

# PROTOCOLO PARA LA MEDICIÓN Y DETERMINACIÓN DE VARIABLES ECOFISIOLÓGICAS EN PASTURAS MEGATÉRMICAS

Soledad Ruolo y Fernando Nanning



# **PROTOCOLO PARA LA MEDICIÓN Y DETERMINACIÓN DE VARIABLES ECOFISIOLÓGICAS EN PASTURAS MEGATÉRMICAS**

Soledad Ruolo<sup>1, 3</sup> y Fernando Nanning<sup>2, 4</sup>

1. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales. Unidad de Estudios Agropecuarios (INTA-CONICET). Córdoba, Argentina.
2. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Agencia de Extensión Rural Formosa. Formosa, Argentina.
3. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC).
4. Facultad de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Formosa (FRN-UNaF).

Julio 2024

## IMPORTANCIA

Las gramíneas forrajeras megatérmicas se adaptan a una amplia gama de condiciones ambientales, lo cual permite que su distribución ocurra en varias regiones del país, principalmente desde el centro hacia el norte. Esto ha llevado a que se disponga, en diferentes sitios, de investigaciones en las mismas especies. Esta situación particular fortalece la necesidad de que aquellas investigaciones que consideren variables similares se desarrollen con un mismo protocolo. Así, los resultados obtenidos en diferentes sitios podrán ser comparables y, por ende, interpretados de una mejor manera.

En base a lo anterior, desde el grupo *Ecofisiología y manejo de pasturas* del PE-E1-I006-001: “Respuestas tecnológicas para el manejo sustentable y eficiente de pasturas megatérmicas en sistemas ganaderos del centro y norte de Argentina” nos propusimos definir algunos lineamientos que permitan unificar y mejorar la calidad de la información generada. Para esto, hemos acordado una serie de consideraciones para estudiar las respuestas ecofisiológicas de especies gramíneas forrajeras megatérmicas.

## INTRODUCCIÓN

La ecofisiología se define como el estudio de las interacciones entre individuos biológicos con su propio ambiente, es decir la forma en que las plantas perciben y responden ante limitantes o cambios de su entorno y, a su vez, cómo el funcionamiento poblacional de esas plantas puede modificar su propio ambiente (Lemaire 2001).

Considerando las especies gramíneas, los macollos representan su unidad estructural o morfofisiológica. Cada macollo se compone de la repetición de fitómeros (unidad funcional) diferenciados a partir del mismo meristema apical. Cada fitómero está compuesto por una lámina, vaina, nudo, entrenudo y yema axilar.

En ausencia de limitantes hídricas y nutricionales, las variaciones en la producción de biomasa de gramíneas forrajeras por unidad de superficie pueden ser explicadas por diferencias en el crecimiento por macollo y/o por diferencias en la densidad (Berone 2016).

Por su parte, el crecimiento de los macollos depende de la interrelación entre la actividad de meristemas intercalares individuales, es decir del crecimiento de cada hoja, y el número de meristemas activos (hojas en crecimiento) (Briske 1991).

La morfogénesis puede ser definida como la dinámica de generación y expansión de la planta en el espacio. En una pastura en estado vegetativo, la morfogénesis es función de tres características a nivel de individuo (Fig. 1): tasa de aparición foliar (TAF), tasa de elongación foliar (TEF) y vida media foliar (VMF). Éstas se encuentran determinadas genéticamente pero también están influenciadas por variables ambientales, fundamentalmente temperatura, luz, disponibilidad de nutrientes, principalmente nitrógeno, y agua del suelo (Chapman y Lemaire 1993).

- *Filocrono (GDC/hoja)*: tiempo térmico entre la aparición de dos hojas sucesivas.
- *Tasa de aparición foliar (hojas/GDC)*: tasa a la cual aparecen las hojas en función al tiempo térmico. Matemáticamente es la inversa al filocrono.

