente las hojas y luego las raíces de BF y en algunos días el consumo ya será significativo, hasta llegar a maximizarlo a las dos semanas. Es importante considerar que los animales deben adaptar sus poblaciones microbianas en el aparato digestivo, ya que el nuevo forraje es más rico en azúcares solubles y proteína.

A pesar del alto contenido de agua de los cultivos de BF (cerca de 90%), siempre será necesario contar con agua de bebida para el ganado, ya que el agua del cultivo no alcanza a suplir todos los requerimientos, especialmente si los niveles de inclusión de BF son menores.

En los cultivos de hojas, el estado del cultivo es relevante para el manejo animal y los resultados productivos, ya que aquellos que tienen una mayor proporción de tallo respecto de hojas, o bien tallos engrosados, serán de más difícil consumo para los animales y de menor valor nutritivo. En el caso de cultivos con diferentes niveles de vernalización (emisión de tallo floral) se dificulta el manejo, especialmente con cerco eléctrico y los porcentajes de utilización serán naturalmente menores. En el caso de cultivos de raíz, los animales habitualmente consumen primero las hojas y luego van consumiendo las raíces, las que desentierran mediante diferentes movimientos de la cabeza. Algunas variedades son de más fácil consumo al estar parcialmente desenterradas en forma natural (ej. nabo forrajero *Rival*), mientras que otras están enterradas en mayor proporción. El tamaño de las raíces es variable y en general todos los tamaños son consumidos. Con raíces pequeñas (por ejemplo cuando la dosis de siembra fue demasiado alta) la literatura reporta algunos casos de atragantamiento, lo que no se ha observado como un problema a nivel local. Si se maneja una carga animal tal que obligue al ganado a acercarse a un 100% de utilización, prácticamente todas las raíces serán desenterradas y consumidas. Como ya se señaló, ello no es recomendable con animales en crecimiento, ya que se resiente su ganancia de peso.

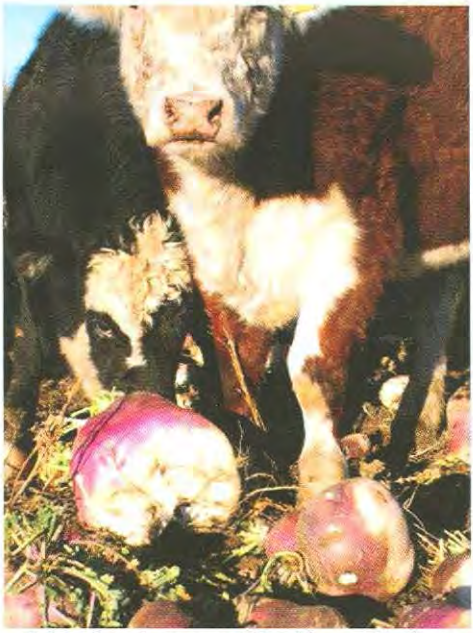
EXPERIENCIAS CON USO DE BRÁSSICAS FORRAJERAS EN LA PATAGONIA (AYSÉN)

Para sustentar sistemas de engorda en otoño e invierno, las BF ofrecen alternativas, las que han sido evaluadas en diferentes experimentos de campo en el Centro Regional de Investigación INIA Tamel Aike. Ello resulta especialmente importante en aquellos grupos que no alcanzan peso de faena antes de invierno. La buena calidad del forraje que entregan las BF permite mantener ganancias de peso elevadas para la época del año. Se realizó una experiencia con animales bovinos híbridos Hereford x Angus, que fueron alimentados con nabos (*Brassica rapa*) o raps forrajero (*Brassica napus*), en el período de otoño, comparado con otros similares que fueron alimentados con rezago de alfalfa más heno o ensilaje (todos con peso inicial promedio de 430 kg). Luego de dos meses, los grupos presentaron diferencias importantes (figura 2).

Pastoreo invernal en franjas

Con el pastoreo de rezago de alfalfa, los animales tuvieron inicialmente una respuesta similar a los tratamientos con brassicas (nabos o raps), pero a partir de la primera quincena de abril el aporte de alfalfa fue cada vez menor y se requirió suplementar ese lote con heno y silo. El grupo de novillos alimentados con alfalfa y suplementos presentó una tasa de crecimiento de sólo 640 g/d como promedio del período experimental, mientras que la respuesta en novillos pastoreando nabo cv *Rival* y raps cv *Winfred* tuvo ganancias de peso vivo de 910 a 940 g/d

como promedio diario de todo el período. Como consecuencia de lo anterior, los novillos pastoreando nabo forrajero o raps forrajero lograron pesos finales (no destarados) cercanos a 500 kg peso vivo, contra solamente 485 kg en aquellos pastoreando alfalfa + suplemento de heno.



Nabos forrajeros en utilización con bovinos

En otro experimento similar, en que se requería alimentar novillos de promedio 385 kg de peso vivo, se comparó a) nabo forrajero cv. *Green Globe* (tardío); b) rutabaga (*Brassica napobrassica*) cv. *Dominion*; c) ensilaje + grano avena y; d) heno de alfalfa + grano avena, como fuentes forrajeras de otoño invierno. El grupo alimentado con heno de alfalfa y grano tuvo tasas de crecimiento algo superiores a 700 g/d y aquellos que comieron rutabaga ganaron peso a razón de 630 g/d.

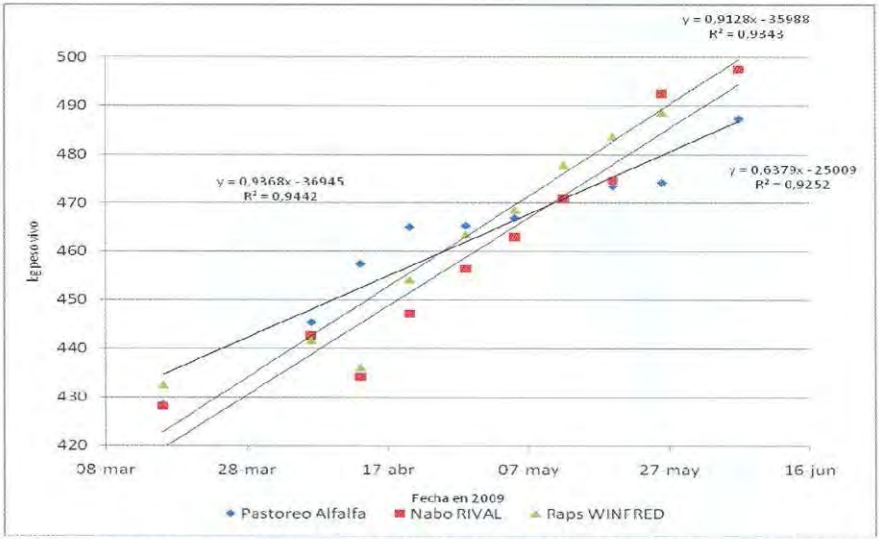
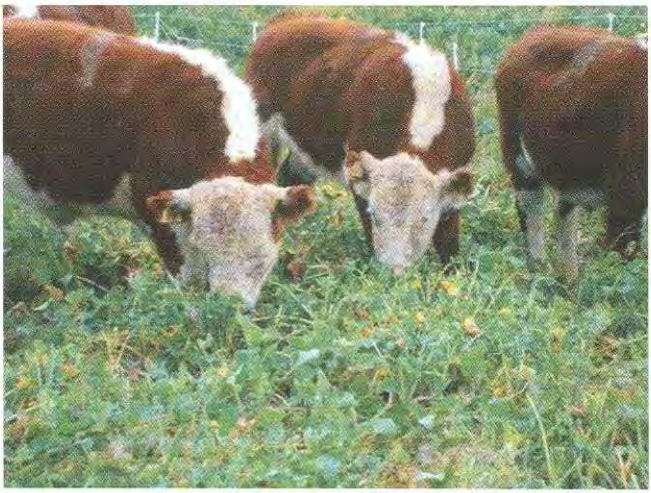


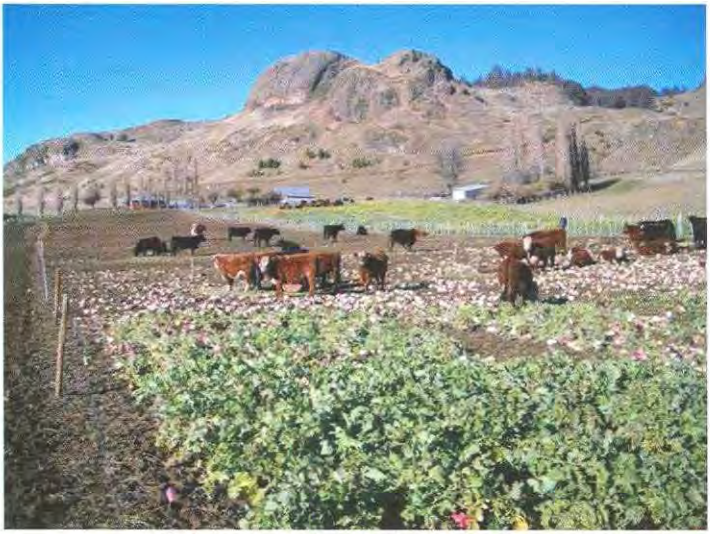
Figura 2. Alimentación de novillos en crecimiento con brassicas forrajeras en otoño comparad con animales alimentados con alfalfa y suplementos de heno y ensilaje. INIA Tamel Aike, 2009.



