

# PREDICCIÓN FORRAJERA EN *Sorghum bicolor* (L.) var. *Saccharatum* A TRAVÉS DEL TAMAÑO DE PLANTA. ¿CUÁL ES LA ALTURA INDICADA PARA UNA MAYOR PRODUCCIÓN, SIN RIESGO DE INTOXICACIÓN POR ÁCIDO CIANHÍDRICO?

Caramello, N. E.<sup>1</sup>; Caeiro, L.<sup>2</sup>; Bolatti, J. S.<sup>2</sup>; Rubiolo, R.<sup>1</sup>; Bernáldez, M. L.<sup>2, 3</sup>; Laurella, E. D<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Producción Animal. Cátedra de Forrajes y Manejo de Pasturas. Córdoba, Argentina.

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Producción Animal. Cátedra de Nutrición Animal. Córdoba, Argentina.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Villa María. ICByA. ella@unc.edu

## RESUMEN

El cultivo de *Sorghum bicolor* (L.), particularmente en su variedad azucarada, es importante en la producción de forraje para ensilado y alimentación animal, aunque para pastoreo presenta riesgos de intoxicación por ácido cianhídrico (HCN). Este estudio tuvo como objetivo determinar la altura óptima que permita maximizar la producción de materia seca sin riesgo de intoxicación. Se utilizó el híbrido "Silage King" en dos fechas de siembra en un campo de la Universidad Nacional de Córdoba. A través de la zonificación del cultivo con el índice NDVI, se midieron las alturas y se estimó la producción de materia seca. Además, se aplicó la técnica de Guignard para evaluar la liberación de HCN a diferentes alturas (29, 64, 84 y 140 cm). Los resultados indicaron una correlación positiva entre la altura y la producción de materia seca, con un valor de 140 cm donde el riesgo de intoxicación por HCN es nulo. A alturas intermedias (64-84 cm), se observó que el riesgo de intoxicación por HCN era alto. La altura de 140 cm sería segura para recomendar el inicio del pastoreo sin comprometer la salud del ganado propiciando una oferta forrajera de 6509,84 y 4995,79 KgMS.Ha-1 en las dos fechas de siembra.

**Palabras claves:** sorgo azucarado, NDVI, estimación, durrina, ácido cianhídrico.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Sorghum bicolor* (L.), conocido como sorgo, es originario de África y se destaca por su adaptación ambiental y estabilidad en rendimientos en condiciones de baja productividad (Giorda y Ortiz, 2012; Kimber et al., 2013). Es el quinto cereal más importante a nivel mundial, con una producción global que ronda los 58 millones de toneladas anuales para el ciclo 2023/2024. En Argentina, el sorgo se cultiva en 749.655 hectáreas, produciendo 1,61 millones de toneladas de grano, concentrándose en la región pampeana, especialmente en Santa Fe y Córdoba (Rosetti y Villar, 2017; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2023).

El sorgo se cultiva principalmente para la producción de granos y forraje, siendo este último crucial para la alimentación del ganado. Existen diferentes tipos de sorgo: los graníferos para cosecha de granos y los forrajeros, destinados a pastoreo y reservas forrajeras (Giorda, 2018). Los sorgos forrajeros tradicionales, como el tipo sudan, son valorados por su alta capacidad de rebrote, mientras que los azucarados, con menor

rebrote, pero mayor producción de materia seca, son ideales para ensilaje debido a su alto contenido de azúcar (Romero et al., 2001).

La correcta gestión del pastoreo requiere conocer la oferta forrajera y la demanda animal. La carga animal indica cuántos animales pueden alimentarse en un lote, y depende de la producción forrajera, lo que hace necesario estimar la cantidad de forraje disponible (De la Orden et al., 2006). Aunque los métodos directos de estimación de forraje son precisos, requieren de mucha labor y consumen tiempo, especialmente en grandes áreas (Yupanqui, 2022). Por ello, se han desarrollado métodos indirectos, como el uso de sensores remotos, que permiten estimar la productividad de manera más eficiente (Berretta Constenla, 2022).

