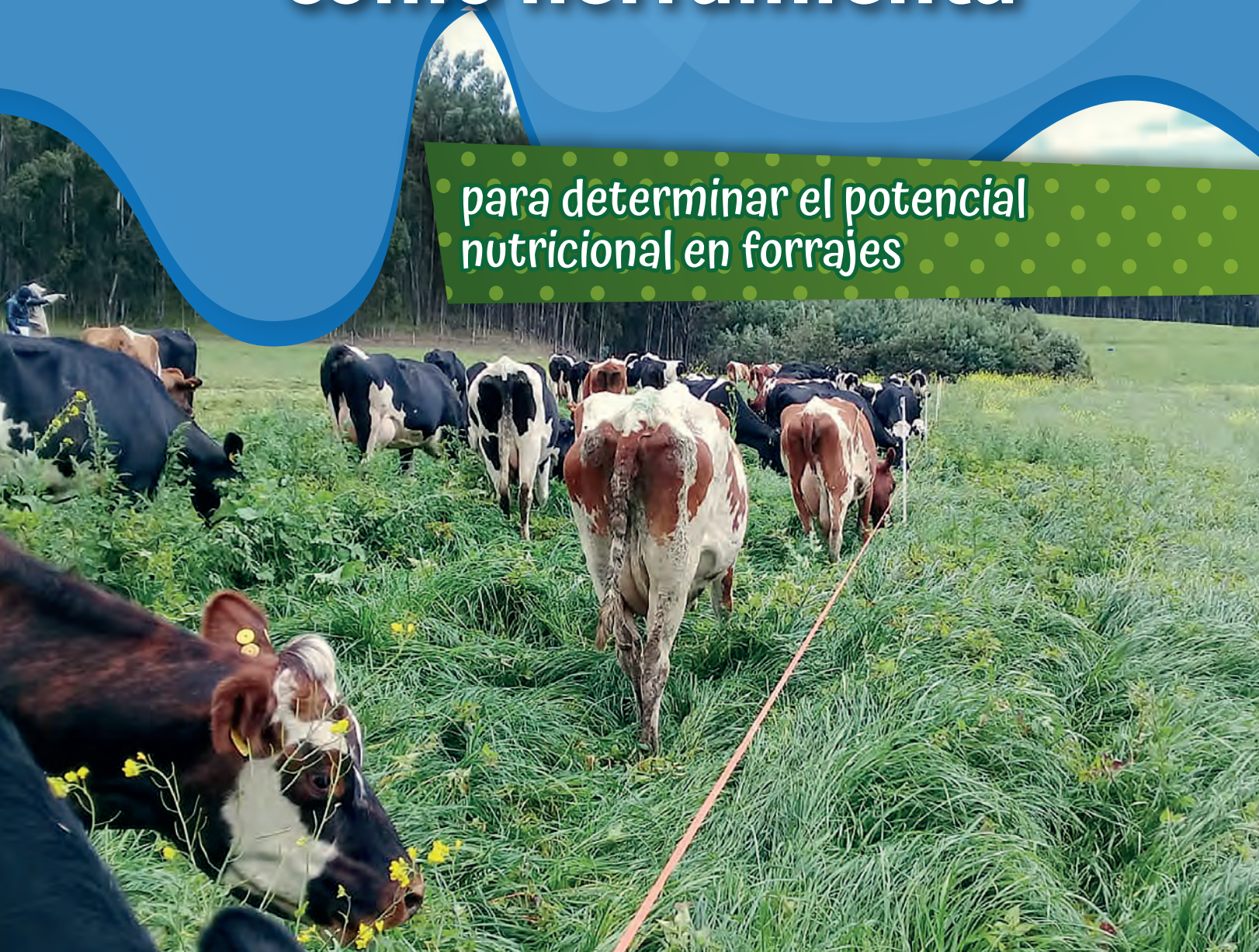


Los grados brix como herramienta

para determinar el potencial
nutricional en forrajes



Juan Leonardo Cardona Iglesias
Edwin Castro Rincón | Emiro Andrés Suárez Paternina



DEPARTAMENTO
NACIONAL DE PLANEACIÓN

AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria



Universidad de Nariño



Los grados brix como herramienta

para determinar el potencial
nutricional en forrajes

Juan Leonardo Cardona Iglesias. jcardona@agrosavia.co

Investigador M. Sc. Asociado, C. I. La Suiza.

Edwin Castro Rincón. ecastro@agrosavia.co

Investigador Ph. D. Asociado, C. I. Obonuco.

Emiro Andrés Suárez Paternina. esuarez@agrosavia.co

Investigador Máster Asociado, C. I. Turipaná.



DEPARTAMENTO
NACIONAL DE PLANEACIÓN

AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria



Cardona Iglesias, Juan Leonardo

Los grados brix como herramienta para determinar el potencial nutricional en forrajes. / Juan Leonardo Cardona Iglesias; Edwin Castro Rincón y Emiro Andrés Suárez Paternina – Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2022.

48 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye ilustraciones.

ISBN: 978-958-740-578-1

ISBN e-Book: 978-958-740-579-8

1. Alimentación del ganado 2. Forrajes 3. Nutrición animal 4. Composición de los alimentos 5. Valor nutritivo 6. Mejoramiento animal I. Castro Rincón, Edwin II. Suárez Paternina, Emiro Andrés.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agropecuaria

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

Centro de Investigación Obonuco, Km 5, vía Pasto-Obonuco, Nariño. Código postal 520038, Colombia.

Esta publicación se deriva del proyecto de Ciencia, Tecnología e Innovación financiado con Sistema General de Regalías, denominado: “Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de calidad e inocuidad de leche en el trópico alto del departamento de Nariño”, identificado con el código BPIN n.º 2013000100279.

Autores

Juan Leonardo Cardona Iglesias
Edwin Castro Rincón
Emiro Andrés Suárez Paternina

Gobernación de Nariño

Jhon Alexander Rojas Cabrera
GOBERNADOR DE NARIÑO

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Jairo Arley Chamorro Ger
SECRETARIO DE AGRICULTURA

Colección Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Manual

Dirección editorial

Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Adecuación pedagógica

Nathalia Castañeda Aponte

Diseño y diagramación

Mónica Cabiativa Daza

Ilustración

Luz Patricia Colorado Correa

Fotografías

Martín Valenzuela Chirán, Juan Leonardo Cardona Iglesias, Edwin Castro Rincón, Filadelfo Hernández y José Leonardo Téllez.

Impresión

DGP Editores

DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405798>

Citación sugerida: Cardona Iglesias, J. L., Castro Rincón, E., & Suárez Paternina, E. A. (2022). *Los grados brix como herramienta para determinar el potencial nutricional en forrajes*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Publicado en Mosquera, Cundinamarca

Primera edición, noviembre de 2022, 400 ejemplares

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Agradecimientos

Los autores agradecen a los actores de la cadena láctea del departamento de Nariño, como asociaciones de productores, gremios, academia, secretarías de agricultura, instituciones públicas y privadas, asistentes técnicos, investigadores y público en general por participar en la implementación del proyecto de investigación *Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de leche en el trópico alto del departamento de Nariño*, desarrollado con recursos del Sistema General de Regalías (SGR), en alianza con la Sociedad de Agricultores y Ganaderos de Nariño (SAGAN), la Universidad de Nariño y la Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente de Nariño.



Contenido

Presentación	5
Introducción.....	6
1. ¿Qué son los grados brix y con qué se miden?	8
2. ¿Cuál es la utilidad de medir los grados brix en la finca ganadera?	11
3. ¿Cuál es la metodología para determinar los grados brix en forrajes?	14
Materiales y equipos para determinar los grados brix	14
Paso a paso para la medición de grados brix en campo	16
4. ¿Cuáles son las variables principales que inciden sobre la concentración de grados brix en forrajes?.....	26
5. ¿Cuál es la importancia de la energía proveniente de los carbohidratos en la nutrición de rumiantes?	29
6. ¿Qué resultados arrojan las investigaciones de AGROSAVIA sobre grados brix?	33
Relación de grados brix según la especie forrajera	34
Concentración de grados brix según la edad de cosecha	37
Concentración de grados brix según el horario de cosecha	39
Recomendaciones generales	42
Glosario	43
Referencias	45



Presentación

En el marco del proyecto *Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de los sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de la leche en el trópico alto del departamento de Nariño*, financiado con recursos del Sistema General de Regalías (SGR), ejecutados por la Gobernación de Nariño y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) en asocio con la Universidad de Nariño y SAGAN, se planteó la elaboración de esta cartilla, cuyo objetivo es dar a conocer la **importancia de la medición de los grados brix en recursos forrajeros, como un estimador del potencial nutricional del forraje en sistemas de alimentación ganadera.**

Los sistemas de alimentación en rumiantes del trópico basan la dieta de los animales en forrajes. Sobre la calidad composicional de los forrajes influyen numerosos factores, como la especie, el manejo de la fertilización, la edad, la época de cosecha y el horario de pastoreo, entre otros. En la práctica, estos hacen difícil una evaluación precisa y objetiva de la calidad de los forrajes, lo que se suma a que el análisis bromatológico convencional aún no es tan utilizado por los productores. Por esto, conocer y aplicar metodologías sencillas y económicas, que contribuyan a un mejor **entendimiento del momento óptimo de uso del forraje**, es necesario para mejorar la toma de decisiones en predios ganaderos.