Pastoreo raps *Winfred*

Ambos grupos tuvieron mejor comportamiento productivo que los que se alimentaron con nabo forrajero (450 g/d promedio) o ensilaje + grano (360 g/d promedio) (figura 3). Si bien las tasas de crecimiento evaluadas fueron inferiores a las de otros ensayos, se aprecia que las BF pueden sustituir fácilmente el uso de granos de cereales, al tener elevados tenores de energía.

Más recientemente, se probaron tres cultivos: nabo forrajero (*Green Globe y Rival*) y rutabaga (*Dominion*), para evaluar el crecimiento de novillos de engorda y de terneros de recría en invierno, entre junio y agosto. Los cultivos tuvieron un establecimiento regular, con algunos problemas de enmalezamiento en nabo *Rival* y rutabaga (yuyo), que probablemente afectó parcialmente los resultados. Los novillos consumieron también en promedio 4 kg de heno de alfalfa/d y los terneros cerca de 3 kg/d, fuera de sales minerales. En todo caso, resulta interesante analizar los resultados (cuadro 2). Se observa que, a pesar de los problemas de establecimiento mencionados, los cultivos de BF ofrecieron un recurso forrajero capaz de generar tasas de crecimiento superiores a 800 g/d en novillos y de casi 600 g/d en terneros.



Pastoreo de nabo forrajero en invierno

Lo anterior implica que en otoño-invierno es posible engordar novillos en base a BF (al menos 50% de la dieta) y lograr aumentos de al menos 90-120 kg entre mayo y septiembre en novillos y de entre 70-90 kg en terneros. Lo anterior permitiría finalizar novillos en meses no habituales y abastecer el mercado en forma más homogénea. También, en el caso de los terneros, se lograría recuperar terneros de bajo peso de destete para un mejor desempeño en primavera-verano, o bien lograr terneros de alto peso en primavera para lograr novillos precoces en verano. En resumen, se amplía la gama de oportunidades para diferentes estrategias productivas de los ganaderos.

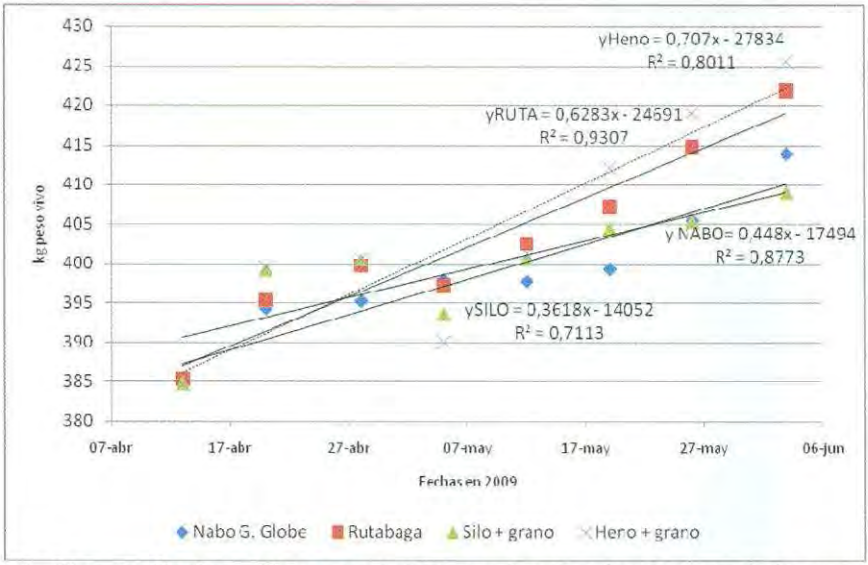


Figura 3. Alimentación de novillos en crecimiento con brassicas forrajeras en otoño comparado con animales alimentados con heno de alfalfa+grano y ensilaje+grano (avena). INIA Tamel Aike, 2009.

Para evaluar la utilización de BF y la posible sustitución de grano en engorda, otro trabajo utilizó novillos de 360 kg en mayo y los alimentó con nabo forrajero hasta fines de julio, en tres grupos: a) nabo restringido (Nb); b) nabo restringido + grano de avena (1,5 kg/d) (Nbav) y; c) nabo a libre disposición (Nbal). Los tres grupos tuvieron suplementación con heno de alfalfa. Los pesos finales, luego de 71 días de pastoreo, fueron de 450 kg de peso vivo, y la ganancia diaria promedio de 1.250 g/d, cuando no hubo restricción en consumo de nabos. Por ello, se observó que se tenía mejor respuesta animal si existía menos limitación al

consumo de nabos (o sea residuos no demasiado bajos al final del día) (cuadros 3 y 4). Se observó que la utilización de los nabos en los grupos con restricción fue de casi 95%, mientras que decayó a 82% promedio cuando se incorporó grano de avena y hasta 60% cuando se aumentó la disponibilidad (en este último caso el avance de los animales en el cultivo era más rápido y quedaba residuo atrás).

	Terneros			Novillos		
	G Globe	*Rutabaga*	*Rival*	*G Globe*	*Rutabaga*	*Rival*
Fecha inicio		22-jun			22-jun	
Fecha término		19-ago			19-ago	
Peso inicial	233	239	232	406	409	405
peso final	267	262	253	455	443	442
kg ganados	34	23	21	49	34	37
Días	58	58	58	58	58	58
kg/d	0,586	0,397	0,362	0,845	0,586	0,638

Cuadro 2. Peso vivo de novillos y terneros en pastoreo invernal de tres cultivos de brássicas forrajeras. INIA Tamel Aike 2011.

Tratamiento	Disponibilidad kg MS/ha					Utilización Nabos (%)		
	Hoja nabo	Raiz nabo	Total nabo	Otros*	MS total	Hojas	Raíces	Total
Nb Nabo + heno	409	3.997	4.406	644	5.050	95,6	94,7	94,8
NbAv Nabo + grano + heno	498	3.582	4.080	760	4.840	95,3	80,1	82,0
Nbal Nabo sin restricción + heno	1277	4.464	5.741	1.335	7.076	80,3	51,1	60,2

Cuadro 3. Disponibilidad de nabo forrajero para novillos en engorda invernal y nivel de utilización en condiciones de pastoreo en franjas. (*) Gramíneas, malezas y material muerto. Tamel Aike 2008.

Los niveles de utilización de forraje fueron superiores en hojas (80-95%) respecto a raíces (51-95%). Ante la disponibilidad de avena, los animales tendieron a sustituir parcialmente el nabo

forrajero. La proporción de alimento obtenido vía pastoreo fue superior en los animales que no tenían limitación de disponibilidad y llegó a cerca del 70% del total. Ello tiene además efectos económicos, al disminuir los costos de suplementación y su mano de obra asociada. En este caso, los novillos llegaron a consumir cerca del 55% de su dieta diaria en base a pastoreo directo de nabo forrajero. En los tres casos, los consumos totales fueron similares y las diferencias observadas parecen vincularse más con la calidad de la dieta promedio recibida. Nuevamente se demuestra la capacidad de finalizar novillos en base a estos cultivos en las condiciones frías de la Patagonia.

Tratamiento	Consumo individual promedio kg MS/d y (% de la dieta)							
	Nabos	Otros	Heno	Avena	Total	%pastoreo	Peso final (kg)	Ganancia de peso (g/d)
Nb Nabo + heno	3,3 (35,4)	0,5 (4,9)	5,6 (59,7)	0	9,4	40,3	409	733
NbAv Nabo + grano + heno	2,3 (23,2)	0,5 (5,1)	5,6 (56,5)	1,5 (15,1)	9,9	28,3	438	1.037
Nbal Nabo sin restricción + heno	5,2 (54,7)	1,5 (15,7)	2,8 (29,5)	0	9,5	70,5	450	1.215

Cuadro 4. Consumo individual y componentes de la dieta de novillos en engorda invernal y proporción del alimento en base a recursos de pastoreo. Tamel Aike, 2008.

Las BF también pueden utilizarse para recría de terneros y/o terneras, lo que ocurrirá especialmente en otoño e invierno, aunque también en otras épocas donde haya disponibilidad de BF. Es el caso de una experiencia que utilizó un cultivo de raps forrajero cv *Goliath*, para una etapa de recría de terneras de peso inicial de 211 kg en primavera temprana (octubre-noviembre). El cultivo había sido sembrado en verano (fines de enero) y permite utilización en otoño tardío y puede rebrotar en primavera, antes de florecer.

	Consumo heno kg ms/d	Disponibilidad (kg MS/ha)			Residuo Raps	% utilización raps	Disp. semanal grupal (kg MS)	Disp. por cabeza/d (raps)
		hojas	tallos	total	kg MS/ha	%	Hojas+tallos	kg ms/d
Raps franja avance diario	6,0	2928	3220	6148	515	91,6%	103,3	2,5
Raps avance semanal	7,4	2827	3365	6192	1384	77,6%	96,2	2,7

Cuadro 5. Pastoreo de primavera de raps forrajero con dos sistemas utilizando terneras. Tamel Aike, 2010.