$$TAF = 1 / \text{Filocrono}$$

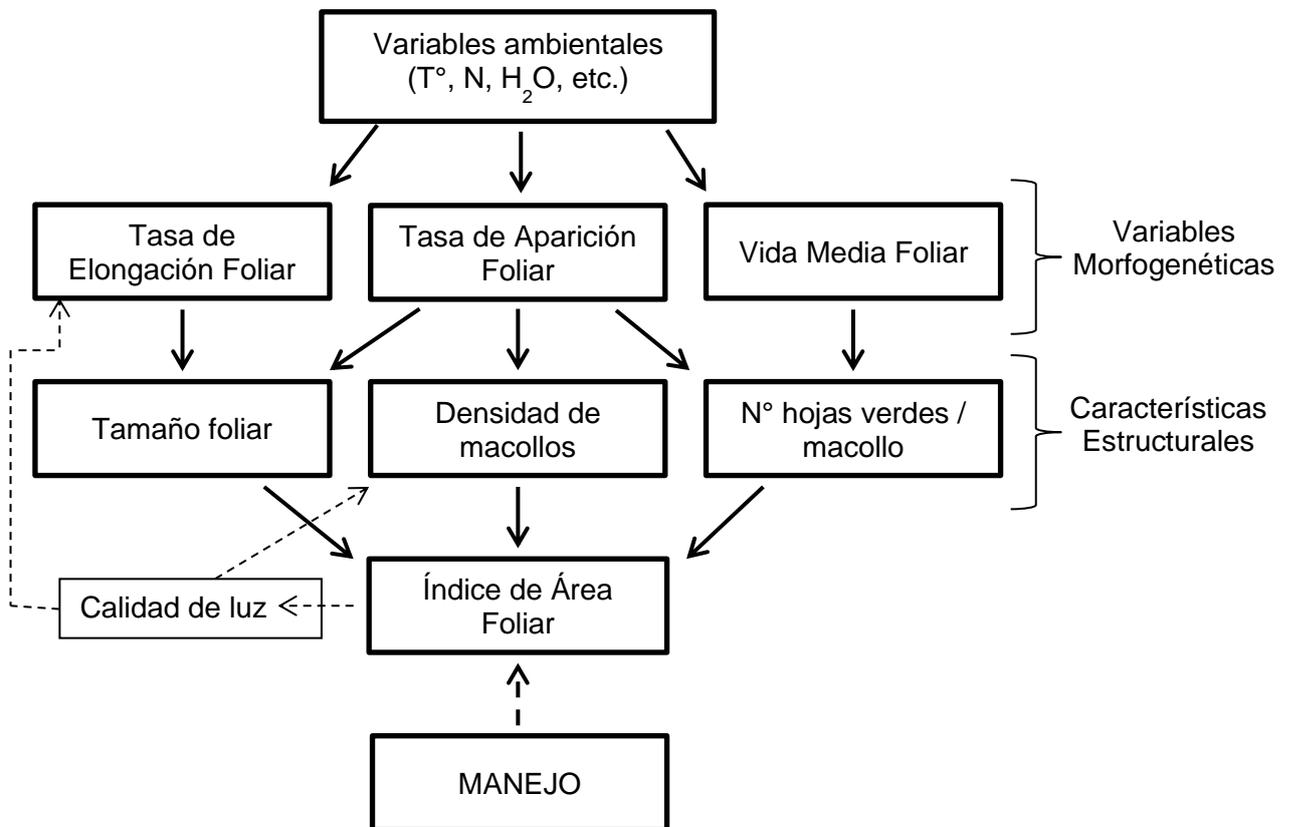


Figura 1. Relación entre variables morfológicas, características estructurales de la pastura e índice de área foliar (Chapman y Lemaire 1993).

- *Tasa de elongación foliar (cm/GDC)*: tasa de crecimiento calculada a partir de la sumatoria de las longitudes de todas las hojas de cada macollo en función al tiempo térmico.
- *Vida media foliar (GDC)*: tiempo térmico desde la aparición de una hoja (cuando la lámina aparece por fuera del tubo de vainas) hasta que comienza su senescencia. Se puede calcular multiplicando el filocrono por el número máximo de hojas verdes de cada macollo.

La tasa de aparición foliar es afectada tanto por la temperatura (Robson 1972), dentro de un rango de valores para el crecimiento, como por el manejo de la defoliación, mientras que es poco afectada por la disponibilidad de radiación,

agua y nitrógeno. La TAF a nivel de hoja individual tiende a disminuir (y el filocrono a aumentar) durante el crecimiento o rebrote luego de un pastoreo, debido a las crecientes longitudes de la vaina foliar de hojas sucesivas, lo cual demora la aparición de la nueva lámina. De esta manera, la TAF de pasturas mantenidas con un bajo índice de área foliar (IAF) será mayor que aquellas con alto IAF (Lemaire y Chapman 1996).

Respecto a la tasa de elongación foliar, esta variable es la que más responde a cambios ambientales, principalmente a temperatura (Stoddart et al. 1986), disponibilidad de nitrógeno (Cruz y Boval 2000; Gastal y Nelson 1994), agua y el acceso a luz. Así, la TEF aumenta ante incrementos de temperatura, disponibilidad de nitrógeno, agua y cantidad y calidad de la radiación. En este sentido, Lemaire (2001) afirmó que pasturas con un elevado índice de área foliar (baja relación rojo:rojo lejano) presentan mayor TEF en relación a aquellas con bajo IAF.

La TEF es la variable más utilizada para expresar el crecimiento foliar de las gramíneas, mientras que el ancho foliar presenta normalmente variaciones de menor magnitud (Colabelli et al., 1998a).

La vida media foliar es una variable determinada genéticamente que varía en función de la temperatura (es relativamente constante en tiempo térmico) y que define el número máximo de hojas verdes por macollo. Así, al cumplirse la VMF se alcanza la máxima biomasa de tejido verde por macollo y, salvo que aumente la densidad de macollos, a partir de este momento no habrá incremento en la acumulación de tejido verde (Lemaire y Agnusdei 2000). La VMF, y por consecuencia la senescencia foliar, es influenciada por la temperatura de igual forma que la TEF. Al respecto, hojas que crecen a altas temperaturas pierden su capacidad fotosintética más rápidamente (Woledge y Jewiss 1969), mientras que mayores longevidades se han observado a bajas temperaturas (Robson 1972). De esta manera, la VMF puede utilizarse como indicador de frecuencia de pastoreo en categorías o situaciones que requieran consumo de material verde únicamente (Ruolo et al. 2019) y siempre que no existan limitaciones edafoclimáticas.