Este documento se fundamenta en resultados de investigación llevados a cabo por AGROSAVIA, así como en una recopilación del estado del arte sobre el tema. Describe claramente los **conceptos básicos y la metodología sobre el uso de los grados brix** como **herramienta importante para determinar el valor nutricional en pasturas y especies arbustivas forrajeras destinadas a la alimentación animal**, en diferentes tipos de sistemas ganaderos.

Introducción

La buena nutrición de los animales juega un papel muy importante para potencializar la producción de carne y/o leche y sus derivados, en los diferentes tipos de sistemas ganaderos. El manejo inadecuado de la pradera y el pastoreo, sumado a eventos ligados a la variabilidad climática (como sequías o fuertes lluvias), hace que la cantidad y calidad de los forrajes sea muy variable durante el año.

En la alimentación de rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos, bufalinos), es primordial tener en cuenta que los **microorganismos del rumen necesitan en todo momento un balance entre la proteína y la energía de la dieta**. Solo así estos podrán multiplicarse y contribuir al aprovechamiento del alimento, especialmente de las fuentes fibrosas.

Así como es importante conocer el contenido de proteína de los forrajes, también lo es conocer el de **carbohidratos**. Estos se dividen en dos grandes grupos: los **estructurales**, que están presentes en la fibra, y básicamente son la celulosa, la hemicelulosa y la lignina, encargadas de darle **rigidez a la planta** (fibra), y los **carbohidratos solubles** (azúcares simples), de **alta disponibilidad energética** para el animal.

Los **forrajes acumulan azúcares solubles durante el día**, elaborados a través de la fotosíntesis. Estos varían dependiendo de la hora del día, la época climática, el tipo de especie forrajera y su manejo. La **energía proveniente de los carbohidratos** generalmente es la **principal limitante en la dieta** de rumiantes de pastoreo, lo que dificulta maximizar la producción de leche, aumentar el peso de los animales y mejorar sus aspectos reproductivos.

Teniendo en cuenta este contexto y que los forrajes son la **fuentes más económica para alimentar al ganado**, deben utilizarse metodologías prácticas, que faciliten una mejor toma de decisiones respecto al **momento óptimo para ofrecerle el forraje al ganado y aprovechar su mayor potencial energético**.

Con esta cartilla, se pretende dar a conocer la **importancia de la medición del contenido de azúcares (grados brix) en recursos forrajeros**, como un **estimador del potencial nutricional del forraje** en sistemas de alimentación ganadera.



¿Qué son los grados brix y con qué se miden?

Los grados brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en la savia de un forraje, la cual es un líquido espeso que circula por los vasos conductores de la planta y tiene la función de transportar agua, minerales y nutrientes elaborados en la fotosíntesis.

Los **grados brix (°Bx)**, principalmente, equivalen a la **concentración de azúcares, expresados como porcentaje de sacarosa** (azúcar compuesto por una molécula de fructosa y otra de glucosa). Pero además de medir los azúcares, en esta fracción están **inmersos algunos ácidos, sales y compuestos solubles** presentes en las células del forraje.



La savia extraída de la planta es la que se utiliza para la medición de los grados brix.

En la práctica, un grado brix corresponde a 1 gramo de sacarosa en 100 gramos de una solución acuosa.



Generalmente, la concentración de grados brix se mide con un instrumento óptico llamado **refractómetro de mano**, capaz de medir soluciones con altos contenidos de azúcar.

Por ejemplo, un forraje con 20 °BX indica que tiene 20 gramos de azúcar (sacarosa) por 100 gramos de líquido o, dicho de otro modo, que hay 20 gramos de sacarosa y 80 gramos de agua en 100 gramos de una solución.

Los refractómetros son equipos que pueden conseguirse fácilmente en el mercado a precios asequibles.



Elementos necesarios para realizar la lectura de los grados brix: gotero plástico o de vidrio, tijeras, refractómetro (análogo o digital) y mortero de porcelana.

Para la medición de los grados brix en forrajes, debe seguirse un **protocolo sencillo** (el cual se explica en otro capítulo) y tenerse en cuenta que la hora del día y las condiciones climatológicas pueden alterar los resultados, ya que estos **valores están relacionados con la fotosíntesis de la planta**.

La medición de grados brix es muy utilizada en la industria de vinos, jugos de fruta, azúcar, mieles y otros productos del sector alimenticio. Hasta ahora, su uso en el campo de los forrajes es bajo, pero tiene un gran potencial de aplicación.



Entre más alto es el valor de grados brix, más concentración de azúcares tiene el forraje.



¿Cuál es la utilidad de medir los grados brix en la finca ganadera?

La medición de los grados brix en recursos forrajeros de la finca ganadera es una herramienta práctica que puede emplearse como indicador del valor nutricional de los forrajes, ya que está relacionada con el potencial energético del alimento.

AGROSAVIA reconoce la importancia de evaluar metodologías que determinen el **momento óptimo de corte o pastoreo**, por lo cual viene **validando la metodología de medición de los grados brix para el mejoramiento de la alimentación de rumiantes** en diferentes sistemas ganaderos del país.



Consumo de sauco (*Sambucus nigra*). El sauco es una especie arbustiva forrajera con buen contenido de grados brix, utilizada para la alimentación de vacas lecheras en el trópico alto colombiano.





Determinar los grados brix le permite a un ganadero:

- Tener indicio del **potencial nutricional** de un forraje.
- **Mejorar el consumo** del forraje por su **mayor palatabilidad** (relacionada con un mejor sabor).
- Asegurar la **buena digestibilidad** del forraje.
- **Mejorar la producción** de leche o carne en la finca.

Cuando los grados brix de una especie forrajera son bajos, esto podría indicar una deficiencia o desbalance de varios nutrientes de la planta, por lo que se aconseja realizar un análisis foliar y/o un análisis de suelos para **elegir una fertilización adecuada** que permita obtener niveles óptimos de azúcares solubles.

Algunos **recursos alimenticios de origen forrajero** ampliamente utilizados en sistemas ganaderos de Colombia, en los cuales es posible realizar la determinación de los grados brix, son:

- Pasturas (kikuyo, raigrases, azul orchoro, falsa poa (*Saboya*), estrella, brachiarias, india o guinea, y diferentes pastos de corte).
- Arbustivas forrajeras (botón de oro, matarratón, quiebrabarrigo (*Yatago*), morera, sauco, tilo, colla negra, *Leucaena*, etc.).
- Cereales forrajeros (avena, trigo, cebada, sorgo, maíz).

- Alfalfa y tréboles.
- Caña forrajera.
- Forrajes conservados (ensilajes).

Asimismo, pueden determinarse los grados brix en **subproductos de la caña panelera utilizados para la alimentación animal**, tales como melaza, cachaza y jugos.



Los grados brix también pueden medirse en los ensilajes y, con ello, tener un acercamiento del aporte energético para los animales.





¿Cuál es la metodología para determinar los grados brix en forrajes?

Usualmente, las metodologías para determinar la calidad nutricional de los forrajes son complejas y requieren equipos, reactivos, instalaciones y personal capacitado, lo cual dificulta su monitoreo bajo condiciones de campo. Por el contrario, la determinación de grados brix es una forma práctica y económica de monitorear la calidad nutricional de las gramíneas y los forrajes utilizados en la alimentación de rumiantes.

La determinación de los grados brix es de suma importancia, ya que ayuda a **definir la edad óptima de cosecha y/o pastoreo** de los forrajes de corte y la **hora óptima durante el día** en que se pueden realizar los **movimientos de los animales** en sistemas rotacionales de praderas.