Se dispuso de un cultivo de raps con alrededor de 6,2 ton MS/ha en promedio y una disponibilidad de alrededor de 2,5 kg MS raps/cabeza/d. En este caso, el raps representó un suplemento verde a la dieta de las terneras, la que se basó en el heno de alfalfa. Se compararon dos sistemas de pastoreo: con franjas diarias o bien con avance semanal. En el sistema con avance semanal se observó mayor consumo individual de heno (23% más) y menor porcentaje de utilización de raps (78% versus 92%), comparado con el avance con una franja diaria (cuadro 5). Los animales del sistema diario pisoteaban y dañaban menos el cultivo.

A pesar de las diferencias indicadas, ambos grupos finalizaron con pesos vivos similares de 250 kg tras 36 días de pastoreo (cuadro 6). Las ganancias promedio de peso fueron algo superiores en el sistema de pastoreo con avance semanal comparado con el pastoreo con franja diaria (1,15 versus 1,04 kg/d).

Tratamiento	Peso vivo inicial	Peso vivo final	kg ganados	ganancia de peso (kg/d)
Raps avance franja diaria	211,8	249,2	37,3	1,037
Raps avance semanal	210,4	251,8	41,4	1,150

Cuadro 6. Peso vivo de terneras y ganancia de peso en dos sistemas de pastoreo de un re de raps forrajero cv. *Goliath* en primavera. Tamel Aike, 2010.

Utilización de raps forrajero

RECONOCIMIENTO

Se reconoce y agradece la valiosa participación de R. Salvo, P. Almonacid, R. Muñoz, M. Monsalve, E. Monsalve y M. Cadagán en el desarrollo de los trabajos experimentales de terreno y laboratorio. Los trabajos contaron con el apoyo financiero de FIA, Innova y Minagri.

CAPITULO 7

UTILIZACIÓN DE BRÁSSICAS FORRAJERAS CON OVINOS

Hernán Felipe Elizalde V., Ing. Agr. PhD, INIA-Tamel Aike

INTRODUCCIÓN

La producción ovina cumple un rol muy importante en la ganadería de Aysén, siendo, para algunos sectores, la única actividad pecuaria capaz de sostenerse en forma permanente dado los ambientes extensivos donde se desarrolla. De acuerdo a datos del último censo agropecuario se estima que existe una masa de 312 mil ovinos, distribuidos en 1538 explotaciones (INE, 2008). El año 2006 hubo un beneficio de 19.976 animales y una producción de 376,6 ton de carne, que representa el 2.6% de la producción nacional (ODEPA, 2007).

La estacionalidad de la producción ovina en el país se acentúa aún más para el caso de los sistemas de producción ovina de la Patagonia, que es tradicionalmente pastoril, extensiva y estacional. La disminución de esta marcada estacionalidad en la oferta del producto cordero, tanto para el mercado externo, como para el interno, aparece como una demanda muy fuerte para mejorar la rentabilidad de los sistemas, tanto productivos como de comercialización y distribución. La posibilidad de producir corderos para abastecer cualquier mercado con cierta regularidad, debe basarse en la tecnología que se pueda aplicar, tales como la mejora de la oferta forrajera; estratificación y definición de categorías de venta, con distintas categorías de corderos y sistemas de invernada que permitan esta oferta más extendida a través del año. Para estos aspectos, hay cierta tecnología que se aplica en países competidores y que es posible adecuarla a la realidad y restricciones que presenta la Patagonia Occidental.

Es así como a partir de febrero, las praderas naturales, naturalizadas, mejoradas y sembradas de la Zona Intermedia de la Región de Aysén, comienzan a disminuir su tasa de crecimiento, producto del avance del estado fenológico de las mismas, acompañado de una disminución de la temperatura ambiental y de suelo, lo que provoca que las tasas de incremento de peso vivo de las categorías de animales que se encuentran en crecimiento disminuyan en forma importante. Esta baja en el crecimiento de los corderos, podría revertirse con la utilización de cultivos forrajeros, que acumulen altos niveles de materia seca, de adecuada calidad y que puedan ser utilizados directamente por los animales durante este período. Un grupo de

cultivos forrajeros que cumplen con las características antes mencionadas, son las brássicas forrajeras (BF), las que han demostrado producir 15 ton MS/ha bajo las condiciones de la Zona Intermedia de Aysén, registrándose una buena calidad (2,9 a 3,0 Mcal por kilo y 27 a 22% de proteína bruta, para las hojas y raíces, respectivamente) y con posibilidad de ser utilizado desde febrero en adelante (Antrillao, 2009).

PRADERAS PARA ENGORDA DE CORDEROS

En general los sistemas físicos de producción ovina en el país, consideran la **pradera natural** como principal o único recurso alimenticio del ganado manejado extensivamente. Además algunos sistemas incorporan, en pequeñas superficies, praderas sembradas como parte del plan forrajero anual (FIA, 2000).

En la Región de Aysén, se desteta con aproximadamente tres meses de edad, donde gran parte de los corderos se van a faena directamente, sin embargo una fracción de los corderos es destinada a la engorda, utilizándose principalmente praderas permanentes mejoradas vía fertilización (Ehijos, 1992). Al respecto, en Valle Simpson se evaluó la respuesta a la engorda intensiva de corderos en praderas naturales fertilizadas. El ensayo tenía por objetivo evaluar cuatro cargas animales (25, 35, 45 y 55 corderos/ha) sobre la respuesta de los corderos, utilizándose corderos provenientes del sector de estepa, destetados en Diciembre. Los resultados se presentan en el Cuadro 1.

	25 corderos /ha	35 corderos /ha	45 corderos /ha	55 corderos /ha
Peso vivo inicial (kg)	20,6 a	20,5 a	20,4 a	20,4 a
Peso vivo final (kg)	36,4 a	34,7 b	31,8 c	31,2 c
Ganancia de peso vivo (g/d)	198 a	179 b	146 c	146 c
Producción de PV (kg/ha)	394 a	401 a	513 b	640 c
Peso de vara fría (kg)	15,33 a	14,33 a	12,15 b	12,29 b

* Pradera permanente (Trifolium repens, Holcus lanatus, Poa sp); Disponibilidad de MS (kg/ha): 3.5 ton iniciales (Diciembre). Raza Corriedale (machos castrados).

Cuadro 1. Efecto de la carga ovina para optimizar la productividad de praderas de la zona Intermedia de Aysén.

Los corderos pueden mantener ganancias de peso vivo, e incluso bajo situaciones de altas cargas. Es posible lograr extremadamente altas producciones/ha al utilizar alta carga animal, sin embargo los pesos individuales se ven afectados. A la vez, los pesos de vara fría se ven

afectados al aumentar la carga, por lo que la suplementación a pastoreo podría ser una opción para mantener altas tasas de respuesta individual.

Se ha observado que el ovino es un animal altamente selectivo y que las leguminosas tienden a ser más consumidas que las gramíneas. Los potreros con un mayor contenido de trébol blanco son más adecuados para la terminación de corderos que las praderas dominadas por gramíneas. Sin embargo, los cambios debidos al avance en el estado fenológico, a la composición botánica de la pradera y a las menores precipitaciones una vez avanzado el verano, limitan las tasas de crecimiento del cordero destetado, especialmente dado el alto potencial de crecimiento que tiene el cordero en esa etapa. En este trabajo, se registró una tendencia general de descenso de la cantidad de trébol blanco en la medida que avanza la temporada, atribuible a la estacionalidad de crecimiento de esta leguminosa, que tiende a expresarse fundamentalmente entre Diciembre y Enero. En consecuencia, las ganancias diarias de peso que se observaron a finales de la temporada fueron significativamente menores a las que se registraban a comienzos del experimento.

Es así como bajo esta situación, surge la posibilidad de utilizar la oferta forrajera que ofrecen las BF, con características agronómicas que permiten tener forraje en cantidad suficiente, de elevado valor nutritivo desde mediados del verano hasta inicios de invierno (Reid y otros, 1994). Son especies que permiten producir sobre 10 ton MS/ha, con buena calidad (2,7 a 3,2 Mcal por kilo y 15 a 25% de proteína bruta) y con posibilidad de ser utilizado desde febrero en adelante (Teuber y otros, 2009).

IMPORTANCIA DE LAS BRÁSSICAS FORRAJERAS COMO CULTIVOS SUPLEMENTARIOS PARA OVINOS EN CRECIMIENTO.

En todas las zonas del país en que hay una producción pecuaria de importancia, se presenta una estacionalidad marcada en la disponibilidad de forraje. Por lo general un 60% de la producción ocurre en los meses de primavera, por lo tanto hay épocas de alimentación insuficiente para los animales, con las consiguientes pérdidas de peso (Soto, 1996). Los **cultivos suplementarios** tienen un gran efecto en mejorar la eficiencia de utilización de las praderas. (Claro, 2004); y tienen por objetivo producir forrajes abundantes y suculentos en un corto período, los que pueden ser suministrados como soiling o pastoreo (Soto, 1996).