El tiempo térmico se define como la suma de calor en unidades térmicas grados/días ( $^{\circ}\text{Cd}$ ) y se calcula como la diferencia entre la temperatura media diaria y la temperatura base de crecimiento (temperatura por sobre la cual empieza a crecer).

La combinación de las variables morfogenéticas determinará las características estructurales de la pastura: tamaño de hojas, densidad de macollos y hojas verdes por macollo (Chapman y Lemaire 1993).

- *Tamaño foliar ( $\text{cm}^2$ ):* área de cada hoja (lámina).
- *Densidad de Macollos:* número de macollos por metro cuadrado de suelo.
- *Número de hojas verdes:* cantidad de hojas verdes por macollo.

En gramíneas, el área foliar está determinada por el largo y el ancho, aunque las variaciones del área, como se mencionó anteriormente, están afectadas especialmente por cambios en la longitud foliar (Nelson et al. 1977) y por lo general se asume una relación constante entre área/longitud de hoja para un genotipo determinado (Lemaire y Chapman 1996). El tamaño foliar presenta una relación positiva con la tasa de elongación (Nelson et al. 1977) y negativa con la tasa de aparición de hojas (Cooper y Edwards 1961).

El área foliar específica es la proporción de área de lámina y su biomasa seca ( $\text{cm}^2/\text{g}$ ), determinando la cantidad total de área foliar por unidad de biomasa. Es un índice del espesor y densidad de la hoja. El AFE es utilizado i) como parámetro para determinar la tasa de crecimiento relativo (Poorter et al. 2009), ii) como indicador de las estrategias de las plantas ante cambios de condiciones ambientales y de manejo, siendo influenciada en forma positiva por la sumersión, el sombreado, la temperatura y la defoliación; mientras que es poco afectada por la concentración de  $\text{CO}_2$ , la limitación de nutrientes y el estrés hídrico (Iturralde Elortegui et al. 2000; Lattanzi et al. 2004; Lemaire, 2001; Poorter et al. 2009) y iii) para determinar la presencia de condiciones de competencia (Poorter et al. 2012).

En cuanto a la densidad de macollos, se encuentra parcialmente relacionada a la TAF, que determina el número potencial de sitios de aparición de macollos o *site filling* (Davies 1974). Especies con alta TAF tienden a producir un gran número de hojas cortas por macollo y una alta densidad de macollos, conduciendo a una pastura con estructura densa y corta, y viceversa (Lemaire y Agnusdei 2000; Chapman y Lemaire 1996). Por otra parte, los macollos de las gramíneas están sujetos al fenómeno denominado “compensación tamaño/densidad”, observándose una menor densidad y mayor peso de macollos bajo regímenes de defoliación de baja intensidad y frecuencia (Bircham y Hodgson 1983).

Respecto al número de hojas verdes por macollo, depende de la VMF y de la TAF (Chapman y Lemaire 1993). Briske (1996) estableció que la relación entre la tasa de iniciación foliar y la de senescencia mantiene un número de hojas vivas por macollo relativamente constante.

Las características estructurales en conjunto definen el índice de área foliar. Éste es el principal factor que determina la interceptación de luz y por ende la dinámica de rebrote (Chapman y Lemaire 1993). Se calcula midiendo la superficie (m<sup>2</sup>) de láminas foliares por metro cuadrado de suelo. Un canopeo que alcanzó el IAF óptimo es aquel capaz de interceptar el 95% de la radiación (Davies 1988; Lemaire y Chapman 1996).

Respecto a la composición del forraje (componentes del rendimiento), las pasturas con un alto nivel de hojas favorecen el consumo diario de los animales en pastoreo. Por ello, se pretende conformar estructuras amigables para el ganado de modo de evitar que se vean forzados a consumir forraje de mala calidad o que deban restar tiempo de pastoreo para seleccionar ciertas fracciones del forraje total ofrecido (Agnusdei y Wade 2002).

## PROTOCOLO ESPECÍFICO

### ***Factores a considerar en la instalación del ensayo***

#### *Sitio, repeticiones y registro de temperatura:*

El ensayo podrá llevarse a cabo a nivel de parcelas (preferentemente no menor a 3 x 5 metros) o potrero (al cual no accedan los animales). Se deberá seleccionar una superficie de la pastura a evaluar lo más homogénea y representativa posible, donde la cobertura sea buena, libre de malezas y las plantas se encuentren sanas.

Cada especie constituirá un tratamiento con 15 repeticiones (15 macollos). A los fines de registrar la temperatura diaria se deberá contar con una estación meteorológica cercana al establecimiento o bien colocar un datalogger (ubicado a una altura de 1.5 metros del suelo dentro de un abrigo meteorológico). En este caso, la frecuencia de registro, se recomienda que sea mínimo cada hora y calculando luego la temperatura media diaria.

En caso de no disponer de estación meteorológica ni datalogger, los datos de temperatura media diaria se pueden obtener de páginas web de diversos organismos e instituciones públicas y privadas que brindan información climática según ubicación geográfica.