La tecnología satelital ha avanzado significativamente, permitiendo no solo la identificación y cuantificación de cultivos, sino también la estimación de su rendimiento mediante la teledetección (Ovando, 2019). Un índice ampliamente utilizado es el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), el

cual puede ser un buen estimador de la producción de forraje en pastizales (Rouse et al., 1973). Sin embargo, aunque la teledetección ha mejorado en las últimas décadas, sigue siendo necesario complementarla con datos de campo para obtener estimaciones más precisas (De la Casa, 2011).

Además de la altura de la planta, que se ha correlacionado con la producción de materia seca (Carámbula, 2007, Montossi, 2013; Barbera y Benítez, 2016), otra variable importante es la liberación de ácido cianhídrico (HCN), que puede ser tóxica para el ganado. El sorgo contiene un glucósido cianogénico llamado durrina. Esta se descompone en HCN mediante hidrólisis enzimática, liberándose de los tejidos vegetales y formándose un compuesto tóxico para los animales (Bretschneider et al., 2008; Panter, 2018). La concentración de durrina varía según el cultivar, la edad de la planta, y las condiciones ambientales (Shelby et al., 2022). El umbral de toxicidad del HCN en bovinos es de 2-2,3 mg/kg de peso vivo, y la concentración tóxica en plantas varía entre 25 y 200 ppm, según diferentes autores (European Parliament and Council, 2002; Bavera, 2009; Giantin et al., 2024).

Entre los sorgos destinados a la alimentación animal, los azucarados presentan un mayor riesgo de toxicidad debido a su mayor contenido de durrina en comparación con los tipos sudan, comúnmente usados para pastoreo directo (Correa Urquiza, 2001). Esto hace que el manejo del pastoreo sea clave para evitar intoxicaciones por HCN. Por ejemplo, el ingreso en azucarados debe retrasarse hasta que las plantas alcancen una altura mayor a 100 cm, mientras que para los tipos sudaneses es seguro iniciar cuando las plantas tienen entre 50 y 60 cm de altura (Gallarino, 2008; Kent, 2019).

En síntesis, la altura de la planta y la concentración de durrina son factores clave tanto para la producción de forraje como para la seguridad en la alimentación animal. La implementación de metodologías combinadas, que incluyan tanto la teledetección como la evaluación en campo, es fundamental para optimizar el manejo del sorgo forrajero y minimizar los riesgos de intoxicación en el ganado.

#### OBJETIVO GENERAL

Se plantea como objetivo general en este estudio, determinar la altura de planta en *Sorghum bicolor* (L.) que permita obtener una mayor producción de forraje sin riesgo de intoxicación por ácido cianhídrico.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Establecer una correlación General entre la altura y la producción de materia seca en *Sorghum bicolor* (L.), sin considerar la variación del NDVI por zonas.

Determinar la correlación entre la producción de materia seca y la altura en *Sorghum bicolor* (L.), diferenciando por zonas según el NDVI.

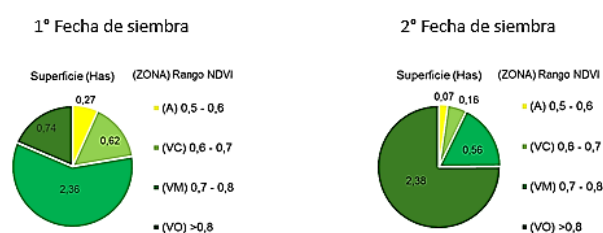
Usar la técnica de Guignard para definir el riesgo de intoxicación por HCN a diferentes alturas en sorgo forrajero azucarado.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Para el ensayo, se utilizaron semillas donadas de *Sorghum bicolor* (L.) de la campaña 2019, específicamente el híbrido de sorgo azucarado “Silage King”, conocido por su alta producción de forraje y contenido de azúcares apto para ensilaje (CORTEVA, 2023). El estudio se realizó en el lote 14-2 (9,06 ha) del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC), ubicado en Camino a Capilla de los Remedios Km 15,5 (31°28'49,42" S y 64°00'36,04" O).

La siembra se realizó en dos fechas: 17/11/2023 (1° FS) y 01/12/2023 (2° FS), con densidades de 321300 y 418200 plantas por hectárea, respectivamente. La producción de forraje se determinó utilizando la plataforma Auravant, y la zonificación se generó

mediante NDVI, clasificando las imágenes en cuatro zonas: amarillo (A), verde claro (VC), verde medio (VM) y verde oscuro (VO) (fig. 1).