Materiales y equipos para determinar los grados brix

Para la medición de los grados brix, debe disponerse de ciertos materiales básicos y de fácil consecución.



Tijeras de podar: para el corte y picado de las hojas y los tallos tiernos de los forrajes.

Mortero de porcelana: recipiente de forma cóncava, utilizado para depositar las muestras que serán maceradas con la ayuda de un **pistilo** o “mano”, que es el utensilio para “machacar” la muestra y obtener la savia, líquido a partir del cual se hacen las lecturas de los grados brix.

Gotero de plástico o de vidrio: para recolectar la savia resultante de la maceración de la muestra.

Refractómetro: instrumento óptico que sirve para determinar el porcentaje de grados brix en la muestra de savia recolectada.



Tijeras de podar



Mortero de porcelana



Gotero de vidrio



Refractómetro digital (izquierda) y
análogo (derecha).

Paso a paso para la medición de grados brix en campo

1. Cosecha del material vegetal

Para la medición de los grados brix en forrajes, primero debe **cosechar al azar 300 gramos del material vegetal por planta**, preferiblemente del tercio superior. Recolecte **hojas y tallos tiernos**, o las partes de la planta que, por observación, identifique que consume el ganado.



El material vegetal para medición de los grados brix en pasturas, generalmente, corresponde a hojas punteras y tallos tiernos, que es lo que prefiere consumir el ganado.

Tome **varias muestras** de la pastura (de varias plantas) para obtener un muestreo representativo de la pradera, **simulando siempre el pastoreo de los animales**. En el caso de que sean árboles o arbustivas, coseche las muestras a la **altura donde el animal ramonea** las hojas y los tallos tiernos.



En especies arbustivas forrajeras como el botón de oro (izquierda) y el sauco (derecha), la cosecha del forraje para determinar grados brix debe realizarse de hojas y tallos tiernos consumibles por el animal.

Si recolecta **muestras de varias plantas o estratos** dentro del potrero, o de sistemas diversificados como los sistemas silvopastoriles (SSP) con diseños de cercas vivas, bancos mixtos de forrajes o arbustivas forrajeras sembradas en franjas, recolecte de cada planta 300 gramos del material fresco y **deposítelo en un balde, costal o saco**, limpio y seco, para posteriormente hacer la **homogenización** de todo el material vegetal.

En **potreros de una misma especie**, haga un **muestreo en zig-zag**, obteniendo muestras como mínimo de unos 20 puntos. En praderas muy extensas, obtenga **muestras representativas de zonas altas, bajas y medias**, y en lo posible de **estratos altos, medios y bajos**.



Cuando se recolectan muestras de pasturas, lo ideal es recorrer la pradera y recolectar submuestras de varios puntos representativos, para luego hacer un *pool* (mezcla), del que se tomará el material vegetal para la medición de los grados brix.

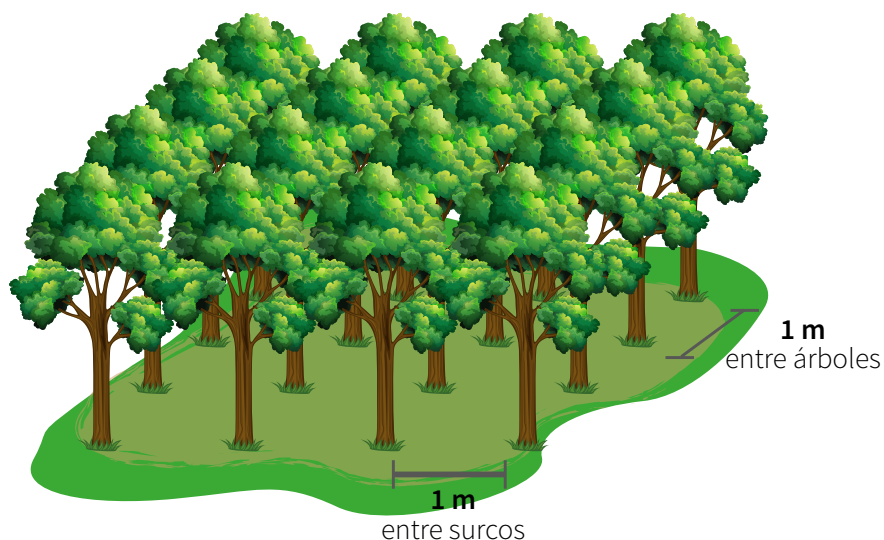


Las submuestras que se tomen de diferentes puntos de la pradera, o de diferentes arbustos, deben introducirse en un saco limpio y seco para no alterar las características del forraje.

No haga muestreo de plantas que se encuentren junto a caminaderos, pozos sépticos o estercoleros, debajo de alambrados, o a la orilla de nacimientos de agua, ya que son lugares donde hay condiciones específicas que podrían **alterar el contenido nutricional del forraje**, entre ellos el de los azúcares solubles.

Cuando haga **muestreo de bancos forrajeros** cuyas plantas están sembradas a una distancia de 1 m x 1 m, se aconseja **tomar submuestras cada 10 plantas**. El número de arbustos a muestrear dependerá del área establecida; en todo caso, se recomienda obtener una **muestra representativa** de arbustos de todo el lote o cultivo.

Tenga en cuenta muestrear plantas de los bordes y del centro del lote para poder hacer un promedio, ya que las plantas, **según su ubicación y exposición al sol**, pueden tener **diferentes concentraciones de grados brix**.



En diseños silvopastoriles como los bancos forrajeros, deben tomarse muestras de arbustos ubicados tanto en el centro como en los bordes del cultivo, y en la mayor cantidad de hileras posibles.

En los **sistemas silvopastoriles de ramoneo**, donde hay presencia de pasturas, arbustos y árboles forrajeros, **muestree todas las especies por separado** para tener un estimativo del potencial de grados brix de cada estrato o componente del sistema y, también, para mejorar la toma de decisiones en cuanto al manejo del pastoreo.



En los sistemas silvopastoriles de ramoneo, debe tenerse muy en cuenta la edad de consumo y la calidad composicional de la pastura y de las arbustivas y/o arbóreas forrajeras, previo al ingreso del ganado.



Antes de cambiar los animales de potrero, es pertinente realizar la medición de los grados brix para determinar la concentración ideal de azúcares en los forrajes que componen el sistema.

2. Homogenización de muestras

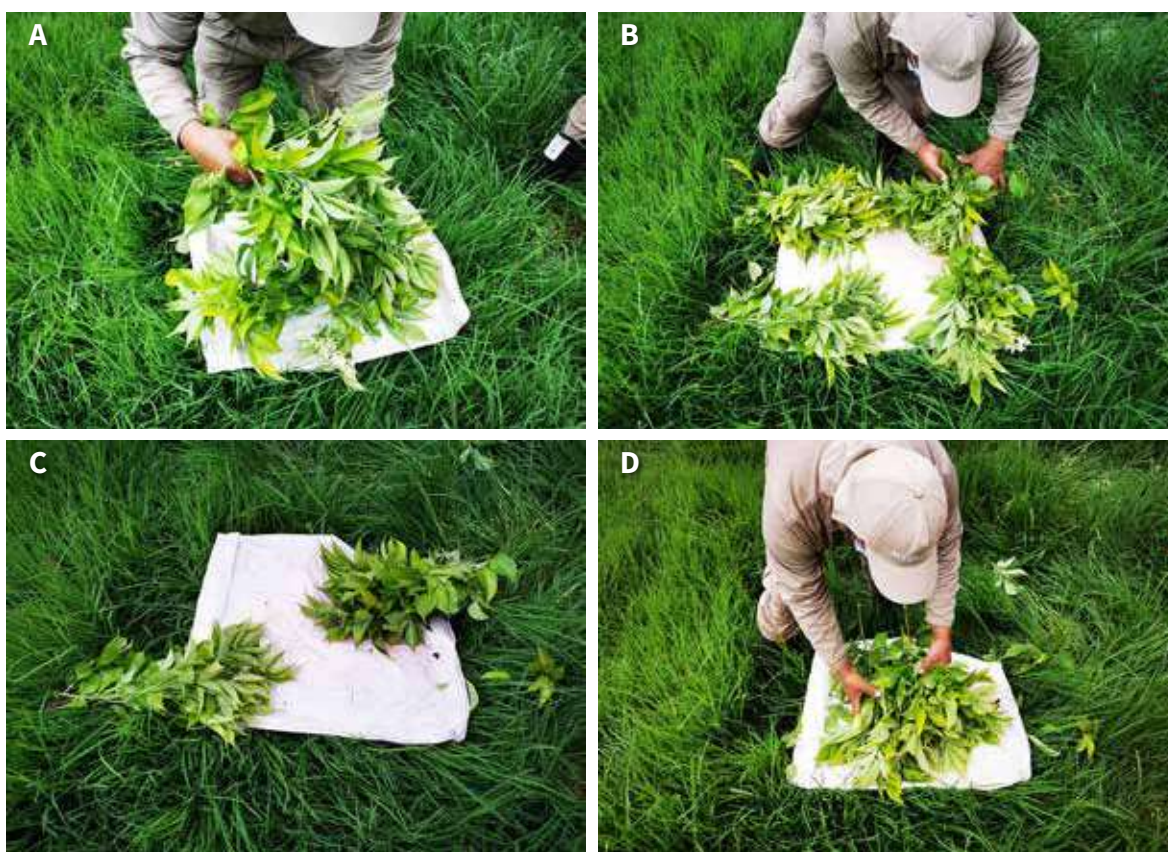
Bien sea que se haya hecho la recolección de muestras de una sola planta o de varias (que es lo ideal) dentro del potrero o diseño silvopastoril, realice la homogenización de las muestras. Para ello, puede utilizar dos métodos:

Uno consiste en **homogenizar la muestra dentro del balde, saco o costal** donde se recolectaron las muestras. Esto se hace de una manera sencilla, **“revolviendo” las muestras** con la mano seca y limpia (ojalá con guantes), o batiendo (sacudiendo) el material vegetal durante al menos 30 segundos.



Para hacer la homogenización de las muestras se deberá mezclar (revolver) el material vegetal recolectado en el costal o saco, hasta obtener una muestra homogénea.

Otra forma muy útil de homogenizar las muestras en campo, cuando se toman muestras de varios estratos o plantas, consiste en **tender un plástico sobre una superficie plana** y, sobre este, **disponer las muestras recolectadas**. Posteriormente se “revuelve” con la mano, y una vez se tiene homogenizado el material vegetal, **se hace un cuarteo**, descartando dos de las porciones opuestas. Este proceso se repite hasta que queden **entre 200 y máximo 500 gramos de la biomasa recolectada**, a la que se le realizará la lectura de los grados brix.



Selección de muestras de forraje en campo para medición de grados brix. A. Homogenización del total del forraje recolectado; B. Cuarteo de submuestras; C. Descarte de dos porciones opuestas; D. Obtención de la muestra final.

3. Picado del material vegetal

Una vez tenga la muestra homogenizada, pique el forraje con **tijeras de acero inoxidable**. Haga un **picado fino** para que la maceración sea más efectiva.



El material vegetal picado debe disponerse directamente sobre el recipiente en el cual se hará la maceración de la muestra (mortero). Se aconseja utilizar tijeras inoxidables para no alterar las muestras.

4. Maceración del forraje

Después de obtenidos los 300 gramos promedio de forraje picado, **póngalos en un mortero y macere para sacar la savia** que contiene el material vegetal.

Si se le dificulta extraer la savia, tome 50 gramos más de forraje y adicione 0,25 mililitros de agua para facilitar la maceración.





La maceración de la muestra debe dar como resultado la extracción de la savia y de otros compuestos celulares de los tejidos del forraje.



Cuando se dificulta la extracción del “jugo”, se puede utilizar la fuerza del puño de la mano. En ese caso, se deben tener puestos guantes limpios para no contaminar la muestra.



5. Medir con el refractómetro

Con la ayuda de un gotero plástico, **extraiga aproximadamente 2 mililitros del jugo** resultante de la maceración del material vegetal y deposite **una gota** en el **prisma del refractómetro** para hacer las lecturas.



A. La gota de la savia debe caer en todo el centro del prisma o pantalla del refractómetro análogo y luego expandirse por todo el prisma con movimientos suaves. B. Después de depositada la muestra en el prisma, se cierra el protector de pantalla y se inclina levemente el equipo hacia arriba para observar la lectura de la muestra. C. La lectura de los grados brix se indica en porcentaje, y debe ubicar la medición donde inicia el color azul; la figura indica aproximadamente 12 % de grados brix.

En el caso de **refractómetros digitales**, una vez deposite la gota del jugo en el prisma, el equipo arroja un **dato automático** del valor de los grados brix, el cual generalmente se da en porcentaje (%). Se recomienda **realizar varias lecturas y promediar los valores**, con el fin de obtener un valor representativo, independiente del tipo de refractómetro que se utilice.



Es aconsejable hacer como mínimo tres lecturas de una misma muestra, con el fin de realizar un promedio del valor de grados brix. En el caso de los refractómetros digitales, el valor de grados brix aparece automáticamente al colocar la gota del jugo en el prisma.

Antes de hacer las lecturas, **calibre el refractómetro**. Este proceso consiste en poner una gota de **agua destilada o desionizada** en el prisma y, posteriormente, presionar el botón cero (o tarar).

Cada vez que haga una nueva medición, **limpie el prisma** del refractómetro con toalla de papel desechable y agua, ojalá destilada.

6. Asear los materiales

Después de realizar los muestreos, **lave los materiales** con agua y jabón, y **séquelos con toallas desechables de papel**, hasta nuevo uso.

Limpie el **refractómetro** únicamente con **tolla de papel y agua destilada**.

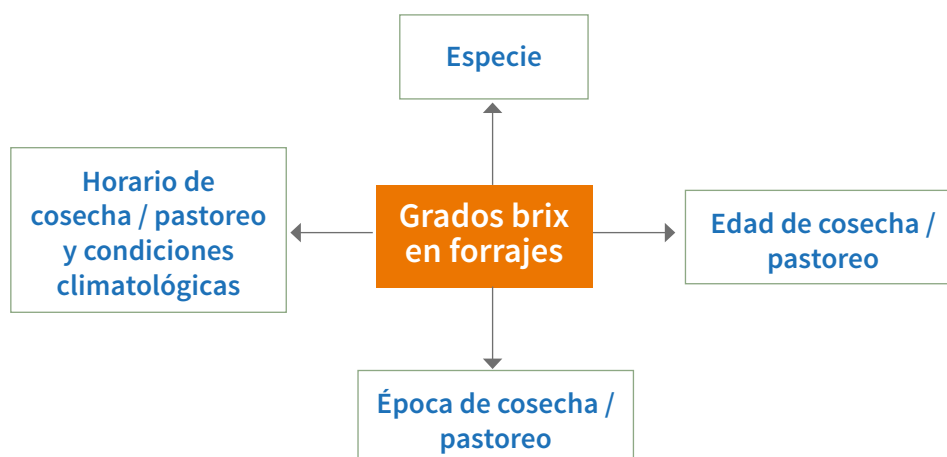


La limpieza del refractómetro es muy importante para garantizar la durabilidad del equipo, así como para evitar la mezcla de la savia de distintas submuestras.



¿Cuáles son las variables principales que inciden sobre la concentración de grados brix en forrajes?

Existen diversos factores que pueden influenciar la concentración de grados brix en los forrajes. Algunos pueden estar relacionados con la variedad de las especies forrajeras, la edad de aprovechamiento, la época, la hora del día y el manejo de la fertilización, entre otros.



Principales aspectos que inciden sobre la concentración de grados brix en forrajes.

La **edad de aprovechamiento de los forrajes** es un factor que incide sobre su calidad nutricional y determina, en gran parte, la producción animal.



Cuando maduran, las **gramíneas y leguminosas disminuyen su digestibilidad** debido a un **incremento en la relación tallos/hojas**. De igual forma, las variaciones en la composición nutricional de los forrajes asociados a la madurez resultan en un **incremento de la pared celular** (celulosa, hemicelulosa y lignina) y en la **reducción del contenido celular**, disminuyéndose ostensiblemente la concentración de carbohidratos solubles de la planta, y también de algunas proteínas, vitaminas, lípidos y ácidos orgánicos, lo que ocasiona que el **porcentaje de grados brix sea menor en forrajes maduros**.



Se debe tener clara la edad óptima de pastoreo para cada especie forrajera, según la región. Pastos más maduros (viejos) tienen mayor proporción de carbohidratos estructurales (fibra) y menos solubles, por lo que el consumo del forraje puede disminuir.