### ***Mediciones a campo***

Se recomienda comenzar la instalación de los sitios de muestreos en la primavera y cuando haya humedad en el perfil del suelo. En caso que la siembra se haya realizado el mismo año, la pastura podrá regarse para garantizar una implantación adecuada. Inicialmente, se deberá realizar un corte de homogeneidad. En la Tabla 1 se sugieren alturas en función a la especie y cultivar, pero es importante destacar que el corte de homogeneidad debe garantizar un remanente foliar fotosintéticamente activo (entre 0.5 y 1.5 hojas verdes en promedio aproximadamente). Este corte podrá realizarse utilizando un cortacercos, tijeras (manuales o eléctricas) o motoguadaña, siempre procurando respetar la altura en toda la superficie. Ese día será considerado como el día cero para calcular los grados días de crecimiento (GDC). Se sugiere llevar un

registro fotográfico de la pastura al momento del corte de homogeneidad como así también en las mediciones.

Tabla 1. Altura (cm) del corte de homogeneidad sugerido por especie y cultivar.

<b>Especie y cultivar</b>	<b>Altura</b>
<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs (ex <i>Panicum maximum</i> ) cv. Gatton	20
<i>Megathyrsus maximus</i> cvs. Mombaca y Tanzania	30
<i>Megathyrsus maximus</i> cv. Zuri	25
<i>Pennisetum ciliare</i> L. (sin. <i>Cenchrus ciliaris</i> L.) cvs. Biloela, Molopo y Lucero	15
<i>Pennisetum ciliare</i> L. (sin. <i>Cenchrus ciliaris</i> L.) cv. Texas	10
<i>Panicum coloratum</i> L.	10
<i>Chloris gayana</i> Kunth (diploides y tetraploides)	15
<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster (ex <i>Brachiaria brizantha</i> )	20
<i>Digitaria eriantha</i> Steud.	10
<i>Eragrostis curvula</i> (Schrad.) Nees	10

Las mediciones foliares deberán comenzar dentro de los 2 o 3 días siguientes al corte de homogeneidad. Se seleccionarán 15 macollos (pertenecientes a una cohorte que no haya sido afectada por el corte de homogeneidad, y procurando que los mismos no provengan de la misma planta) que presenten 1 o 2 hojas verdes. Los mismos serán marcados en la base con cintas o alambres de colores. A partir de ese día (incluido) comenzarán las mediciones, las cuales se registrarán en una planilla (Fig. 2). Las mismas deberán tomarse con una frecuencia de al menos 2 veces por semana (ejemplo: lunes y jueves; martes y viernes). Deberá asegurarse que los macollos seleccionados permanezcan en estado vegetativo hasta el final de las mediciones.

Especie y cultivar:		Macollo n°:											
Fecha Medición	Pseudo tallo (cm)	Longitud de lámina verde (cm)								Última hoja despleg.	N° hojas verdes	Macollo hijo	Observaciones
		1	2	3	4	5	6	7	8				

Figura 2. Planilla de campo para el posterior cálculo de variables morfogénicas.

Referencias de la planilla (Fig. 2):

- Pseudotallo: altura desde el suelo hasta la lígula de la última hoja desplegada.
- Longitud de lámina verde: las longitudes parciales de cada una de las láminas (tejido verde) se medirán con regla preferentemente metálica y se tomarán desde la lígula de la hoja anterior hasta el extremo distal (punta de la lámina). En caso que se encuentre totalmente desplegada, se registrará desde su lígula hasta el extremo distal (longitud final). Cabe aclarar que se considera como 1 a la hoja más vieja. La aparición de cada hoja deberá contabilizarse cuando la misma alcance 0,5 cm de longitud respecto a la lígula de la hoja anterior. En caso que se desee calcular la tasa de senescencia, las mediciones de longitud de lámina verde deberán continuar hasta que la lámina se encuentre totalmente senescente.
- Última hoja desplegada: indicar el número de la última hoja desplegada o expandida (lígula visible) ese día.

- Número de hojas verdes: cantidad total de hojas verdes por macollo. Las hojas desplegadas se contabilizarán como 1, mientras que aquellas en crecimiento (expansión) como 0.5, independientemente de su longitud. Aquellas hojas con tejido senescente superior a 2 cm no deberán considerarse como hojas verdes.
- Macollo hijo: indicar n° de hoja en la cual apareció un macollo hijo. En caso que el macollo hijo presente un nuevo macollo (nieto) registrarlo en observaciones, aclarando el número de orden de la hoja que dio lugar a ese macollo.
- Observaciones: por ejemplo hojas comidas / cortadas, macollos nietos, número de orden de la hoja que le dio origen, etc.

En caso que varias personas lleven a cabo las mediciones, se recomienda realizar un entrenamiento previo para verificar que todos midan de la misma manera.

### ***Determinaciones a gabinete***

*Suma térmica acumulada:* considerando la temperatura base de cada especie/cultivar (Tabla 2) y la temperatura media diaria (Tabla 3), se calcularán los grados días de crecimiento acumulados por día de la siguiente forma:

$$GDC = T^{\circ} \text{ media diaria} - T^{\circ} \text{ base}$$

A través de la sumatoria de los GDC de cada día se obtendrán los GDC acumulados (Tabla 4).