**Figura 1.** Superficie de cada zona en función del rango de NDVI por fecha de siembra.

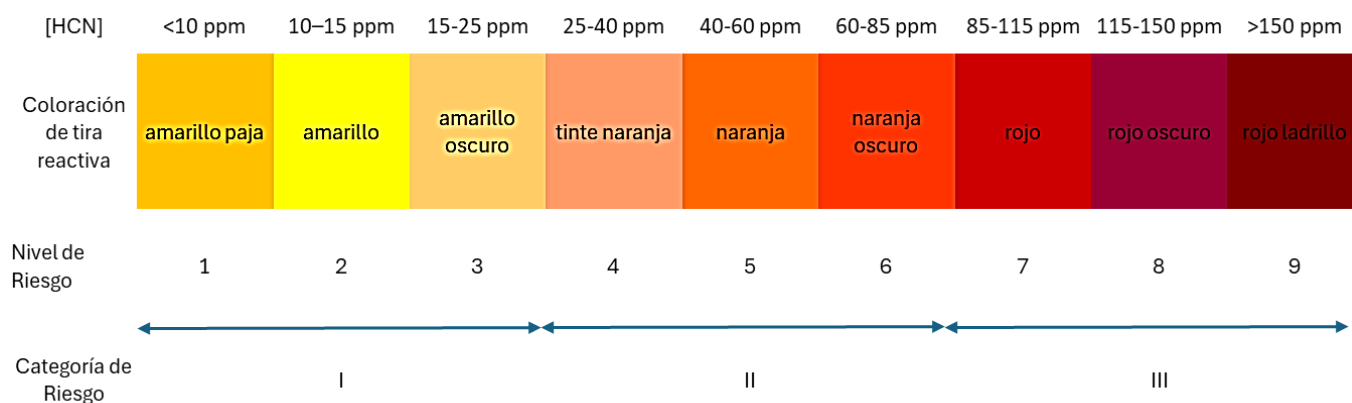
Las muestras de forraje fresco de 1 m<sup>2</sup> se recolectaron geolocalizadas según la metodología de Kent (2019), 49 días después de la siembra (DDS) para la 1° FS y 47 DDS para la 2° FS.

En laboratorio, se midió el peso fresco y la altura de las plantas, luego se secaron en cámara a 60 °C hasta peso

constante. Se registró el peso seco para calcular el rendimiento de materia seca por hectárea ( $\text{kgMS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Se evaluó la liberación de HCN en la planta entera (PE) en 4 fechas correspondientes a 32, 40, 47 y 55 DDS que se correspondieron con 4 alturas definidas como la altura promedio del lote: 64 cm, 84 cm, 140 cm en cada DDS respectivamente. Las plantas cortadas se

trasladaron al laboratorio en heladera portátil para evaluar la liberación de HCN utilizando tiras de papel picrosódico y la escala colorimétrica según la técnica de Guignard (Aristizábal y Sánchez, 2007; Bavera, 2009), considerando las modificaciones propuestas Gianuzzi (2018) en las últimas tres alturas (fig. 2).



**Figura 2.** Reacción colorimétrica de las tiras reactivas en función del contenido de HCN, nivel y categoría de riesgo. Adaptado de Bavera, 2009. [HCN]: Concentración de ácido cianhídrico; ppm: parte por millón

La coloración de las tiras se evaluó visualmente y se asoció con concentraciones de HCN, categorizadas en tres niveles de riesgo: sin riesgo (I), riesgo moderado (II) y alto riesgo (III) (Bavera, 2009). Además, se analizaron los resultados de forma binaria, partiendo del nivel de riesgo 4 como punto de inflexión, donde por debajo de este, no existe riesgo de intoxicación (NO RIESGO) y por encima, hay riesgo (RIESGO).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se expresa las diferentes zonas comparando las variables altura y producción en cada FS mediante el análisis estadístico. Además, se le asignó en nivel de relación con  $R^2$  y su correspondiente función lineal para la estimación de la producción de forraje (y) a partir de la altura de la planta (x).

Las comparaciones de las alturas y producciones de materia seca entre zonas se realizaron mediante ANOVA, y las diferencias se evaluaron con la prueba DGC al 5 % de significancia. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software Infostat® (Di Rienzo et al., 2020) y las regresiones entre altura y producción de materia seca con Excel, Microsoft Office 365®.