La **concentración de grados brix puede presentar variaciones significativas durante el día**. Así lo demuestran diversos estudios realizados en diferentes especies forrajeras, los cuales han indicado que, en **horas de mayor radiación solar, se encuentran los valores más altos de grados brix**.

Hacia el mediodía, los valores de grados brix suelen ser altos, siempre y cuando la temperatura no sea excesiva, pues en ese caso se produce un cierre de los estomas de las hojas por causa de la deshidratación, **disminuyendo la tasa fotosintética**.



Las **menores concentraciones de grados brix** generalmente se encuentran cuando se toman **muestras en horas de la mañana**, ya que en la noche las plantas consumen gran cantidad de nutrientes para su propio mantenimiento. Asimismo, **a menor intensidad lumínica**, en la mañana se **afecta la tasa fotosintética** y, por ende, la producción de azúcares solubles.



En días de mayor radiación solar, generalmente aumenta la concentración de grados brix en los forrajes, en comparación con días nublados.

En las **épocas de sequía**, suele **disminuir la concentración de grados brix** porque las condiciones para realizar la fotosíntesis se ven alteradas.

El **tipo de fertilización** que se haga en la pradera también incide en la productividad del forraje y, por lo tanto, en la acumulación de azúcares solubles en las plantas. En este sentido, el contenido de grados brix en los forrajes **tiende a disminuir al utilizar alta fertilización nitrogenada**, debido principalmente al estímulo que produce el nitrógeno en el crecimiento de la planta, lo que necesita un mayor uso de los azúcares (energía) en la formación de tejido vegetal.



5

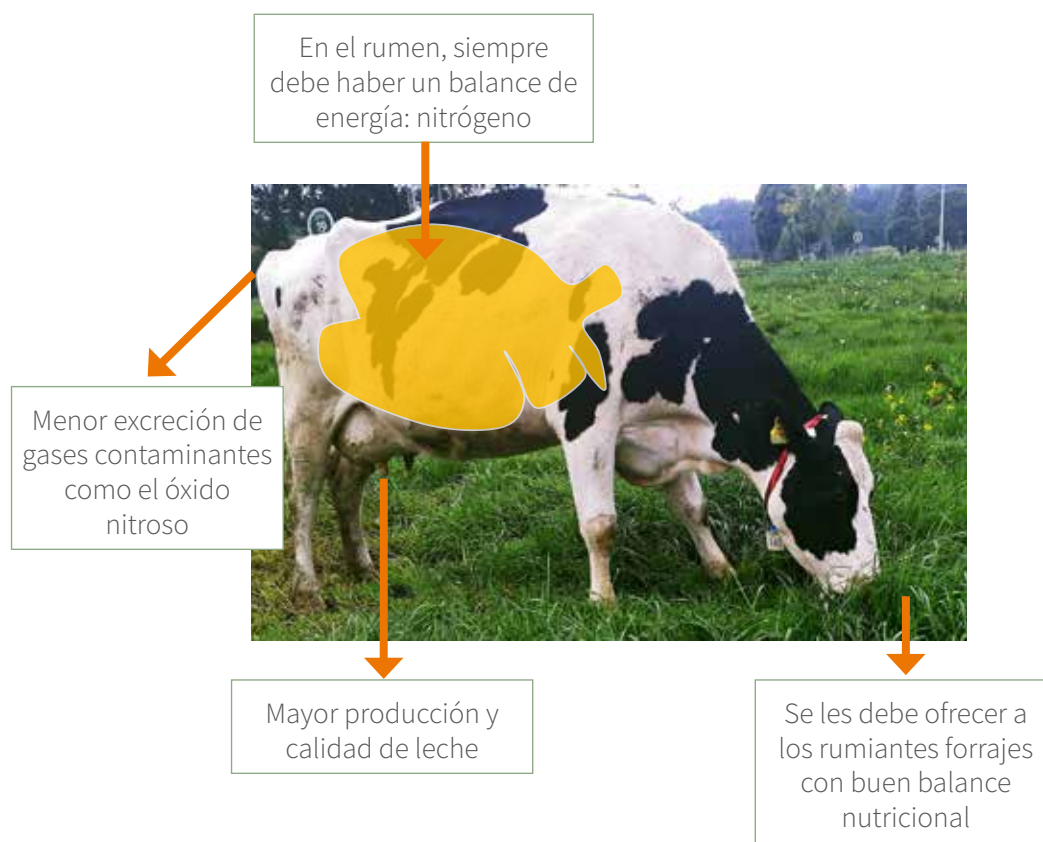
¿Cuál es la importancia de la energía proveniente de los carbohidratos en la nutrición de rumiantes?

La concentración de carbohidratos solubles en la dieta tiene que ver con el mejoramiento de la eficiencia de la utilización del alimento (balance ruminal, energía-proteína), el mejoramiento de parámetros productivos (producción y calidad de leche, ganancia de peso) y su interacción positiva con otros nutrientes.

La **calidad nutricional** de un forraje o cultivo forrajero **depende de la concentración de carbohidratos, proteínas, lípidos (grasas), minerales y vitaminas**. Pero para encontrar un buen balance nutricional es necesario tener en cuenta aspectos como la especie, la edad de cosecha, y el manejo general del cultivo y del pastoreo.

En sistemas ganaderos como los de lechería en trópico alto, es común que se **suplementen** las vacas con **alimentos balanceados comerciales** (concentrados), con el propósito de aumentar la producción de leche, ya que estos **contienen gran concentración de cereales** como maíz, trigo, cebada, avena y sorgo, **ricos en azúcares solubles** (carbohidratos).





Para lograr la proliferación de los microorganismos ruminales, los cuales se encargan de la fermentación del forraje, la dieta debe contener un buen aporte de fuentes de energía y nitrógeno, con el objetivo de mantener el balance ruminal.

En especies forrajeras, el **50 a 80 % de la biomasa corresponde a carbohidratos**.

Como ya se mencionó, los forrajes contienen carbohidratos estructurales y solubles, y es en la **etapa de prefloración** donde hay un buen balance entre los dos tipos, ya que, por una parte, se cuenta con la **fibra** (carbohidratos estructurales) necesaria para mantener las funciones ruminales, y por otra, también se tiene el aporte de fuentes de **azúcares solubles** que servirán de **energía de rápida disposición** para los microorganismos ruminales.

Los **carbohidratos estructurales** también son una fuente de **energía**, **pero de más lenta liberación** para el rumen. Su valor energético está muy ligado a la edad del forraje y a la calidad de la fibra. Por ejemplo, un pasto muy fibroso aportará menos energía que uno más o menos fibroso.



En el trópico alto colombiano, se han identificado especies arbustivas forrajeras con concentraciones altas de carbohidratos solubles, las cuales podrían ser una alternativa nutricional en vacas lecheras con el fin de disminuir el uso de concentrados. Tal es el caso de A. la colla negra; B. el botón de oro; y C. el sauco.

Los carbohidratos solubles también están relacionados con la **buena digestión y absorción de las proteínas**, por lo que dietas altas en proteína y sin suficiente fuente de energía pueden ocasionar disminución de la eficiencia productiva, así como trastornos en la salud de los animales.

Cuando se tienen dietas con un **adecuado balance de proteína y carbohidratos solubles**, se puede llegar a tener:



Aumento de	Disminución de
- Hasta de un 30 % del nitrógeno en la leche. 10 a 15 % en litros de leche.	- Hasta el 28 % en la excreción de nitrógeno en la orina de los animales. - La emisión al medioambiente de gases de efecto invernadero, como el óxido nitroso (N_2O).

Las dietas para ganado bovino lechero necesitan un alto contenido de carbohidratos solubles, constituido principalmente por azúcares simples y almidones. Estos nutrientes potencializan la síntesis de leche en la glándula mamaria de la vaca, por lo que incluirlos en la dieta de los animales ¡es fundamental!



¿Qué resultados arrojan las investigaciones de AGROSAVIA sobre grados brix?

AGROSAVIA viene desarrollando trabajos de investigación para determinar la concentración de grados brix y su comportamiento según diferentes variables, en recursos forrajeros de sistemas ganaderos tanto de trópico alto como de bajo, con el fin de mejorar el manejo y uso de pasturas y arbustivas forrajeras provenientes de sistemas silvopastoriles destinados para la alimentación animal.

En este capítulo, se presentan algunos resultados de investigación originados en los centros de investigación (C. I.) Obonuco (Pasto, Nariño), enfocado en ganadería de trópico de altura, y Turipaná (Montería, Córdoba), enfocado en ganadería de trópico bajo.