Para establecer la temperatura base de crecimiento de cada especie se realizó una revisión bibliográfica, a fin de respaldar el valor que se consideraría en cada una de ellas. La amplia variabilidad encontrada en esta información nos llevó a considerar aquellas que en términos prácticos se ajustaban a la experiencia de los autores.

Tabla 2. Temperatura base de crecimiento de distintas gramíneas subtropicales.

<b>Especie y cultivar</b>	<b>T° base</b>
<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs (ex <i>Panicum maximum</i> ) cv. Gatton	15
<i>Megathyrsus maximus</i> cvs. Mombaca, Zuri y Tanzania	11
<i>Pennisetum ciliare</i> L. (sin. <i>Cenchrus ciliaris</i> L.) cv. Texas	10
<i>Pennisetum ciliare</i> L. (sin. <i>Cenchrus ciliaris</i> L.) cvs. Biloela, Molopo y Lucero	12
<i>Panicum coloratum</i> L.	10
<i>Chloris gayana</i> Kunth (diploides)	11
<i>Chloris gayana</i> Kunth (tetraploides)	12
<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster (ex <i>Brachiaria brizantha</i> )	15
<i>Digitaria eriantha</i> Steud.	11
<i>Eragrostis curvula</i> (Schrad.) Nees	8
<i>Trichloris crinita</i> (Lag.) Parodi	13
<i>Paspalum atratum</i> Swallen	14

Tabla 3. Ejemplo de cálculo de temperatura media diaria considerando un registro de temperatura cada hora (zona central de Córdoba).

<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
23-ene	1:00	15,4
	2:00	15,4
	3:00	15,5
	4:00	15,6
	5:00	15,6

6:00	15,4
7:00	15,3
8:00	15,1
9:00	17,9
10:00	25
11:00	30
12:00	31,3
13:00	32,4
14:00	33,2
15:00	33,5
16:00	33,4
17:00	32,1
18:00	31,2
19:00	31
20:00	28,3
21:00	24,2
22:00	21,5
23:00	20,5
0:00	19,7
<b>Media = 23,7</b>	

Tabla 4. Ejemplo de cálculo de GDC acumulados en una pastura de *Panicum coloratum* L.

Fecha	T° media diaria	T° base	GDC	GDC acum.
24-ene	24,7	10	14,7	14,7
25-ene	22,6	10	12,6	27,3
26-ene	21,3	10	11,3	38,6
27-ene	21,0	10	11,0	49,6
28-ene	24,7	10	14,7	64,3
29-ene	25,2	10	15,2	<b>79,5</b>

Deberán registrarse los GDC acumulados en cada una de las fechas de muestreo, a los efectos de realizar los cálculos.

*Tasa de elongación foliar (TEF) por macollo:* los datos de la planilla de campo (Fig. 2) deberán volcarse a una planilla de Excel. En una columna se colocará la suma de las longitudes de las láminas de un macollo en cada momento de medición y en otra la suma térmica acumulada en cada una de esas fechas (valores en azul en la Tabla 5). Cabe aclarar que, al momento de procesar los datos, una vez que una determinada lámina alcanza su longitud foliar final, ésta deberá repetirse en las fechas siguientes (valores en rojo en la Tabla 5). Se tendrán en cuenta para el cálculo los datos desde la primera medición hasta aquella en que la 5<sup>ta</sup> lámina se encuentre desplegada, es decir con lígula visible (valores sombreados en gris en la Tabla 5).

Tabla 5. Ejemplo de planilla para cálculo de TEF.

Tratamiento: <i>Panicum coloratum</i> L.		Planta N°: 3		Color de macollo: azul							
Fecha Medición	GDC acum	Longitud de hojas (cm)								$\Sigma$ longitudes	Última hoja despleg.
		1	2	3	4	5	6	7	8		
04/01/2021	44	8	4							12	1
07/01/2021	82	8	12	3						23	1
11/01/2021	129	8	17	11						36	2
14/01/2021	153	8	17	18	2					45	2
18/01/2021	199	8	17	23	13					61	3
21/01/2021	252	8	17	23	24	5				77	3
25/01/2021	308	8	17	23	29	18	1			96	4
29/01/2021	353	8	17	23	29	35	17	2		131	5
02/02/2021	400	8	17	23	29	35	29	26		167	

Luego, ambas columnas se relacionarán en un gráfico (Fig. 3). A continuación, se estimará la función lineal y la pendiente de esa recta será la TEF (resaltado en azul).