**Tabla 1.** Valores medios en cada fecha de siembra para las variables altura, producción por zona, valor R<sup>2</sup> y función de la regresión.

ZONA (Rango de NDVI)	1° FS				2° FS			
	Altura (cm)	Producción (kg MS ha <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	Función	Altura (cm)	Producción (kg MS ha <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	Función
A	44,40 ± 1,96 a	990 ± 171,32 a	0,46	y = 59,197x - 1638,3	41 ± 3,32 a	784 ± 345,41 a	0,88	y = 38,773x - 806,68
VC	50 ± 4,4,47 a	1620 ± 304,8 a	0,94	y = 66,25x - 1692,5	56 ± 8,72 a	1426 ± 345,41 a	0,94	Y = 49,783x - 1361,8
VM	65 ± 4,18 b	2560 ± 323,81 b	0,66	y = 62,857x - 1525,7	106 ± 6,40 b	3654 ± 345,41 b	0,6	y = 48,146x - 1449,5
VO	88 ± 6,83 c	3590 ± 317,57 c	0,46	y = 32,557x + 725	125 ± 2,74 c	4244 ± 345,41 b	0,07	y = 30,667x + 410,67
<b>General</b>	<b>61,85 ± 4,41</b>	<b>2190 ± 260,91</b>	<b>0,87</b>	<b>y = 55,276x - 1228,8</b>	<b>82,00 ± 8,37</b>	<b>2527,00 ± 369,52</b>	<b>0,93</b>	<b>y = 42,566x - 963,45</b>

Valor medio ± error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre zonas ( $p < 0,05$ ).

La altura al momento del muestreo para determinar la producción de materia seca, se encontró dentro del rango propuesto por Carámbula (2007) y Kent (2019) para el inicio del pastoreo en sorgos sudaneses en la 1° FS. A su vez, en la 2° FS, superó los 75 cm como límite máximo propuesto por Carámbula (2007). Sin embargo, esta altura fue inferior en ambas FS a lo propuesto por Gallarino (2008) para sorgos azucarados.

En cuanto a la producción de materia seca, los valores al momento del muestreo en ambas FS fueron superiores al material F1200 según lo publicado por Barbera y Benítez (2016), a excepción de la campaña 2014/2015 donde la diferencia fue por las precipitaciones ocurridas. Sin embargo, la producción en ambas FS fue inferior a lo publicado por Rovira y Echeverría (2013) en sorgo sudangrass y BMR. Esta diferencia podría estar relacionada con la altura de entrada al pastoreo.

Se observó que a medida que el rango de NDVI es mayor (A/VC<VM<VO), aumentó la altura de la planta y por lo tanto el grado de encañazón en el cultivo. Según Montossi et al. (2013); Rovira y Echeverría (2013) y Barbera y Benítez (2016), esto podría llevar a una disminución del valor nutritivo del forraje e incremento en la concentración de materia seca por centímetro de incremento en la altura de las plantas.

Con relación al valor de R<sup>2</sup> de cada zona, se observó una discordancia entre las variables. En la tabla 1, se resaltaron en verde las ecuaciones factibles de utilizar para predecir el rendimiento en función de la altura debido a que los valores de R<sup>2</sup> cercanos a 1, representan un ajuste perfecto y, por lo tanto, un modelo muy confiable para predicciones futuras

(James et al., 2013; Noste, 2013). Se podría decir que la variabilidad dentro de las zonas fue alta, a excepción de VC, la cual tuvo un R<sup>2</sup> de 0,94 en ambas FS. Sin embargo, se puede afirmar que el muestreo por zonificación le atribuyó un valor óptimo a la zona General, por lo tanto, se remarcó a la ecuación resultante como la más acertada para estimar la mayor producción de materia seca.

Por otra parte, se presentan en la tabla 2, las lecturas observadas con la técnica de Guignard para cada muestra, en las diferentes alturas estudiadas. Además, se encuentran los datos según categorías I, II y III usadas para la interpretación técnica de los resultados, y las categorías “no riesgo” y “riesgo” usadas en el análisis.

**Tabla 2.** Análisis colorimétrico de cada muestra evaluada con la Técnica de Guignard y la categoría asignada para llevar a cabo la interpretación técnica.