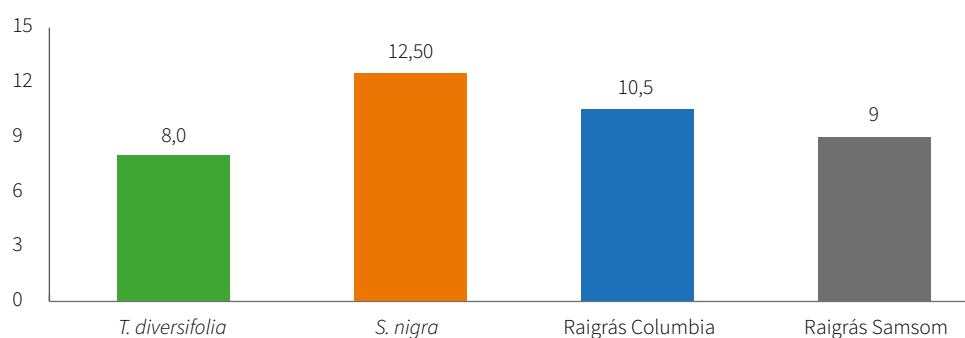


Desde la Red de Ganadería y Especies Menores de AGROSAVIA, se vienen realizando trabajos de investigación sobre la estandarización de la técnica de medición de los grados brix en forrajes, con el fin de dar recomendaciones de uso de esta importante herramienta en la finca ganadera.

Relación de grados brix según la especie forrajera

En 2019, en el C. I. Obonuco se realizó la **evaluación de dos arbustivas forrajeras perennes y de dos variedades de raigrás** (*Lolium perenne*), recursos forrajeros utilizados ampliamente en la alimentación de bovinos tipo leche y de especies menores como los cuyes, en el trópico alto de Nariño.

- Las arbustivas forrajeras correspondieron a **botón de oro** (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray) y **saucó** (*Sambucus nigra* L.) de 70 días, establecidos en un diseño silvopastoril de **banco mixto forrajero para corte y acarreo**.
- Las pasturas de raigrás correspondieron a las variedades **Columbia** (híbrido perenne) y **Samson** (perenne diploide) con 32 días de descanso, establecidas en **monocultivo con manejo tradicional** para la zona.



Contenido de grados brix en varios recursos forrajeros utilizados para alimentación animal en el trópico alto de Nariño. Adaptado de Cardona y otros (2020a).

La gráfica refleja el **potencial nutricional** de la especie **sauco, con el mayor contenido de grados brix** (12,5 %), incluso por encima de los raigrases mejorados, cuyo contenido de azúcares generalmente es alto.

Según el análisis de los resultados, se encontró que no se presentaron diferencias entre el **botón de oro** y los raigrases, lo que le concede a esta arbustiva un potencial en cuanto a la concentración de azúcares solubles, que se refleja en el aumento de la producción de leche cuando las vacas consumen esta arbustiva.

Entre gramíneas también se observan diferencias en cuanto a la concentración de grados brix. Así lo evidencia un estudio realizado en el C. I. Obonuco entre 2019 e inicios del 2020, en el cual se evaluó el contenido de grados brix de **cuatro especies gramíneas de trópico alto**: kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), raigrás Columbia (híbrido perenne), raigrás Samson (perenne diploide), raigrás Ohao (perenne diploide) y la falsa poa o saboya (*Holcus lanatus*), de 35 días de descanso.

Pastura	Grados brix (%)
Kikuyo	4,1 ± 1,6
Raigrás Columbia	10,8 ± 1,4
Raigrás Samson	9,5 ± 1,6
Raigrás Ohao	10,5 ± 1,7
Falsa poa	3,6 ± 1,1

Fuente: [Juan Leonardo Cardona](#)

Concentración de grados brix en diferentes pasturas utilizadas para la alimentación de bovinos y cuyes en el trópico alto de Nariño.

Entre las pasturas evaluadas en el **trópico alto** de Nariño, se evidencia que **la especie tiene un efecto marcado sobre la concentración de grados brix**, y que hay un **mayor contenido de grados brix en los raigrases mejorados** con respecto al kikuyo y a la falsa poa. Por ello, generalmente, al alimentar vacas lecheras con raigrases, se refleja mayor producción de leche debido a su mayor cantidad de carbohidratos solubles, respecto a pasturas naturalizadas.



En el **trópico bajo** de Colombia, **también se observa la variación en la concentración de grados brix en distintas pasturas** utilizadas ampliamente en los sistemas de alimentación ganadera de la zona. Así lo evidencian trabajos publicados en el C. I. Turipaná con pasturas como brachiaria mulato (*Brachiaria híbrido* cv. Mulato II), estrella africana o pasto tumba viejos (*Cynodon nlemfuensis*) y pasto mombasa (*Megathyrsus maximus* cv. Mombasa). Estas pasturas presentaron concentraciones medias de grados brix de 9,2, 8,3 y 7,1 % respectivamente.

Pastura	Grados brix (%)
Mulato	9,2 ± 1,4
Estrella africana	8,3 ± 1,7
Mombasa	7,1 ± 1,2

Fuente: [Elaboración propia con base en Suárez-Paternina y otros \(2015\).](#)

Concentración de grados brix en pasturas tropicales utilizadas para la alimentación de bovinos, establecidas en el Valle del Sinú a los 21 días de descanso.

De manera general, la variación de grados brix entre diferentes especies de pasturas podría estar relacionada con la **capacidad metabólica que tiene cada especie para sintetizar sus propias sustancias orgánicas**, con el fin de potencializar su crecimiento y desarrollo.

Aunque pasturas de diferentes especies reciban el mismo manejo, su concentración de azúcares solubles, proteínas y demás componentes nutricionales puede ser diferente debido a aspectos genéticos propios de cada especie.



Concentración de grados brix según la edad de cosecha



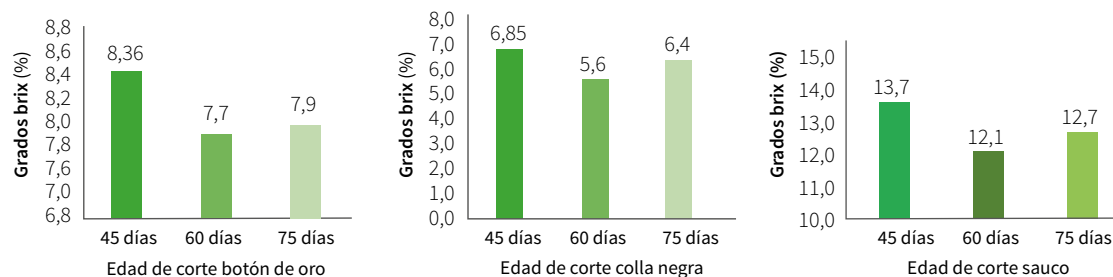
Evaluación de grados brix en banco mixto de forrajes, en el C. I. Obonuco (Pasto, Nariño).

Un estudio llevado a cabo en el C. I. Obonuco entre 2018 y 2019 evaluó el efecto de la **edad de cosecha en tres especies arbustivas forrajeras**: botón de oro (*Tithonia diversifolia*), colla negra (*Smallanthus pyramidalis*) y sauco (*Sambucus nigra* L.), establecidos en **banco forrajero mixto**.

Se observó que a **menor edad de corte (45 días), la concentración de grados brix fue mayor**. Los resultados de dicha investigación también muestran que la concentración de grados brix para las edades de **60 y 75 días** de corte fueron similares para todas las especies; es decir, no se evidenció un cambio importante en los grados brix entre los 60 y 75 días.

Sin embargo, en estudios posteriores, cuando se evaluaron los grados brix a la edad de **90 días**, se observó una disminución en la concentración de ellos en botón de oro (7,3 %), colla negra (6,2 %) y sauco (12 %).





Fuente: [Elaboración propia con base en Urbano y otros \(2020\).](#)

Concentración de grados brix según la edad de cosecha en tres arbustivas forrajeras del trópico alto de Nariño.

El valor de grados brix a los 75 días no es tan diferente respecto a los 90 días, lo que denota que **en estas especies arbustivas, los azúcares solubles se mantienen hasta edades más avanzadas respecto a pasturas como el kikuyo**, en las cuales sus grados brix disminuyen rápidamente a medida que aumenta su edad de cosecha.