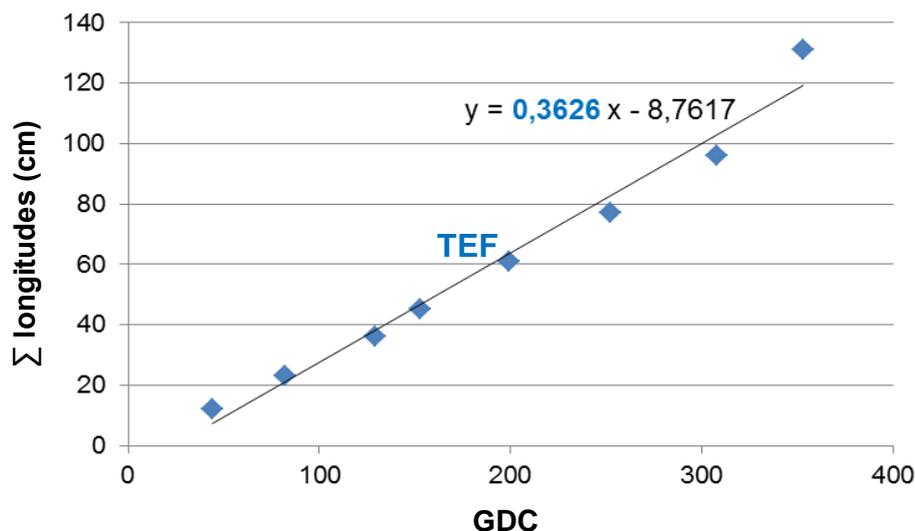


Figura 3. Ejemplo de gráfico para cálculo de TEF por macollo. Sumatoria de longitudes de todas las láminas de un macollo en cada suma térmica y ecuación de regresión.

Por lo tanto, para este ejemplo, la TEF por macollo de *P. coloratum* L. es de 0,3626 cm/GDC.

*Filocrono y tasa de aparición foliar (TAF):* se calculará el tiempo térmico transcurrido entre la aparición de las hojas 4<sup>ta</sup> y 7<sup>ma</sup>, y al dividir ese valor en 3 (cantidad de hojas) se obtendrá un filocrono promedio, considerando un crecimiento lineal.

En caso que no se conozca con exactitud la suma térmica acumulada al momento de la aparición de las hojas necesarias para el cálculo (4<sup>ta</sup> y 7<sup>ma</sup>), se podrá estimar a partir de la función lineal de crecimiento de cada una de ellas, relacionando al menos dos longitudes parciales medidas en dos sumas térmicas acumuladas diferentes. Cabe destacar que las longitudes parciales a tener en cuenta para el cálculo deben corresponder a la hoja en expansión (no desplegada; valores sombreados en amarillo en la Tabla 5). A continuación (Fig. 4), se presenta un ejemplo de cálculo de los GDC acumulados (eje abscisas) al momento de la aparición (0.5 cm) de las hojas 4<sup>ta</sup> y 7<sup>ma</sup>.

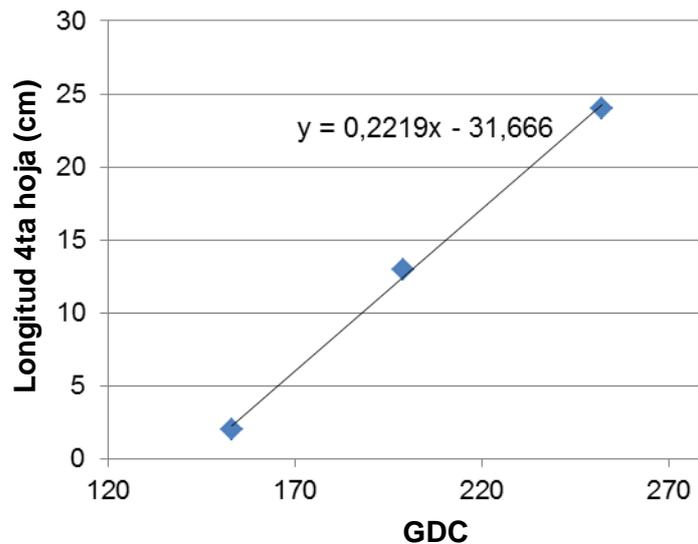
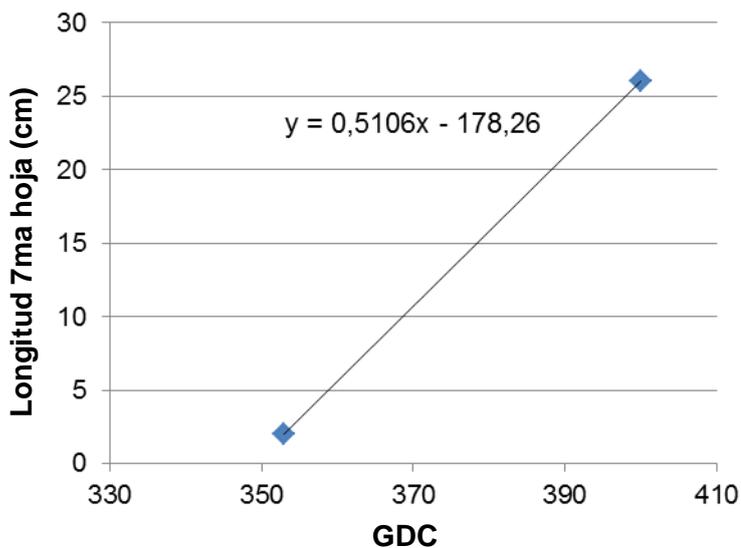


Figura 4. Ejemplo de cálculo de filocrono y TAF, considerando los valores de la Tabla 5.