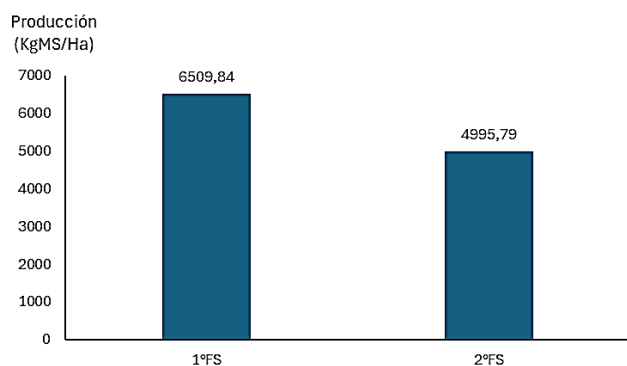
Altura (m)	Repetición	Color	Categoría	Variable binaria
0,64	1	Naranja oscuro	II	RIESGO
	2	Rojo oscuro	III	RIESGO
	3	Rojo oscuro	III	RIESGO
	4	Rojo oscuro	III	RIESGO
0,84	1	Naranja	II	RIESGO
	2	Rojo oscuro	III	RIESGO
	3	Tinte naranja	II	RIESGO
	4	Tinte naranja	II	RIESGO
1,4	1	Amarillo oscuro	I	NO RIESGO
	2	Amarillo oscuro	I	NO RIESGO
	3	Amarillo paja	I	NO RIESGO
	4	Amarillo	I	NO RIESGO

Al examinar el comportamiento de las categorías I, II y III en las diferentes muestras, a los 64 cm, la recomendación técnica sería de no pastorear debido al alto riesgo de intoxicación con HCN. Entre los colores registrados, el 75% corresponde a categoría III para PE, vinculados a valores de concentraciones entre 85 y 150 ppm.

A los 84 cm de altura, los datos permiten observar una tendencia a disminuir la liberación de HCN ya que las tiras reactivas viraron hacia colores más atenuados. Sin embargo, la recomendación técnica para el manejo del pastoreo sería no ingresar los animales ya que el riesgo de intoxicación con HCN fue alto, en concordancia con Bavera (2009). En esta situación, se presentó en un 75% de las lecturas en la categoría II.

A los 140 cm de altura, los resultados obtenidos en laboratorio indicarían que el inicio del pastoreo del sorgo es seguro, ya que el riesgo de intoxicación con HCN disminuyó considerablemente. El 100% de las lecturas en PE están en la categoría I, asociada a concentraciones de HCN entre 0 y 25 ppm, que no se consideran peligrosas para el ganado por que señalan ausencia o muy baja de liberación de HCN (Bavera, 2009).

En virtud de los resultados de liberación de HCN y su interpretación técnica, en la fig. 3, se presenta la producción de materia seca estimada a partir de la función general obtenida en cada FS (tabla 1), para una altura promedio de 140 cm por ser una situación de muy baja probabilidad de riesgo (tabla 2) de intoxicación para los animales que consumen el forraje.



**Figura. 3.** Producción de forraje en KgMS.Ha-1 a los 140 cm de altura para las 2 FS.

La altura de 140 cm coincide con lo propuesto por Gallarino (2008) para iniciar el pastoreo en sorgos azucarados, pero debería evaluarse las pérdidas de forraje ya que, según lo reportado por Carámbula (2007), por encima de los 75 cm hay mayor desarrollo de tallos lo que provoca una menor eficiencia de aprovechamiento.

## CONCLUSIONES

La altura que representaría la mayor producción de materia seca para inicio del pastoreo con ausencia de riesgo de intoxicación es de 140 cm.

Mediante el análisis estadístico, se demostró que la correlación entre las variables altura y producción de materia seca en *Sorghum bicolor* (L.) de la zona General para las dos FS fue aceptable, con un alto valor de R2. Por lo tanto, las funciones obtenidas facilitaron la estimación de la producción de forraje de este material bajo las condiciones ambientales ocurridas durante el ensayo.

Sin embargo, si se desea generar una zonificación por rango de NDVI en el lote, la función para la zona VC es la única que se aceptó para ambas FS, debido a que el R2 fue el más cercano a 1. Se observó que, en las dos FS, al analizar zonas de mayor rendimiento, el R2 tiende a disminuir. Una solución a ello podría ser aumentar el tamaño muestral (n) junto al análisis de la influencia de otras variables (edáficas, nutricionales y ambientales) para alcanzar mayores valores de correlación.