Concentración de grados brix, según edad de cosecha en el pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), en el C. I. Obonuco (Pasto, Nariño).

En el trópico alto colombiano, el **pasto kikuyo** se pastorea a una edad promedio de **45 días**. **A menor edad, hay mayor concentración de grados brix, pero disminuye su producción de biomasa y puede haber intoxicación**, por ejemplo, por acumulación de nitritos y nitratos.

A la edad de **60 días, la cantidad de biomasa y fibra aumentan, pero los azúcares solubles y el resto de los nutrientes disminuyen**, por lo que siempre hay que buscar una edad óptima de pastoreo entre 35 y máximo 45 días para esta especie.

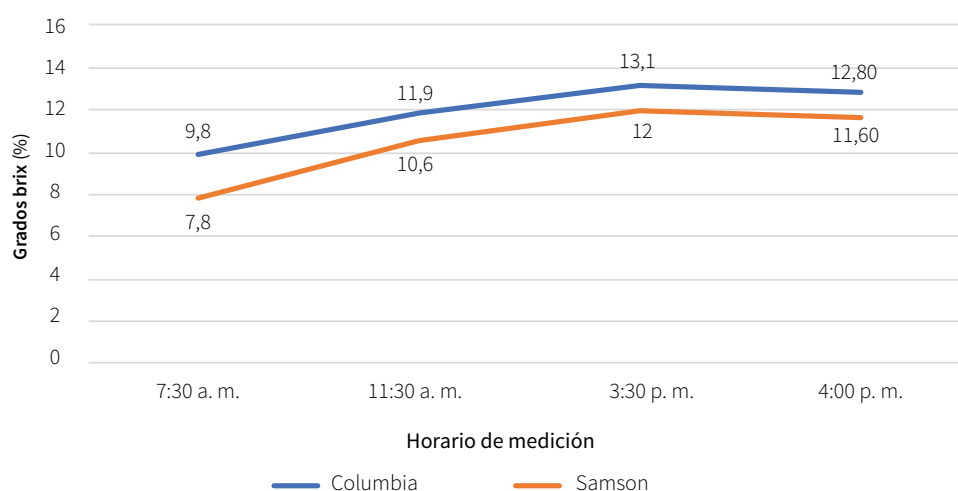
Concentración de grados brix según el horario de cosecha

En el C. I. Obonuco se evaluó la concentración de grados brix, en los **horarios de las 7:30 a. m., 11:30 a. m., 3:00 p. m. y 4:00 p. m.** en **dos variedades de raigrás perenne** (Columbia y Samsom), con 32 días de rebrote.

El horario del día tiene un efecto directo sobre la concentración de grados brix, ya que **a mayor radiación solar, aumenta la fotosíntesis de la planta y, por lo tanto, su capacidad para sintetizar azúcares y otros nutrientes**.

Generalmente, la **mayor radiación solar** en la zona donde se realizó el trabajo es **desde las 9 a. m. hasta las 3 p. m.**, por lo que la **intensificación del pastoreo** debería darse en esos horarios para aprovechar la mayor acumulación de azúcares en los forrajes.





Fuente: [Elaboración propia.](#)

Concentración de grados brix en diferentes horas del día, para dos variedades de raigrás, en el C. I. Obonuco (Pasto, Nariño).

Se encontró un efecto según el horario de muestreo. Para ambos raigrases, **a las 7:30 a. m. se obtuvo la concentración más baja de grados brix, la cual fue aumentando y tuvo su máxima concentración a las 3:00 p. m., para luego ir disminuyendo.**

Al igual que en el trópico alto colombiano, en el **bajo** también existe un efecto del horario de cosecha sobre la concentración de grados brix en pasturas. En el C. I. Turipaná, se evaluaron las pasturas brachiaria mulato (*Brachiaria híbrido* cv. Mulato II), estrella africana o pasto tumba viejos (*Cynodon nlemfuensis*) y pasto mombasa (*Megathyrus maximus* cv. Mombasa).

Se registraron concentraciones de grados brix durante el día entre 7,2 y 10,1 %; 6,0 y 9,8 %, y 5,54 y 8,4 %, respectivamente, para las pasturas mencionadas. Se evidenció que **el horario de mayor concentración de grados brix fue hacia la 1:00 p. m., el cual coincide con el horario de mayor radiación solar** para la zona. A esta hora, la mayor concentración de grados brix fue para el **pasto mulato** (10,3 %), seguido del pasto estrella (9,8 %) y el mombasa (8,4 %). En todas las especies, la concentración de grados brix disminuyó en el horario de las 4:00 p. m., cuando se empieza a poner el sol en dicha zona.

Pastura	Grados brix según horario de muestreo (%)			
	7:00 a. m.	10:00 a. m.	1:00 p. m.	4:00 p. m.
<i>Brachiaria híbrido</i> cv. Mulato II	7,28	10,1	10,3	9,12
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	6,01	8,13	9,8	9,14
<i>Megathyrus maximum</i> cv. Mombasa	5,54	7,32	8,4	7,03

Fuente: Elaboración propia con base en Suárez-Paternina y otros (2015).

Variación en la concentración de carbohidratos solubles en pasturas tropicales establecidas en el Valle del Sinú con 21 días de descanso.

Debido a la baja intensidad lumínica de las 7:00 a. m., la fotosíntesis no es tan efectiva como sí lo es, por ejemplo, en el rango entre las 9:00 a. m. y las 3:30 p. m. para la zona del Caribe húmedo colombiano.



Con base en los trabajos realizados por AGROSAVIA, es recomendable e importante que los productores determinen la concentración de grados brix, ya que a través de esta valoración se puede definir la edad óptima de cosecha de los forrajes de corte y la hora óptima durante el día en que deben realizarse los movimientos de los animales en sistemas rotacionales de praderas y sistemas silvopastoriles.



Recomendaciones generales

- La **medición de los grados brix en forrajes** es una herramienta práctica, que se puede llevar a cabo en **diferentes sistemas ganaderos**, desde pequeños a grandes, en **trópico bajo, medio y alto**, y para gran cantidad de recursos forrajeros consumibles por los animales.
- Se recomienda hacer **varias mediciones (ensayos)** hasta alcanzar un nivel de precisión de la técnica, teniendo en cuenta el **protocolo** para que los datos que se tomen sean confiables y **apoyen la toma de decisiones** en la finca.
- El **valor nutricional de los forrajes** es uno de los aspectos más importantes a la hora de escoger la especie forrajera para establecer en la finca. Este factor también incide en la decisión del tiempo para pastorear o cosechar el forraje.
- Una alternativa sencilla, económica y replicable es la técnica de **grados brix, como herramienta para conocer la calidad nutricional del forraje** en términos de **concentración de sólidos solubles**, los cuales están relacionados con la palatabilidad, digestibilidad y contenido energético del forraje, información valiosa para mejorar el sistema de alimentación en la finca ganadera.
- La mayoría de los factores que inciden en la disminución de los parámetros productivos en los predios ganaderos está asociada a **deficiencias en la alimentación de los animales**. Por lo tanto, la búsqueda de alternativas para mejorar el manejo y uso de los forrajes, como es el caso de la medición de los grados brix, siempre irá en dirección del **mejoramiento de la sostenibilidad ambiental y económica de los sistemas ganaderos**.

Glosario

Absorción: proceso gracias al cual los nutrientes pasan en partículas más pequeñas a la sangre, para que sean distribuidos en todo el organismo.

Agua destilada: agua que se obtiene al hervirla y recoger su vapor en un recipiente, y se caracteriza porque carece de minerales, en comparación con el agua normal.

Análisis bromatológico: evaluación química que se hace en laboratorio para conocer la calidad composicional (el contenido de materia seca, proteína, vitaminas, lípidos, minerales, fibra, etc.) de los forrajes o cualquier alimento que consuman los animales.

Análisis foliar: análisis químico que se hace en laboratorio y determina el contenido de nutrientes en los tejidos vegetales.

Deshidratación: pérdida de agua y sales minerales por parte de la planta, generalmente como consecuencia de las sequías.

Digestibilidad: facilidad que tiene un alimento para ser convertido en el sistema digestivo en sustancias más pequeñas y pasar a través del intestino delgado hasta las células de todo el organismo.

Digestión: proceso mediante el cual los alimentos pasan de nutrientes complejos a nutrientes más simples para que puedan ser absorbidos por el organismo.