Cálculo aparición 7<sup>ma</sup> hoja:

$$y = 0,5106x - 178,26$$

$$0,5 = 0,5106x - 178,26$$

$$(0,5 + 178,26) / 0,5106 = x$$

$$350,09 = x$$

Cálculo aparición 4<sup>ta</sup> hoja:

$$y = 0,2219x - 31,666$$

$$0,5 = 0,2219x - 31,666$$

$$(0,5 + 31,666) / 0,2219 = x$$

$$144,96 = x$$

$$\text{Filocrono promedio} = (GDC_{a7} - GDC_{a4}) / 3$$

$$\text{TAF promedio} = 1 / \text{filocrono promedio}$$

a7: aparición de la 7<sup>ma</sup> hoja.

a4: aparición de la 4<sup>ta</sup> hoja.

$$\text{Filocrono promedio} = (350,09 - 144,96) / 3$$

$$\text{Filocrono promedio} = 68,38 \text{ GDC/hoja}$$

$$\text{TAF promedio} = 1 / 68,38 \text{ GDC/hoja}$$

$$\text{TAF promedio} = 0,0146 \text{ hojas/GDC}$$

*Vida media foliar (VMF):* se calculará de la siguiente manera:

$$VMF = \text{filocrono} \times N^{\circ} \text{ máximo de hojas verdes por macollo}$$

Se utilizará el filocrono promedio entre las hojas 4<sup>ta</sup> y 7<sup>ma</sup> y el número máximo de hojas verdes.

*Tasa de aparición de macollos:* en cada muestreo se registrará la aparición de macollos, ya sea del macollo principal o de macollos hijos. Luego se relacionará el número de macollos aparecidos en el tiempo térmico correspondiente de modo de calcular la tasa de aparición. Se sugiere identificar cada macollo nuevo con un color distinto (alambre, lana, etc.), para no confundir con los demás registrados.

*Tasa de senescencia foliar:* deberá relacionarse en un gráfico la suma de las longitudes del tejido seco de todas las hojas del macollo (diferencia entre la máxima longitud de lámina verde de cada hoja y la longitud de lámina verde al momento de cada medición subsiguiente; eje ordenadas) con la suma térmica acumulada en cada una de esas fechas (eje abscisas). A continuación, se estimará la función lineal y la pendiente de esa recta será la tasa de senescencia foliar a nivel de macollo.

*Área foliar e IAF:* a partir de una muestra de 0,25 m<sup>2</sup> representativa de la cobertura de la parcela, se obtendrá una submuestra (la mitad en peso) de la cual se extraerá la totalidad de las láminas foliares verdes que contenga, colocándolas sobre un fondo blanco (puede ser un afiche) de superficie conocida, pudiendo usarse un vidrio para mantener planas las láminas. Una vez finalizado ese proceso, se tomará una foto (puede ser con el celular), solo del área del fondo, intentado que la imagen no posea sombra de ningún tipo, para luego ser procesada por la aplicación CANOPEO APP® (Patrignani y Ochsner 2015), con un ajuste de imagen a un 50%. De esta manera se obtendrá el área foliar de la submuestra que en este caso corresponderá a 0,125 m<sup>2</sup> (la mitad de

la muestra original de 0,25 m<sup>2</sup>). Con el dato de área foliar de la superficie conocida se podrá estimar el IAF (m<sup>2</sup> láminas/m<sup>2</sup> suelo). A su vez, con la mencionada aplicación también podrá determinarse el área foliar individual (cm<sup>2</sup>).

*Densidad de macollos (n°/superficie):* se contarán a campo todos los macollos presentes en una superficie conocida (no menor a 0,25 m<sup>2</sup>), basales y originados a partir de estolones en caso que los posea.

*Área foliar específica (cm<sup>2</sup>/g):* las láminas utilizadas para calcular IAF se llevarán a estufa a 100 °C para obtener su peso seco. A continuación, se relacionará (cociente) el valor de área foliar (cm<sup>2</sup>) con el peso de las mismas (g), con el objetivo de estimar el área foliar específica.

*Radiación interceptada (%):* estas mediciones se realizarán con ayuda de un ceptómetro, registrando 3 mediciones sobre la canopia y otras 3 por encima de la última hoja senescente. La diferencia entre las mediciones, expresada en porcentaje, será la radiación interceptada. Se sugiere realizar las mediciones en días soleados, entre las 11 y las 13 hs.

*Componentes del rendimiento de la biomasa cosechada:* a partir de una submuestra representativa se separarán los componentes del rendimiento: tallos y vainas; láminas verdes (contemplando no sólo las emergidas, sino también aquellas ubicadas dentro del pseudotallo); láminas senescentes (con más de 2 cm de tejido muerto) e inflorescencias. Cada una de las cuatro fracciones se colocará en estufa a 100 °C, de modo de establecer el contenido de materia seca, y así calcular la participación de cada componente en el rendimiento total. En caso de realizar análisis de calidad del forraje, el secado deberá efectuarse a una temperatura no superior a 55 – 60 °C. También se podrá calcular el peso promedio de cada macollo.

## **RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Al PE-E1-I006-001 del INTA: “Respuestas tecnológicas para el manejo sustentable y eficiente de pasturas megatérmicas en sistemas ganaderos del centro y norte de Argentina” y sus participantes.

A Estefanía Lucero, Liliana Clausen, Lourdes Mijoevich y Dante Pueyo por su apoyo y colaboración.