A partir de 64 cm fue menor la liberación de HCN. Esta descripción cualitativa facilitaría la toma de decisiones con respecto al inicio del pastoreo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aristizábal, J. y Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) Boletín de servicios agrícolas de la FAO 163: 61-108. <https://www.fao.org/4/a1028s/a1028s.pdf>
- Bavera, G. (2009). Reacción de Guignard (para ácido cianhídrico). Cursos Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. [https://produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/intoxicaciones/94-guignard.pdf](https://produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/intoxicaciones/94-guignard.pdf)
- Barbera, Z. P., y Benítez, T. A. J. (octubre de 2016). Sorgo forrajero para pastoreo. Serie técnica, (43). Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/maiz\\_sorgo/42-sorgo\\_pastoreo.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/42-sorgo_pastoreo.pdf)
- Berretta Constenla, S. A. (2022). Uso de la teledetección para la estimación de la PPNA y EUR en campos naturales sobre suelos de basalto con Landsat-8 y Sentinel-2. [Tesis de grado, Facultad de Agronomía, Universidad de la República (Uruguay)]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/41965>
- Bretschneider, G., Mattered, J., & Salado, E. (2008). Intoxicación del ganado con ácido cianhídrico. EEA

- INTA Rafaela, Santa Fe, Argentina. [www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/intoxicaciones/106-cianhidrico.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/intoxicaciones/106-cianhidrico.pdf)
- Carámbula M., (2007). Verdeos de verano. Editorial hemisferio sur. 226 p. Montevideo
- Correa Urquiza, A. (2001). El sorgo forrajero en producción animal. CREAs Zona Oeste, Gacetilla Informativa N° 166. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/maiz\\_sorgo/39-sorgo\\_forrajero\\_en\\_produccion\\_animal.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/39-sorgo_forrajero_en_produccion_animal.pdf)
- Corteva. (2023). Ficha técnica sorgo Silage King. <https://www.corteva.uy/productos-y-soluciones/semillas/silage-king.html>
- De la casa, A. C. (2011). Monitoreo de cultivos de maíz y estimación de rendimiento a nivel de lote con datos de aqua-modis en Córdoba, Argentina. [Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Agropecuarias UNC]. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1627/de%20la%20Casa%2c%20Antonio%20C.%20-%20Monitoreo%20de%20cultivos%20de%20ma%2c%20adz%20y%20estimaci%2c%20b3n%20de%20rendimiento%20a%20nivel%20de%20lote%20con%20datos%20de....pdf?sequence=19&isAllowed=y>
- De la Orden, E., Quiroga, A., Ribera Justiniano, D., y Morláns, M. (2005). Efecto del sobrepastoreo en un pastizal de altura. Cumbres de Humaya. Catamarca. Argentina. Ecosistemas, 15(3). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/498>
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C.W. InfoStat versión (2020). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <https://www.infostat.com.ar/>
- European Parliament and Council (2002). European Commission Directive N° 32/2002 on undesirable substances in animal feed. Off. J. Eur. Union L 2002, 140, 10–22. <http://data.europa.eu/eli/dir/2002/32/oj>
- Gallarino, H. (2008). Manejo de sorgos forrajeros, su aprovechamiento. Marca Líquida Agropecuaria. 18(180):52-54. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/maiz\\_sorgo/113-sorgos.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/113-sorgos.pdf)
- Giantin, S.; Franzin, A.; Brusa, F.; Montemurro, V.; Bozzetta, E.; Caprai, E.; Fedrizzi, G.; Girolami, F.; Nebbia, C. (2024). Overview of Cyanide Poisoning in Cattle from Sorghum halepense and S. bicolor Cultivars in Northwest Italy. Animals 14:743. <https://doi.org/10.3390/ani1405074>
- Giannuzzi, L. (2018). Toxicología general y aplicada (pp. 203). Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata, Editorial de la Universidad de La Plata.
- Giorda, L. M. (2018). Variedades e híbridos forrajeros en sorgo. Engormix. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/variedades-hibridos-forrajeros-sorgo-t42668.htm>
- Giorda, L.M. y Ortiz, D. 2012. Sorgo para la sustentabilidad y producción animal del NEA. Estrategias para una mayor productividad. “1ra Jornada de Silaje del NEA”. EEA. INTA Colorado-Formosa, 17 de abril 2012.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., y Tibshirani, R. (2013b). An Introduction to Statistical Learning. Springer texts in statistics. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7>
- Kent, F. (2019). Sorgos. Ediciones INTA Anguil. [https://repositorio.inta.gov.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/6097/INTA\\_CRLaPampaSanLuis\\_EEAanguil\\_Kent\\_F\\_Sorgos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gov.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/6097/INTA_CRLaPampaSanLuis_EEAanguil_Kent_F_Sorgos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Kimber, C.T., Dahlberg, J.A., y Kresovich, S. (2013). The Gene Pool of Sorghum bicolor and Its Improvement. In: Paterson, A. (eds) Genomics of the Saccharinae. Plant Genetics and Genomics: Crops and Models, vol 11. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5947-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5947-8_2)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2023). Estimaciones Agrícolas. <https://datosestimaciones.magyp.gov.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- Montossi, F., De Barbieri, I., y Dighiero, A. (2013). El uso de la altura del forraje: una herramienta disponible para el manejo eficiente de sistemas pastoriles orientados a la producción ovina. Tecnologías de engorde de corderos pasados sobre pasturas cultivadas en Uruguay. Montevideo: INIA, 159-182. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7645/1/st-206-2013.-p.159-182.pdf>
- Müller-Schwarze, D. (2009). Hands-on chemical ecology: Simple field and laboratory exercises. Springer Science & Business Media. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0378-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0378-5_12)
- Noste, M. E. S. (2013). Apunte de regresión lineal. Buenos Aires. [https://www.academia.edu/download/45788005/apunte\\_regresion\\_lineal\\_szretter\\_2.pdf](https://www.academia.edu/download/45788005/apunte_regresion_lineal_szretter_2.pdf)