Estomas: poros o aberturas que se encuentran sobre todo en la superficie de las hojas de las plantas y que sirven para el intercambio de gases en la fotosíntesis.

Excreción: proceso fisiológico que le permite al organismo expulsar sustancias que no sirven ni se usan y pueden ser tóxicas para el cuerpo.

Forrajes perennes: especies (tanto de pasturas como de arbustivas forrajeras) que duran, en general, más de cinco años proporcionando forraje para el ganado.

Fotosíntesis: proceso metabólico por el que las plantas verdes convierten sustancias inorgánicas (dióxido de carbono y agua) en sustancias orgánicas, como los carbohidratos, y lo hacen aprovechando la energía de la luz solar.

Gases de efecto invernadero: gases que se acumulan en la atmósfera de la tierra y que absorben la energía infrarroja del sol, tales como el dióxido de carbono,



el metano o el óxido nitroso, entre otros. Su acumulación excesiva en la atmósfera puede ocasionar el calentamiento global.

Gramíneas: plantas de importancia económica, como los pastos, la caña de azúcar, el arroz, la cebada, el maíz y el trigo, entre otras.

Intensidad lumínica: cantidad de luz que emite el sol, en una región y hora específica.

Microorganismos ruminales: bacterias, protozoos y hongos encargados de realizar la fermentación de la fibra de los forrajes, mejorando la utilización y absorción de los nutrientes de la dieta.

Monocultivos: sistemas de pasturas o cultivos que manejan una sola especie.

Nitritos y nitratos: compuestos químicos que contienen nitrógeno y oxígeno, se originan a partir de la fertilización nitrogenada en forrajes o en la orina de los animales, y en exceso pueden ser perjudiciales para los animales y el medio ambiente.

Palatabilidad: grado de aceptación de un alimento por parte de los animales.

Radiación solar: energía emitida por el sol que se propaga en todas las direcciones a través del espacio, mediante ondas electromagnéticas.

Rumiantes: animales herbívoros que poseen una cámara de fermentación denominada rumen, donde se hace la fermentación del pasto; tienen la habilidad para regurgitar el alimento con el fin de hacer una mejor digestión de este. Son rumiantes los bovinos, caprinos, ovinos, bufalinos, etc.

Sistemas silvopastoriles: sistemas sostenibles de producción ganadera, en donde en una misma unidad productiva se combinan las pasturas, especies arbustivas y arbóreas con los animales, bajo un enfoque de integralidad.

Tasa fotosintética: intensidad y frecuencia con la que se realiza la fotosíntesis.

Variabilidad climática: fluctuación de las condiciones predominantes del clima, en una zona determinada.

Referencias

- Astudillo, H. R. (2014). *Determinación de la edad y la hora de corte sobre la concentración de carbohidratos solubles en el Panicum maximum* (pasto guinea). Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3769/1/17T1237.pdf>
- Capstaff, N. M. y Miller, A. J. (2018). Improving the yield and nutritional quality of forage crops. *Frontiers in Plant Science*, 9, 535.
- Cardona-Iglesias, J. L., Urbano-Estrada, M. F. y Castro-Rincón, E. (2020a). Evaluación de sólidos solubles en recursos forrajeros del trópico alto en el departamento de Nariño. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 15(2), 8-22.
- Cardona-Iglesias, J. L., Escobar-Pachajoa, L. D., Guatusmal-Gelpud, C., Meneses-Buitrago, D. H., Ríos-Peña, L. M. y Castro-Rincón, E. (2020b). Efecto de la edad de cosecha en la digestibilidad y fraccionamiento energético de dos arbustivas forrajeras en Colombia. *Pastos y Forrajes*, 43(3), 254-262. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000300254&lng=es&tlng=es.
- Cardona Iglesias, J. L., Avellaneda Avellaneda, Y. y Castro Rincón, E. (2021). Estimación del consumo de forraje para dos biotipos bovinos lecheros en el trópico altoandino de Nariño, Colombia: Consumo materia seca bovinos. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4). <https://doi.org/10.18271/ria.2021.301>
- Cardona, J. L., Angulo, J. y Mahecha, L. (2022). Less nitrogen losses to the environment and more efficiency in dairy cows grazing on silvopastoral systems with *Tithonia diversifolia* supplemented with polyunsaturated fatty acids. *Agroforestry Systems*, 96, 343-357. <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00722-7>
- Chasipanta, C. (2016). *Evaluación de tres frecuencias de defoliación y tres horas de aprovechamiento diario sobre la acumulación de*



carbohidratos solubles en pasturas de Ryegrass perenne (Lolium perenne) y trébol blanco (Trifolium repens) en época de invierno (fase 1). Tesis de pregrado. Quito, Ecuador: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central de Ecuador, 77p.

Gualavisí Quilumbaquín, A. M. (2014). *Determinación del valor nutritivo del raygrass perenne (Lolium perenne) destinado a la alimentación del ganado vacuno mediante la correlación entre grados Brix y digestibilidad.* Tesis de grado. Cayambe, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6235>

Guaranga, A. (2019). *Determinación in situ de la edad y hora óptima de corte sobre la concentración de carbohidratos solubles en alfalfa morada (Medicago sativa).* Tesis de pregrado. Chimborazo, Ecuador: Escuela Superior Politécnica. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13384>

Miller, L. A., Moorby, J. M., Davies, D. R., Humphreys, M. O., Scollan, N. D., Macrae, J. C., y Theodorou, M. K. (2001). Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation dairy cows. *Grass and Forage Science*, 56, 383-394.

Moorby, J. M., Evans, R. T., Scollan, N. D., MacRae, J. C. y Theodorou, M. K. (2006). Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Evaluation in dairy cows in early lactation. *Grass and Forage Science*, 61(1), 52-59.

Pinna Cabrejos, J., Valdivia Salazar, S. y Valdivia Vega, S. (2019). Fertilización nitrogenada, edad de cosecha y calidad de la caña de azúcar en un suelo moderadamente salino. *Agrociencia Uruguay*, 23(2), 62-73.

Posada S., Cerón J., Arenas J., Hamedt, J., y Álvarez, A. (2013). Evaluación del establecimiento de ryegrass (*Lolium* sp.) en potreros de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) usando la metodología de cero labranza. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8(1), 23-32.

- Quiñones Chillambo, J. D., Cardona Iglesias, J. L., & Castro Rincón, E. (2020). Ensilaje de arbustivas forrajeras para sistemas de alimentación ganadera del trópico altoandino. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(3), 285-301. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.662>
- Rodríguez, R., Sosa, A. y Rodríguez, Y. (2007). La síntesis de proteína microbiana en el rumen y su importancia para los rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(4), 303-311.
- Rojo, J., Montoya, J. y Sierra, J. (2012). *Grados Brix y pH en el jugo de la planta como medio para determinar la salud y la calidad en pastoreo*. Editorial Académica Española.
- Suárez-Paternina, E., Reza-García, S., Cuadrado-Capella, H., Pastrana-Vargas, I., Espinosa-Carvajal, M. y Mejía-Kerguelén, S. (2015). Variación en la concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas en época seca en el valle medio del río Sinú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(2), 181-188.
- Urbano-Estrada, M. F., Cardona-Iglesias, J. L. y Castro-Rincón, E. (2020). Variación en la concentración de sólidos solubles en tres especies arbustivas forrajeras del trópico alto de Colombia. *Pastos y Forrajes*, 43(3), 201-209.
- Whitehead, D. C. (1995). *Grassland Nitrogen*. CABI International.

La producción de carne y leche en fincas es la base para fortalecer la seguridad alimentaria de la familia campesina y para proveer de proteína de origen animal a los pobladores de los centros urbanos. Los efectos adversos del cambio climático sobre el campo, sumados a la escasa adopción de tecnologías y conocimientos por parte de los pequeños productores ganaderos, ocasionan que la productividad en sus fincas sea muy variable. Ya que la base más idónea y económica para la alimentación de los rumiantes es el forraje, el conocimiento sobre su uso en la alimentación del ganado garantizará su mejor aprovechamiento en beneficio del aumento en la salud y la productividad de los animales. La orientación sobre la medición de los grados brix constituye una herramienta práctica para garantizar un mejor pastoreo y balance de nutrientes en la dieta de los rumiantes. Esta cartilla contiene información aplicable y replicable para los sistemas ganaderos del país y la región, a partir de investigaciones aplicadas que viene realizando AGROSAVIA de la mano de los productores en distintas regiones del país.

AGROSAVIA
EDITORIAL