De acuerdo a McLoughing (2005), el consumo de suplemento está influido por el tamaño y edad de los animales, los requerimientos nutritivos, la sanidad, las características del suplemento, la palatabilidad y la disponibilidad y calidad de la pradera. La preferencia de los alimentos dulces sobre los amargos, y así mismo las características morfológicas de los

alimentos como textura, procesamiento y contaminación con heces, orina o tierra son factores que afectan la palatabilidad. Además a menor disponibilidad y calidad de la pradera, mayor será la demanda y competitividad por el suplemento (McLoughing, 2005).

El uso de BF como cultivo suplementario a los sistemas de producción ovina ha sido ampliamente utilizado en Europa por al menos 600 años (Nadja, 1991). En general, la utilización de BF en ovinos responde a la necesidad de poder contar con un forraje en pié que permita la extensión del período de pastoreo desde mediados de verano hasta iniciado el invierno (Koch y otros, 1987; Reid y otros, 1994). La utilización más frecuente es con corderos en crecimiento, aunque en algunos casos, también se utilizan algunas variedades de raíz y hoja con ovejas en lactancia (Vipond y otros, 1990). En el Cuadro 2 se presenta la respuesta en ganancia de peso de corderos en crecimiento a distintas experiencias realizadas con distintas BF.

Especie	Incremento de peso vivo (g/día)	Referencia
Raps forrajero	50 -98	Fitzgerald 1983
Raps forrajero	152	Fitzgerald y Black, 1984
Raps forrajero	163	Wilson, 1990
Raps forrajero	59 – 316	Judson, 2010
Raps forrajero	203	Elizalde y otros, 2010
Raps forrajero	90 – 318	Bjarnadottir y otros, 2006
Nabo forrajero	197 – 275	Reid y otros, 1994.
Repollo híbrido (Tyfon)	241 – 330	Reid y otros, 1994.
Repollo híbrido (Tyfon)	214 – 249	Koch y otros, 1987
Repollo híbrido (Tyfon)	151	Wilson, 1990
Nabo híbrido (Pasja)	50	Formoso, 2002
Nabo híbrido (Pasja)	177 – 235	Ayala y otros, 2007.
Rábano forrajero (Graza)	125 – 171	Bianchi y otros, 2008

Cuadro 2. Respuesta en producción ovina: ganancia de peso de corderos alimentados con Brássicas forrajeras.

En general se observa una respuesta positiva pero altamente variable, desde 50 a 330 g al día, al consumir BF con corderos. Las diferencias registradas en este grupo de datos son atribuibles al estado fenológico del cultivo y al manejo del pastoreo realizado.

En relación al rendimiento y valor nutritivo de los distintos cultivos de BF ofrecidos en experiencias con ovinos, ésta se presenta en el Cuadro 3. Se puede observar una alta variabilidad en cuanto a rendimiento, atribuible principalmente a las distintas condiciones de campo, como por ejemplo clima, fertilidad y época del año.

Especie	Proteína Cruda (%)	Digestibilidad (%)	Rendimiento (ton MS/ha)	Referencia
Repollo híbrido (Tyfon)	15,1 – 21,4	86,6 – 92,9	2,62 – 3,21	Koch y otros, 1987
Repollo híbrido (Tyfon)	20	-	5,58 – 6,83	Reid y otros, 1994.
Mostaza blanca	32	80	-	Mc Lean, 2007
Raps forrajero	24,8	84,4	-	Armstrong y otros, 1993
Raps forrajero	25,2	82,8	-	Lambert y otros, 1987
Nabo forrajero	25,6	93,5	14,9	Antrillao, 2009

Cuadro 3. Valor nutritivo y rendimiento de MS de BF ofrecidas a corderos en crecimiento

Sin embargo, cabe destacar que en general el valor nutritivo registrado en los distintos cultivos es alto, con valores de digestibilidad de entre 80 – 93,5% y contenidos de proteína cruda de 15,6 a 32%. Esta situación de oportunidad, calidad y cantidad de la oferta forrajera, asignan un valioso rol a estos cultivos suplementarios, con un alto potencial para ser adoptados en los sistemas de producción ovina de la Patagonia Occidental.

RESULTADOS REGIONALES

Engorda de corderos con Brássicas en Aysén

Entre los usos más frecuentes de BF con ovinos destaca su utilización en sistemas de engorda de corderos "cola" (que no alcanzan pesos de faena) en el período finales de verano y otoño, época en que el aporte de la pradera comienza a disminuir en términos de calidad y cantidad.

La primera experiencia que se llevó a cabo en el año 2008 y tuvo por objeto conocer la respuesta productiva a la suplementación con nabo forrajero cv. Green Globe, de corderos livianos, provenientes de la estepa que pastoreaban el rebrote de una pradera permanente de alfalfa y pasto ovillo.

El ensayo se realizó, en el Centro Experimental INIA Tamel Aike, Valle Simpson, donde los corderos fueron agrupados en tres tratamientos, para evaluar el incremento de peso vivo (PV) resultante de una suplementación creciente con nabo forrajero:

T1.- Pastoreo de pradera permanente, mas una suplementación equivalente a un 66% del consumo diario en base a nabo forrajero
T2.- Pastoreo de pradera permanente, más mas una suplementación equivalente a un 33% del consumo diario en base a nabo forrajero
T3.- Pastoreo de pradera permanente

Figura 1. Suplementación con nabo forrajero a corderos en crecimiento.

Los animales pastoreaban en grupo, durante 47 días, teniendo pastoreo restringido de acuerdo a tratamiento, agua a libre disposición y sales minerales. La suplementación con nabo se realizó en comederos de madera. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.

	T 1	T2	T3 (Pradera)
Peso inicial (kg)	25,8	25,4	25,1
Incremento de PV (g/día)	114	115	85
Consumo de nabos (g MS/día)	445	268	-
Consumo de pradera (g/día)	437	598	916
Consumo total (g MS/día)	882	866	916
Peso Final (kg)	31,2	30,8	29,1

Cuadro 4. Efecto de la inclusión de nabo forrajero sobre la respuesta productiva de los corderos.

Se observa una respuesta favorable a los tratamientos suplementados con nabo forrajero respecto al tratamiento en base solamente a pradera en relación al incremento de peso vivo de los corderos, lo que concuerda con lo reportado por Reid y otros (1994) y posteriormente por Miller (2002).

En promedio, se observó un 50% y un 31% del consumo de MS como nabo forrajero para los tratamientos 1 y 2 respectivamente, menor a lo ofrecido y donde las diferencias en el consumo de nabo para estos dos tratamientos no se tradujo en incrementos de peso vivo distintos. En promedio, se registró un 35% más de aumento de PV en los tratamientos suplementados con nabo forrajero respecto al testigo donde los animales consumían solo pradera. Es posible observar un aumento del consumo de pradera a medida que disminuye la suplementación con nabo forrajero, aún cuando no se observan grandes diferencias en el consumo de materia seca total. A medida que aumenta la suplementación con nabo forrajero, se observa una tendencia a un mayor peso vivo final. El efecto favorable de la inclusión de nabo forrajero es atribuible a la alta calidad de su materia seca, tal como señala Delgado (1984).

Los resultados de este primer estudio mostraron una respuesta favorable a la suplementación con nabo forrajero, mejorando de forma significativa la eficiencia de los sistemas productivos basados en la pradera, logrando mayores ganancias de peso vivo obtenidos en la engorda de corderos.

Otro trabajo en esta línea tuvo como objetivo determinar la respuesta productiva a la utilización de raps forrajero, por parte de ovinos, dentro de un sistema de finalización en otoño. Se utilizaron corderos machos de raza Corriedale, provenientes del sector de estepa. Los animales registraron un peso inicial promedio de 28,8 kg y fueron agrupados en dos tratamientos, para evaluar el incremento de peso vivo resultante al aplicar los siguientes tratamientos:

T 1.- Heno de alfalfa a libre disposición, más sales minerales
T 2.- Pastoreo de raps forrajero, cv Goliath, más sales minerales.

El grupo de animales pastoreaba el raps, teniendo agua y sales minerales. En promedio, los animales ingresaban con una disponibilidad de 10,7 t MS/ha, donde permanecían en promedio durante 15 días, dejando un residuo de 7 t MS/ha, el que fue consumido con posterioridad por un grupo de ovejas en encaste.

Figura 2. Corderos consumiendo raps forrajero en Valle Simpson. INIA Tamel Aike, Marzo 2010

Los animales permanecieron en el ensayo, por 69 días. Para el caso del tratamiento con heno, éste fue distribuido en comederos techados. Los animales también disponían de dormideros techados. La evolución del peso vivo se determinó quincenalmente. Los resultados de este ensayo se presentan en el Cuadro 5.

	Heno de alfalfa	Raps Forrajero
Peso inicial (kg)	29,0	28,5
Incremento de PV (kg d-1)	0,106	0,203
Consumo estimado (kg MS d-1)	0,89	1,12
Peso Final (kg)	35,9	42,4

Cuadro 5. Respuesta productiva de corderos engordados con heno de alfalfa o raps forrajero.

Se observa una respuesta favorable al tratamiento de pastoreo con raps forrajero respecto al tratamiento en base a heno de alfalfa en incremento de peso vivo de los corderos, lo que concuerda con lo reportado por Koch y otros (1987) y posteriormente por Judson (2010). Los corderos que pastoreaban raps forrajero, registraron incrementos diarios de peso vivo de casi el doble respecto a los animales que consumían heno de alfalfa.