- Ovando, G. G. (2019). Estimación del rendimiento de soja empleando información satelital y modelos de simulación de cultivos. [Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Agropecuarias UNC]. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/12851/Ovando%2c%20Gustavo%20G.%20-%20Estimaci%3bn%20del%20rendimiento%20de%20soja%20empleando%20informaci%3bn%20satelital%20y%20modelos%20de%20simulaci%3bn%20de%20cultivos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Panther, K. E. (2018). Cyanogenic glycoside-containing plants. In R. C. Gupta (Ed.), *Veterinary toxicology: Basic and clinical principles* (2nd ed., pp. 936-947). Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-811410-0.00064-7>
- Romero, L., Gaggiotti, M. y Comerón E. (2001). Sorgo forrajero azucarado para silaje: efecto de la distancia entre surcos y la densidad de siembra. 24° Congreso Argentino de Producción Animal.
- Rosetti, L. y Villar, J (2017). Comportamiento de cultivares de sorgo granífero en el centro-oeste santafesino. Campaña 2016/2017. [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9575/INTA\\_CRSantaFe\\_EEARafaela\\_Informacion\\_tecnica\\_Cultivos\\_Verano\\_2017-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9575/INTA_CRSantaFe_EEARafaela_Informacion_tecnica_Cultivos_Verano_2017-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W. y Harlan, J. C. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Texas: Texas A&M University, 1973. (Type III final rep. NASA/ GSFC). <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19730017588/downloads/19730017588.pdf>
- Rovira, P., y Echeverría, J. (2013). Desempeño productivo de novillos pastoreando sudangras o sorgo forrajero nervadura marrón (BMR) durante el verano. *Revista veterinaria*, 24(2), 91-96. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/620/538>
- Shelby M. Gruss, Keith D. Johnson, Manoj Ghaste, Joshua R. Widhalm, Sandy K. Johnson, et al. (2022). Dhurrin stability and hydrogen cyanide release in dried sorghum samples. *Science Direct*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429022003355#:~:text=Dhurrin%20was%20stable%20in%20dry,when%20treated%20with%20rumen%20fluid.>
- Yupanqui, M., (2022). Evaluación del plato medidor de pasto EC20 como alternativa al método directo para la estimación del rendimiento en pasturas asociadas en la sierra central [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/19480>