A Alejandro Radrizzani, Germán Berone y Héctor Pérez por sus valiosos aportes.

## BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Agnusdei, M. G. y Wade, M. H. 2002. Factores del crecimiento y del manejo que determinan la estructura de las pasturas. Taller Bases para el manejo del pastoreo, AAPA. Asociación Argentina de Producción Animal.
- ❖ Berone, D. G. 2016. Leaf expansion and leaf turnover of perennial C4 grasses growing at moderately low temperatures. Rev. FCA UNCuyo, 48(2): 69-82.
- ❖ Bircham, J. S. y Hodgson, J. 1983. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. Grass and Forage Science, 38: 323-331.
- ❖ Briske, D. D. 1991. Developmental Morphology and Physiology of Grasses. In: Grazing Management: An Ecological Perspective, Timber Press, Portland, Oregon, USA, 85-108.
- ❖ Briske, D. D. 1996. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. Pp. 37-68 en Hodgson, J., Illius, A. W. (eds.) The ecology and management of grazing systems. CAB International, Wallingford (UK).
- ❖ Chapman, D. F. y Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proceedings of the XVII International Grassland Congress, 95-104.
- ❖ Colabelli, M., Bustos, J. y Agnusdei, M. 1998a. Crecimiento de un pastizal natural de la pampa deprimida bonaerense bajo diferente disponibilidad de agua y nitrógeno. In: Congreso Argentino de Producción Animal (22º., 1998, Río Cuarto, Córdoba). Trabajos presentados. Revista Argentina de Producción Animal, 18(1): 123-124.
- ❖ Cooper, J. P. y Edwards, K. J. R. 1961. The genetic control of leaf development in *Lolium*. 1. Assessment of genetic variation. Heredity, 16: 63-82.
- ❖ Cruz, P. y Boval, M. 2000. Effect of nitrogen on some morphological traits of temperate and tropical perennial forage grasses. Pp. 151-168 en

Lemaire, G., Hodgson, J., Moraes, H., Nabinger, C. y Carvalho, P. (eds.) Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology of Natural Grasslands. CAB International, Wallingford (UK).

- ❖ Davies A. 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science*, 82: 165-172.
- ❖ Davies, A. 1988. The regrowth of grass swards. Pp. 85-127 en Jones, M. B., Lazenby, A. (ed.) *The grass crop*. Chapman & Hall, London.
- ❖ Gastal, F. y Nelson, C. J. 1994. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. *Plant physiology*, 105 (1): 191-197.
- ❖ Iturralde Elortegui, M. D. R. M., Berone, G. D., Striker, G. G., Martinefsky, M. J., Monterubbianesi, M. G., & Assuero, S. G. 2020. Anatomical, morphological and growth responses of *Thinopyrum ponticum* plants subjected to partial and complete submergence during early stages of development.
- ❖ Lemaire G. y Agnusdei M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. Pp. 265-287 en Lemaire G., Hodgson J., Moraes A., Nabinger C. y Carvalho P. C. de F. (eds.) *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. CAB International, Wallingford (UK).
- ❖ Lemaire G. y Chapman D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. Pp. 3-36 en Hodgson J. y Illius A. W. (eds.) *The ecology and management of grazing systems*. CAB International, Wallingford (UK).
- ❖ Lemaire, G. 2001. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. *International Grassland Congress, São Paulo*, 19: 29-37.
- ❖ Lattanzi, F. A., Schnyder, H. y Thornton, B. 2004. Defoliation effects on carbon and nitrogen substrate import and tissue-bound efflux in leaf growth zones of grasses. *Plant, Cell & Environment*, 27(3): 347-356.
- ❖ Nelson, C. J., Asay, K. H. y Sleper, D. A. 1977. Mechanisms of canopy development of tall fescue genotypes. *Crop Science*, 17: 449-452.

- ❖ Patrignani, A. y Ochsner, T. E. 2015. Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. *Agronomy Journal*, 107(6): 2312-2320.
- ❖ Poorter, H., Niinemets, Ü., Poorter, L., Wright, I. J., y Villar, R. 2009. Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis. *New phytologist*, 182(3): 565-588.
- ❖ Poorter, H., Niklas, K. J., Reich, P. B., Oleksyn, J., Poot, P. y Mommer, L. 2012. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193(1): 30-50.
- ❖ Robson M. J. 1972. The effect of temperature on the growth the S. 170 tall fescue (*Festuca arundinacea*). I. Constant temperature. *Journal of Applied Ecology*, 9(2): 643-653.
- ❖ Ruolo, S., Pérez, H. y Rodriguez, A. 2019. *Chloris gayana* Kunth under different defoliation regimes. Morphogenesis, sward structure and leaf area index. *Grass Forage Science*, 74:720-727.
- ❖ Stoddart, J. L., Thomas, H., Lloyd, E. J. y Pollack C. J. 1986. The use of a temperature-profiled position transducer for the study of low temperature growth in Graminae. *Planta*, 167: 359-363.
- ❖ Woledge, J. y Jewiss, O. R. 1969. The effect of temperature during growth on the subsequent rate of photosynthesis in leaves of Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). *Annals of Botany*, 33(5): 897-913.



## Centro de Investigaciones Agropecuarias