En promedio, se observó un 26% más de consumo de materia seca en los animales que pastoreaban raps forrajero, respecto a heno. De esta forma, se registró un peso final 18%

superior en los animales que pastoreaban raps forrajero, respecto a los que consumían heno de alfalfa. Los resultados de este estudio mostraron una respuesta favorable de los corderos al pastoreo de raps forrajero, respecto a la suplementación con heno de alfalfa en sistemas de alimentación otoñal. El uso de raps forrajero mejoró significativamente los incrementos de peso vivo y el peso vivo final obtenido.

Crianza de corderas de reemplazo

Las brassicas pueden también ser utilizadas para la crianza de reemplazos, a modo de poder asegurar un peso de encaste adecuado de las corderas a los 7 – 8 meses de edad y así evitar pasar al año siguiente para iniciar su etapa reproductiva.

Una experiencia se realizó en el sector de estepa (Coyhaique Alto), utilizando un cultivo mixto de nabo forrajero (cv Green Globe), nabo de hoja (cv Hunter) y raps forrajero (cv Goliath), sembrados en franjas el 10 de Noviembre en un sector de mallín (Salvo y otros, comunicación personal) (Figura 3).

Figura 3. Pastoreo de BF en Coyhaique Alto, sector de mallines. Marzo 2010.

Las corderas, con un peso vivo inicial de 29 kg, venían consumiendo pradera fertilizada de valle (mallín), entre los meses de Febrero y marzo, con una ganancia de 81 g/día. En línea con los resultados reportados en Islandia por Bjarnadottir y otros (2006). Al comenzar a pastorear el cultivo de BF, el incremento diario de peso vivo aumentó significativamente, lográndose una tasa de 270 g/día (Figura 4). De esta forma, fue posible que este grupo de corderas

llegaran a un peso de 45 kilos de peso vivo, el 14 de Mayo, lográndose un adecuado peso de encaste.

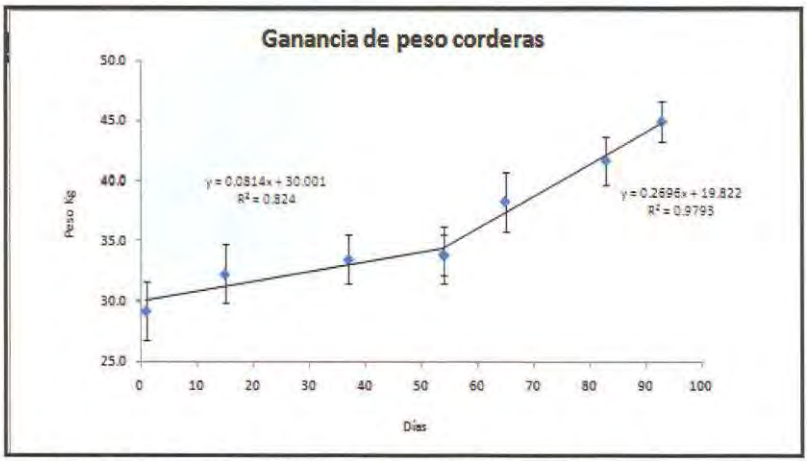


Figura 4. Respuesta productiva de corderas alimentadas con BF en otoño

Mas recientes son los resultados de Salvo y otros (comunicación personal), realizados en el mismo sector de Coyhaique Alto, para una segunda temporada. Para ello se utilizó un cultivo de raps forrajero cv Goliath, sembrado en la segunda quincena de Diciembre, el que fue pastoreado con corderas de reemplazo a partir del 15 de marzo.

Al comparar dos sistemas de pastoreo (rotativo vs continuo), a partir del 15 de marzo, se registró un incremento de peso vivo de 190 g/día para el caso del pastoreo continuo. Por su lado, con un sistema de pastoreo rotativo se lograron 230 g/día. Estos resultados están en línea con lo informado por diferentes autores (ej. Bjarnadottir y otros, 2006; Judson, 2010) y abren una línea de trabajo importante para poder optimizar la productividad del cultivo de BF.

Figura 5. Residuo post pastoreo de raps forrajero con corderas de reemplazo, Coyhaique alto, Abril 2010.

CONCLUSIONES

Las BF ofrecen la oportunidad, los niveles de productividad y la calidad nutritiva adecuada para ser utilizados como cultivos suplementarios, tanto en la Zona Intermedia como en sectores de mallín de la estepa de la Región de Aysén.

La suplementación con BF, mejora de forma significativa la eficiencia de los sistemas productivos basados en la pradera, lográndose tasas de crecimiento diarias por sobre los 200 gramos en corderos y corderas de reemplazo en el período de otoño

REFERENCIAS

Antrillao, I. 2009. Utilización de nabo forrajero (*Brassica rapa*) como suplemento de otoño para la engorda de corderos, en la Zona Intermedia de Aysén. Tesis Ing. Agrónomo Universidad Austral de Chile. 45 p.

Ayala, W.; Bermúdez, R. y Barrios, E. 2007. Utilización de Brassicas (Nabos forrajeros) en la recría – engorde de corderos Texel durante el período estival, Resultados preliminares. En: Cultivos y forrajeras de verano. INIA Treinta y tres. Agosto de 2007. Actividades de difusión Nº 499: 35 – 40.

Bianchi, G.; Fernández, M.E.; Garibotto, G. y Betancur, O. 2008. Engorde de corderos utilizando Brassica sp. Producción Ovina. 20: 85 – 96.

Bjarnadóttir, T.; Sveinbjörnsson, J. and Eythórsdóttir, E. 2006. Effects of the timing of weaning lambs and transferring form rangeland grazing to forage rape and aftermath grazing, with respect to lamb growth and development. Ice. Agric. Sci. 19: 59 – 70.

Claro, D. 2004. El cruzamiento terminal en la producción de carne ovina. En: Elizalde H.F. (ed) La producción ovina de Aysén en un mundo globalizado. 24 y 25 de Noviembre de 2004, Centro Regional de Investigación Tamel Aike. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Serie actas Nº 33. Coyhaique-Chile. pp 40-46

Delgado, I. 1984. El nabo forrajero. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. LSB.N.: 84-341-03605 - Depósito legal: M. 21.977-1984 (25.000 ejemplares) Neugrafis, S. L. - Santiago Estévez, 8- 28019-MADRID

Ehijos, J. 1992. Engorda intensiva de corderos en praderas naturales fertilizadas en la zona intermedia de Aysén. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Austral de Chile. 70 p.

Elizalde, H.F.; Tapia, M. y Silva, M. 2010. Respuesta productiva de corderos al pastoreo con raps forrajero (Brassica napus) durante el otoño. En: XXXV Congreso Sociedad Chilena de Producción Animal. Coyhaique, 27 – 29 de Octubre 2010. pp. 149 – 150.

FUNDACION PARA LA INNOVACION AGRARIA (FIA). 2000. Estrategia de producción agraria para producción de carne ovina. Inscripción Nº 116.624. Santiago, Chile. 69p.

Fitzgerald, J.J. 1983. The use of forage crops for store lamb fattening. In: Haresign W. (ed). Sheep Production, pp 239 – 286, London, UK; Butterworth.

Fitzgerald J.J. and Black, W.J.M. 1984. Finishing store lambs on green forage crops. 1. A comparison of rape kale and fodder radish as source of feed for finishing store lambs in autumn. Irish Journal of Agricultural Research, 23: 127 – 136.

Formoso, D. 2002. Utilización del cultivo de Brassica cv Pasja para recría de corderos en verano. SUL. Producción Ovina. Volumen 15: 55-62.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). 2008. Existencia de ganado en las explotaciones agropecuarias y forestales por especie, según región. (on line)

<http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07.php>

Judson, H.G. 2010. Maximising productivity from Brassica crops. In: Proceeding of the 25th Annual Conference of The Grassland Society of NSW. Australia, pp 96 – 99.

Koch. D.W.; Ernst Jr F.C.; Leonard, N.R.; Hedberg, R.R.; Blenk, T.J. and Mitchell, J.R. 1987. Lamb Performance of Extended Season grazing of Tyfon. J. Anim. Sci. 64: 1275 – 1279.

Lambert, M.G.; Abrams, S.M.; Harpster, H.W. and Jung, G.A. 1987. Effect of hay substitution on intake and digestibility of forage rape (Brassica napus) fed to lambs. J. Anim. Sci. 65: 1639 – 1646.

Mc Lean, B. 2007. Alternative forage crops for finishing lambs. ADAS Pwllpeiran, Organic Centre Wales. U.K. 14 p.

McLoughling, R. 2005. Variación en los consumos individuales. (on line) <http://www.portalveterinaria.com/article404.html

Miller, S.M. 2002. Practical Approaches to Improve the Value of the Falkland Island's Sheep and Wool Industry. Ph.D. Thesis. University of Queensland, St. Lucia, Australia.

Nadja, H. 1991. Forage Brassicas. Practical Information for Alberta's Agriculture Industry. Agdex / 128 20-1. AGRI-FACTS. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 2p.

OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICAS AGRARIAS (ODEPA). 2007. Mercado de la carne ovina.(online)<https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScrjsessionid=560B0743DF3B6102E1E149EEBD2EBE35?idcla=2&idcat=&idn=2014 >

Reid, R.L.; Puoli, J.R.; Jung, G.A.; Cox-Ganser, J.M. and McCoy, A. 1994. Evaluation of Brassicas in grazing systems for sheep: I, Quality of forage and animal performance. Journal of Animal Science. 72: 1823-1831.

Soto, P. 1996. Forrajes suplementarios de invierno y verano. Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. Segunda edición, Editor Ignacio Ruiz Nuñez, Impresos Offset Bellavista Ltda., Santiago, Chile 109-137.

Teuber, O.; Almonacid, P.; Monsalve, M. y Monsalve, E. 2009. Producción y calidad nutricional de cinco especies de brassicas forrajeras (*Brassica spp.*), en la Zona Intermedia de Aysen, Patagonia (Chile). . En: XXXIV Congreso Sociedad Chilena de Producción Animal. Pucón, 27 – 29 de Octubre 2009. pp. 149 – 150.

Vipond, J.E.; Dingwall, W.S.; Fitzsimons, J. and Hunter, E.A. 1990. Supplementary feeding of sheep on Brassica root crops. In: Pollot G.E. (ed). Milk and Meat from Forage Crops. British Society of Animal Production Occasional Publication Nº 24.

Wilson, J.K. 1990. A comparison of forage rape and Tyfon for finishing Scottish Blackface whether lambs. In: Pollot G.E. (ed). Milk and Meat from Forage Crops. British Society of Animal Production Occasional Publication Nº 24.

CAPITULO 8

ASPECTOS DE SALUD ANIMAL ASOCIADOS AL CONSUMO DE BRÁSSICAS

Marilyn Tapia, Med. Vet., INIA Tamel Aike

INTERACCION PLANTA –HERVÍBORO

Para comenzar a abordar este tema es fundamental recordar que gran parte de los problemas de salud asociados a las brássicas forrajeras (BF), están relacionados a la presencia en ellas, de una serie sustancias químicas cuyo objetivo es ejercer un mecanismo de defensa para mantener el equilibrio **interacción planta-herbívoro**. Estas sustancias reciben el nombre de **compuestos secundarios**.

En las plantas se ha descrito una enorme diversidad bioquímica de compuestos secundarios; más de 100, aunque sólo unos 15 alcanzan niveles significativos en las BF, predominando los glucosinolatos alifáticos y en menor medida los indólicos. Son éstos, los que en presencia de una enzima hidrolítica (mirosinasa), generan una serie de productos de degradación que juegan un papel decisivo en las propiedades organolépticas especialmente el olor, sabor amargo y en los efectos perjudiciales y beneficiosos atribuidos a las BF. Todas estas características han llevado a que se valore su incidencia en la producción ganadera, especialmente en los sistemas pastoriles.

Cabe recordar en general que, en situaciones de clima adverso por ejemplo; periodos de sequía, las plantas son capaces de aumentar sus defensas, sobre todo las de tipo cualitativo (concentración de alcaloides, glicósidos cianogénicos, etc.), por lo difícil que es regenerar tejidos dañados, producto del consumo de herbívoros en estas situaciones. Una segunda estrategia de defensa de las plantas es la distribución variable de los compuestos secundarios en los diferentes tejidos vegetales, dependiendo de la importancia para la planta, por lo que su distribución en la planta avanza según su desarrollo fenológico. Las yemas en crecimiento, hojas jóvenes, órganos reproductores y de dispersión, en general, todas las partes de crecimiento anual, muestran una mayor concentración de compuestos secundarios que los tejidos viejos, puntos de gran importancia a la hora del planificar el consumo y administración del recurso.

Como forma de contrarrestar, los herbívoros han desarrollado adaptaciones fisiológicas y etológicas (comportamiento) que han permitido reducir el efecto perjudicial. El **medio ruminal representa el lugar más eficiente de detoxificación** para un amplio rango de compuestos secundarios de las plantas (terpenos, fenoles, ácidos, etc.), seguido de otros puntos, tales como el intestino delgado, los riñones y de modo fundamental en el hígado, de modo que la toxicidad de las plantas consumidas por los rumiantes puede ser modificada significativamente después de los cambios químicos sufridos por los compuestos potencialmente tóxicos. Pese a ello, estos mecanismos no son de capacidad ilimitada y el animal se ve obligado a ejercer una activa selección del alimento. Es por esto, que los herbívoros seleccionan su dieta entre una amplia variedad de especies vegetales, tratando por una parte, de cubrir sus necesidades nutritivas y, por otra, de evitar la ingestión de compuestos tóxicos. Dicha selección está basada en un proceso de aprendizaje tipo prueba/error.

La composición de la población microbiana del rumen es muy lábil y difiere entre especies, entre poblaciones, a lo largo del tiempo, y como adaptación a la ingestión de determinados compuestos en la dieta. Esto puede, evidentemente, tener una importante influencia en la transformación de los compuestos secundarios y, por ende, en la toxicidad de los alimentos.

Para que un animal pueda ejercer una eficaz selección sobre las plantas que constituyen su alimento, es necesario que distinga cuáles pueden perjudicarle, lo que no siempre consigue, produciéndose la intoxicación. Los animales son capaces de asociar el sabor de un alimento con las consecuencias negativas post-ingesta, pudiendo generar aversiones condicionadas hacia cierta planta. Estas aversiones son a corto plazo y repetidas a lo largo de su vida, como consecuencia de su comportamiento ingestivo, basado en el muestreo. Por último, cabe destacar que los animales salvajes disponen de mejores adaptaciones a las toxinas vegetales que los animales domésticos, ya que, para las especies de abasto, el hombre ha transformado grandes extensiones de terreno en praderas aptas para su alimentación, e impedido, mediante riego, corte, pastoreo y fertilización, la proliferación de plantas tóxicas. No es casual, por tanto, que los mayores problemas de intoxicación del ganado ocurran en praderas no modificadas por el hombre y en regiones o zonas de baja pluviometría y condiciones climáticas muy adversas, debido a las particulares adaptaciones de las plantas frente al estrés ambiental. Entre las principales sustancias presentes en las plantas se puede encontrar:

- Compuestos Fenólicos: Taninos, Fitoestrógenos, Cumarinas.
- Toxinas Nitrogenadas: Alcaloides, Glicósidos cianogénicos, **Glucosinolatos, Aminoácidos tóxicos**, lecitinas e inhibidores de las proteasas.

- Terpenos: Lactosas, sesquiterpénicas, Glicósidos cardiacos, Saponinas, Hidrocarburos, poliacetílicos, Acido Oxálico, Compuestos tóxicos en pteridofitos, Micotoxinas

PRINCIPALES PROBLEMAS ASOCIADOS AL CONSUMO DE BRÁSSICAS FORRAJERAS EN OVINOS Y BOVINOS

En las plantas del género *Brassica* y otras crucíferas, muchas de la cuales se usan como alimentos para el hombre y en este caso como cultivos suplementarios para alimentación animal, se pueden presentar diversos problemas de salud, producto de la presencia de estos compuestos secundarios, sin embargo son relativamente raros y pueden evitarse fácilmente mediante una buena gestión de pastoreo, de manera de identificar cualquier problema con rapidez y rectificarlo si es necesario. Algunos problemas de salud del ganado asociados al consumo de este cultivo son:

Fotosensibilización

Sustancias fotosensibilizantes se han encontrado en muchas familias herbáceas como umbelíferas, retáceas, orquidáceas, moráceas, leguminosas y las crucíferas no son la excepción. Su presentación ha sido asociada a animales jóvenes (en particular corderos) quienes son más propensos que los animales adultos. Las manifestaciones clínicas de un cuadro de fotosensibilización son la aparición de edemas subcutáneos y dermatitis en aquellas zonas de la piel más desprotegidas frente a la luz del sol (carentes de melanina o de lana en los ovinos) como son el hocico, las puntas de las orejas, la región peri ocular, las ubres, zona interna de las extremidades. En estas zonas aparece inicialmente eritema, caída de pelo, exudados serosos que forman costras, alta sensibilidad al tacto, es posible que aparezcan grietas en la piel y sobre infecciones que den lugar a pústulas, incluso necrosis del tejido cutáneo. En los ojos puede parecer queratoconjuntivitis y algunas plantas llegan a originar opacidad de la córnea (observado en ovejas). En casos severos el fenómeno inflamatorio puede extenderse a la cavidad oro nasal.

Ordinariamente la fotosensibilización no ocasiona la muerte de los animales, pero si molestias e incomodidad, provocando una disminución en el consumo de alimento por dolor, posterior bajas en las ganancias de peso, etc. Si la condición se desarrolla y se detecta a tiempo el tratamiento inicial consiste en proteger a los animales de la luz solar, alojándolos bajo techo o estabulándolos, en algunas ocasiones impracticable, por lo que sería adecuado

proveer de zonas de sombra o reparo, para posteriormente tratar las lesiones dérmicas con antisépticos y antibióticos tópicos. En cuadros graves se debe tratar de forma sistémica con antiinflamatorios, analgésicos, antihistamínicos, y, en casos de sobre infecciones extensas con antibióticos.

Estos cuadros de fotosensibilización se han registrado en pastoreo de cultivos de jóvenes, antes de su madurez cuando las sustancias fotosensibilizantes, se concentran en hojas tiernas y yemas de crecimiento. Por ello se recomienda procurar el consumo en pleno estado de madurez. Los raps y las coles son los más comúnmente asociados con este trastorno mientras que nabos e híbridos son menos propensos a generar esta condición (figura 1).

Figura 1. Oreja de un ovino con lesiones por fotosensibilidad. Hay caída de pelo, costras y exudado.

Hipotiroidismo por BF

El hipotiroidismo o síndrome bociogénico es el síndrome más habitual y mejor conocido de los cuadros descritos por el consumo de BF, debido a la presencia sobre todo en hojas y semillas, de glucosinolatos; que metabolizados en tiocianatos e isotiocianatos, originan un cuadro de bocio con una tiroides aumentada en tamaño. La literatura describe su presentación principalmente en ovejas adultas, corderos jóvenes nacidos de oveja alimentadas con BF durante la gestación y en bovinos.

La función principal de la glándula tiroides consiste en acumular yodo (I) y fijarlo al aminoácido tirosina para formar las hormonas tiroídeas bajo el control de la glándula adenohipofisis mediante la secreción de la hormona tiroestimulante (TSH). Son muchos y variados los procesos fisiológicos en los rumiantes que requieren de la actividad de la glándula tiroides, tales como: el crecimiento, la función reproductiva, el crecimiento de pelo y lana. Por intermedio de estas hormonas el yodo controla la tasa de oxidación en todas las células. Debido a esto, variados son los signos clínicos de una deficiencia tiroidea, sin embargo un signo clásico de hipotiroidismo en rumiantes cursa con trastornos reproductivos: crías muertas, crías débiles, abortos, mortalidad neonatal aumentada, gestación prolongada, alteración de los ciclos estrales, e infertilidad. En animales jóvenes crecimiento deficiente y desarrollo neurológico alterado. Para realizar un adecuado diagnóstico, se debe recordar que existen variados factores que influyen en las concentraciones sanguíneas de las hormonas tiroideas, siendo los más importantes los siguientes:

- Sexo: en animales de cualquier edad, las hembras y hembras castradas presentan mayores concentraciones de T_4 que los machos y machos castrados.
- Edad: los animales recién nacidos presentan niveles de T_4 más altos que los animales adultos, y los animales viejos valores más bajos que los adultos.
- Enfermedades: las concentraciones basales de T_4 y T_3 disminuyen en varias enfermedades sistémicas crónicas o agudas, tales como enfermedades renales, hepáticas, enfermedades infecciosas, etc.
- Balance energético: la disminución de las concentraciones de hormonas tiroídeas es un mecanismo de protección del organismo cuando se ve enfrentado a una situación de balance de energía negativo. La severidad del déficit se correlaciona con intensidad de la disminución de T_4.
- Yodo: el pastoreo en áreas en que el forraje es bajo en el yodo disponible provoca disminución de las concentraciones de T_4.
- Selenio: el forraje con deficiencia de selenio provoca disminución de las concentraciones de T_3.
- Nivel de producción láctea y etapa de la lactancia: A mayor producción y al inicio de la lactancia, menor es la concentración sanguínea de T_4
- Estrés: las concentraciones basales de las hormonas disminuyen en situaciones de estrés prolongado, y sería también un mecanismo de protección del organismo, del mismo modo como ocurre en un balance de energía negativo.
- Fármacos: varios fármacos disminuyen las concentraciones de T_4 y T_3 en los animales. Los más conocidos son: los glucocorticoides, las sulfas, los anticonvulsionantes, la furosemida, la fenilbutazona, la clorpromazina, los salicilatos, y **compuestos antitiroídeos como los presentes en coles y nabos.**

Figura 2. Ternero y vaca con aumento de volumen del borde inferior del cuello (fotografía UGRJ.org.mx)

En todas las situaciones las concentraciones de hormonas tiroideas en la sangre disminuyen, trayendo como consecuencia la activación de la secreción de TSH por la adenohipofisis, provocando aumento tamaño tiroídeo compensatorio (figura 2).

En los rumiantes domésticos la literatura describe tres causas comunes de hipotiroidismo clínico, en condiciones normales de manejo. La primera asociada al consumo de forrajes con **bajas concentraciones de yodo**. La segunda asociada a **deficiencias de selenio**, que afectaría las concentraciones de las hormonas tiroídeas, debido a la disminución de la actividad de una seleno-enzima en el hígado. La tercera se asocia a la ingestión de **plantas bociogénicas**, donde los miembros del género Brassica, como nabos y la col revisten importancia. Estos compuestos interfieren en la síntesis de las hormonas y limitan la capacidad de la glándula, tanto como para "atrapar" yodo o incorporarlo en sustancias activas para la tiroides.

Los efectos depresores de estas sustancias pueden ser corregidos aumentando las cantidades de yodo en la dieta en 2 veces sus requerimientos. Los requerimientos de yodo de los bovinos y ovinos son de 0.5 mg/kg MS de la ración. Las fuentes más conocidas y económicas son el yoduro de potasio (IK) y el yodato de potasio (IO3K), que se descomponen a la intemperie, también se puede utilizar yodato de calcio (I2Ca) y un compuesto orgánico como etilendiamino dihidroioduro, que son más estables (NRC,1996). En mezclas minerales pueden agregarse 300 mg de yoduro de potasio por kg de mezcla, como para satisfacer los requerimientos de los ovinos. En ambas especies la respuesta a la suplementación es inmediata.

Anemia por coles

Este trastorno puede ocurrir con todos los tipos de BF, pero los reportes más comunes se han observado en cultivos de coles. La anemia es causada por exceso en los niveles del aminoácido compuesto S-metil cisteína sulfóxido (SmCo) en la planta, inocuo por sí solo, pero que en el rumen de bovinos y ovinos se transforma en un metabolito que produce anemia, por oxidación y desnaturalización de hemoglobina (molécula transportadora de oxigeno) y cuerpos de Heinz y una mayor fragilidad de la membrana, provocando una disminución en la concentración de hemoglobina.

Los signos clínicos son la presentación de hemoglobinuria, (presencia de hemoglobina libre en la orina), palidez de mucosas, ictericia (coloración amarillenta de piel, mucosas y ojos), hemosiderosis (depósito de hierro en los tejidos), decaimiento y disminución del apetito. A la necropsia el riñón es más oscuro de lo normal y al realizar tinciones hay presencia de pigmento férrico. Esta condición se ve acentuada, si el suelo es bajo en fósforo y nitrógeno y altos en azufre. En este caso los animales deben ser retirados del cultivo lo antes posible.

Asfixia por nabos

Aunque su presentación es muy rara, el ganado principalmente bovino, puede ahogarse con bulbos de nabos. Este problema se reduce usando tasas de siembra más ligeras, de manera que los bulbos tengan una mayor capacidad de desarrollo en el suelo (más grandes), lo que minimiza el riesgo de tragarlas enteros. Variedades de forma alargada pueden reducir el potencial de asfixia, además tienen la ventaja de sobresalir por encima de la tierra, siendo más fácil para los animales quebrarlos, extraerlos y acceder a ellos (figura 3 y 4). Alternativamente, los lanares pueden utilizar sin problemas, aquellas plantaciones donde el tamaño del bulbo sea un peligro para los bovinos.

Figura 3 y 4. Bulbos de forma alargada consumidos por bovinos y bulbo de forma globosa consumido hasta su base por ovinos.

Intoxicación por nitratos

Es un cuadro no restrictivo al consumo de BF, ya que existen variadas plantas como la avena, ballica, trigo, maíz, sorgos y malezas que pueden afectar a todos los rumiantes de todas las edades y estados fisiológicos. El potencial tóxico de las plantas acumuladoras de nitratos es conocido desde principios del siglo XX.

Para que este cuadro se presente, deben cumplirse ciertas condiciones especiales, como altos niveles de nitrógeno en el suelo, ya sea por fertilización, mineralización, zonas de pastoreo intensivo o que han recibido grandes cantidades de estiércol, que son condiciones que favorecen la acumulación de nitratos en plantas. Suelos ácidos o deficientes en fósforo, azufre y molibdeno también son predisponentes. Condiciones de sequía prolongada o exceso de humedad, frío o luz escasa, es decir condiciones de estrés que retrasen momentáneamente el crecimiento de las plantas, favorecen la acumulación de nitratos. Los nitratos se acumulan principalmente en la base del tallo y hojas de plantas jóvenes. El color verde oscuro y un aspecto vigoroso son comunes en plantas con altos niveles de nitrato.

Las manifestaciones de un animal intoxicado pueden variar de acuerdo a la concentración de nitrato que hayan ingerido. Los episodios agudos se manifiestan con la muerte súbita del animal dentro de las cuatro primeras horas de iniciado el consumo. Ello ocurre ya que en el rumen los nitratos se transforman en nitritos y se absorben como tales. En el torrente sanguíneo se unen a la hemoglobina (molécula trasportadora de oxigeno) transformándola en

metahemoglobina, la cual no tiene capacidad de fijar oxígeno y la muerte del animal ocurre por asfixia. La sangre suele tomar un color achocolatado típico.

En casos menos severos, el ganadero observará a más de un individuo con síntomas clínicos de intoxicación: principalmente signos de dificultad respiratoria, temblores musculares y descoordinación, mixión frecuente (acción de orinar) y color de mucosas grisáceas o parduzcas. En hembras preñadas se observan abortos hasta varios días después del consumo. En este cuadro los animales deben ser retirados del cultivo lo antes posible y lograr atención médico veterinaria, quien aplicará una terapia de emergencia en base a azul de metileno

Algunas recomendaciones:

- Ingreso con animales "controles": si no existe alternativa de monitorear la concentración de nitratos de un cultivo, pastorear algunos animales de bajo valor y observar al menos 6 horas de pastoreo.

- Evitar el ingreso de animales con excesivo ayuno o "hambreados": muchas veces la intoxicación se produce por la velocidad de consumo, que por la cantidad de nitrato en la planta.

- Al iniciar el consumo de un cultivo realizar los pastoreos durante 1 a 2 horas durante los primeros días, aumentando las horas de pastoreo durante los primeros 6 a 8 días, para permitir el acostumbramiento de la flora ruminal a la utilización de alta concentración de nitrato y poder metabolizarlo.

- Preferir el pastoreo durante la tarde, ya que a esa hora disminuye la concentración de nitrato en la planta que se acumularon durante la noche.

- Evitar el ingreso inmediato después de lluvias: en ese momento suelen registrar los mayores niveles de nitrato en las plantas.

- Manejar cargas animales moderadas, de manera que los animales tengan la posibilidad de elegir su consumo, las hojas (menor concentración de nitrato) por sobre tallos (mayor concentración de nitrato).

Timpanismo

De rara presentación, este cuadro se puede prevenir fácilmente, asegurando que los animales se encuentren satisfechos (no ingresar con hambre) antes de ingresar a los cultivos de BF.

Enfermedades infecciosas asociadas al stress

Cabe recordar que cualquier microorganismo que habite en forma normal en el tracto digestivo de los ovinos, bovinos y en el suelo, puede hacerse patógeno producto de variados factores predisponentes, como por ejemplo el estrés, pudiendo llegar a generar toxinas que pueden causar rápidamente la muerte, preferentemente a corderos, borregos o novillos que se encuentran en excelentes condiciones de nutrición.

De ahí la importancia de recalcar que cualquier cambio o manejo brusco en el animal, como por ejemplo: cambios de dietas de baja calidad durante un período de tiempo, y a continuación, en cultivos muy digeribles, se vean reflejados en un stress digestivo con la consecuente baja de inmunidad y muy pobre respuesta inmunológica.

Sin duda que manejar un nivel inmunitario adecuado, en base al uso de vacunas preventivas principalmente las anticlostridiales, es la mejor manera de protegerse contra estos cuadros. Cuando aparece un cuadro de esta naturaleza lo recomendable es cambiar de potrero a los animales, a uno de inferior calidad forrajera, aislar animales clínicamente enfermos y aplicar una terapia antibiótica sistémica recomendada por un médico veterinario. Habitualmente en estos casos se observa al mejor animal del rebaño muerto, sin alcanzar a ver sintomatología clara. Por ello la recopilación de antecedentes previos al evento es fundamental. Los principales cuadros clostridiales asociados al stress son la enterotoxemia o riñón pulposo.

MANEJO DE PASTOREO COMO MEDIDA DE REDUCCION DE POTENCIALES PROBLEMAS DE SALUD

El pastoreo en cultivos de BF puede generar variados desordenes digestivos, todos asociados al **no acostumbramiento previo de la microflora ruminal**. La clave para evitar estos problemas es entender la forma en que el cultivo y, en particular, la variedad usada deben ser administrados, de manera de minimizar los potenciales trastornos de la salud animal. Como todo cambio en alimentación animal, los cultivos deben ser presentados al animal lentamente, sin descuidar la vigilancia de reacciones adversas que puedan terminar en

problemas de salud. Por ejemplo: éstasis ruminal (rumen deja de moverse), acidosis, estreñimiento o timpanismo.

- ✓ Introducir animales a pastoreo lentamente, de manera que la microflora ruminal tenga la oportunidad de adaptarse a la dieta de alta calidad, es la mejor forma de evitar estos trastornos. Normalmente un animal puede tardar de una semana a diez días, en acostumbrarse a la nueva dieta. Inicialmente es aconsejable la restricción del pastoreo a 1-2 horas al día y lentamente aumentar el acceso, a sin restricciones a lo largo de 7-10 días. Nunca ofrecer a animales con mucha hambre la oportunidad de consumir libremente un cultivo exuberante de BF.

- ✓ Las BF son muy digeribles y tienen un bajo contenido de fibra, por lo que el acceso a la fibra adicional, como el heno o rezagos de praderas puede proporcionar una dieta más equilibrada y mejorar las ganancias de peso. La siembras combinadas con otros pastos, resulta de muy buena ayuda a la hora de presentarles este cultivo a los animales e introducirlos en su consumo. Los animales tienden a consumir en un comienzo los pastos tiernos, antes de que por voluntad propia ingieran las BF.

- ✓ El acceso a agua limpia, abundante e ilimitado garantiza que lo animales no van a suprimir su consumo cumpliendo con sus requerimientos metabólicos. Esto es especialmente importante en verano, cuando tasas de evaporación son más altas.

Nada se ha informado respecto de la presencia de olores o fragancias a coles o nabos en carnes para consumo humano. Si fuese así, sería aconsejable retirar a los animales de pastoreo alrededor de 3-7 días antes de la faena para minimizar el riesgo de olores sui géneris a nabos. En ganado lechero, para evitar la presencia de olores indeseables en la leche, que puedan llegar a significar un castigo para el productor por parte de las plantas receptoras, se ha recomendado que las BF no constituyan más de la tercera parte de la dieta diaria.

La realización de una buena gestión de pastoreo de BF es esencial para maximizar el rendimiento de estas plantas, su calidad, la utilización del forraje y también para reducir al mínimo los potenciales trastornos para la salud animal producto del consumo.

REFERENCIAS

- ARÚS P, JJ BALADRÓN Y A ORDÁS. 1987. Species identification of cultivated *brassicas* with isozyme electrophoresis. Crucifer. Newsl. 12:26-27.
- BRETSCHNEIDER, GUSTAVO; SALADO ELOY, MATTERA JUAN, INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, Santa Fe, Argentina.R.
- CEBALLOS, M. A., F. G. WITTWER. 1996. Metabolismo del selenio en rumiantes. *Arch. Med. Vet.* 28: 5-18.
- CONTRERAS, P. A., A. CEBALLOS, R. MATAMOROS, F. WITTWER. 2003. Contenido de yodo en forrajes de predios lecheros de las regiones IX y X de Chile. *Arch. Med. Vet.* 35: 75-80.
- CORAH, L. R., S. IVES. 1991. The effects of essential trace minerals on reproduction in beef cattle. *Vet. Clin. N.A.: Food Anim. Pract.* 7: 41-57.
- CUNNINGHAM, J. G. 1999. Fisiología Veterinaria. 2a ed. Pp. 458-464. Editorial Interamericana.
- DUTT, B., N. D. KEHAR. 1959. Incidence of goiter in goats and sheep in India. *British Vet. J.* 115: 176-178.
- FENWICK GR, RK HEANEY Y WJ MULLIN. 1983. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. CRC. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 18:123-201.
- GARCIA, A. 1995. Fisiología Veterinaria. 1ª ed. Pp. 709. McGraw-Hill, Interamericana de España.
- McDONALD, L. 1991. Reproducción y Endocrinología Veterinaria. 4º edición. Interamericana/McGraw-Hill, México.
- MATAMOROS, R., C. GOMEZ, M. ANDAUR. 2002. Hormonas de utilidad diagnóstica en Medicina Veterinaria. *Arch. Med. Vet.* 34: 167-182.
- MATAMOROS, M.V., M. Sc., Ph.D.; P.A. CONTRERAS, M.V., M. Phil.; F. WITTWER, M.V., M.V.Sc; M.I. MAYORGA, M.V. Hipotiroidismo en rumiantes, 09.12.2002.
- MITHEN RF. 2001. Glucosinolates and their degradation products. Adv. Bot. Res. 35:213-262.
- PADILLA G, ME CARTEA, P VELASCO, A DE HARO Y A ORDÁS. 2007c. Variation of glucosinolates in vegetable crops of *Brassica rapa*. Phytochemistry 68:536-545.
- ROSA EAS. 1999. Chemical composition. In: C Gómez-Campo (Ed.), Biology of *Brassica* coenospecies, Pp:315-357. Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- ROSA EAS, RK HEANEY, GR FENWICK Y CAM PORTAS. 1997. Glucosinolates in crop plants. Hort. Rev. 19:99- 215.
- SILVA, E. 1984. Tiroides. En: Endocrinología y metabolismo. C. Pumarino (ed.). 2ª ed. Pp. 22-30. Editorial A. Bello, Santiago, Chile.