

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



Trabajo Final de Carrera

“Evaluación de distintos híbridos de Sorgo bicolor, con y sin taninos condensados.”

Modalidad: Trabajo de investigación

Alumno: Pisoni Federico

Nº de Legajo: 25453/3

DNI: 29407584

Dirección de correo electrónico: federicopisoni@gmail.com

Teléfono: 02474-15466233

Director: Dra. Ing Agr. Silvina Golik

Co - Director: Dr. Ing Agr. José Martín Jáuregui

Fecha de entrega:

*INFORME DE TRABAJO FINAL DE CARRERA PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO
DE INGENIERO AGRÓNOMO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA.*

ÍNDICE.

	Página
I. Agradecimientos	4
II. Resumen	5
III. Introducción	6
IV. Hipótesis	20
V. Objetivo	20
VI. Materiales y métodos	21
VII. Resultados	27
VIII. Discusión	37
IX. Conclusiones	39
X. Bibliografía	40
XI. Anexos	43

AGRADECIMIENTOS

Haber llegado al final de esta etapa es un logro que quiero compartir especialmente con mi familia y amigos.

Agradecer profundamente a mis padres, quienes siempre me apoyaron permitiendo encontrar mi vocación.

Además de una profesión, he adquirido valores y amistades que me acompañaran por el resto de mi vida.

Agradezco al gran equipo formado por mi directora, Dra. Silvina Golik, Co-Director, José Jáuregui y Tutor, Ing. Agr. Federico Pintos, con quienes desde 2019 empezamos a trabajar en este proyecto que es hoy mi Trabajo Final de Grado., con mucha paciencia y predisposición para resolver mis dudas e inquietudes, y con mucha templanza para acompañarme en todo momento.

Por último, agradecer a la empresa Tobin Semillas de Salto, por permitirnos emplear sus materiales en este trabajo.

Resumen

El factor limitante para la producción de cultivos agrícolas en las regiones semiáridas es el agua. En este sentido, el sorgo ha de ser un cultivo estratégico para las regiones con limitantes edafoclimáticas, ya que, requiere un mínimo de precipitaciones de 250 mm para producir grano y de 350 mm para generar buenos rendimientos. Dado que gran parte de la región cultivable en Argentina presenta clima semiárido, resulta estratégico evaluar el comportamiento de distintas variedades de sorgo cultivadas en distintas condiciones edáficas y climáticas. El objetivo de este trabajo fue comparar la producción de grano en híbridos comerciales y experimentales de sorgo con y sin taninos condensados en dos localidades con características edafoclimáticas contrastantes. Para ello se sembraron dos ensayos con 15 híbridos con taninos (CT) y 15 sin taninos (ST) en las localidades de Manfredi (Córdoba) y Salto (Buenos Aires). El diseño empleado fue en bloques al azar con 3 repeticiones. Los resultados de rendimiento de grano muestran que hubo interacción entre la presencia de taninos y la localidad. El menor rendimiento de grano se dio en la localidad de Manfredi con los híbridos ST (4190 kg ha^{-1}) y no se encontró diferencias en las otras combinaciones, cuyo promedio rondó los 6000 kg ha^{-1} . Esto indicaría que los híbridos CT tienen mayor estabilidad en su rendimiento de grano respecto a los ST. Al analizar en forma individual los sorgos CT las diferencias más importantes fueron atribuidas al sitio, en este sentido, en Salto se dio mayor rinde (6898 kg ha^{-1}) que en Manfredi (6143 kg ha^{-1}); pero también se dieron diferencias entre híbridos cuyo valor máximo fue 7795 kg ha^{-1} y mínimo 5161 kg ha^{-1} . Asimismo, dentro del grupo de híbridos CT se encontró interacción entre híbrido x sitio, lo cual permite elegir el híbrido CT más adecuado para cada localidad. En el caso del grupo de los sorgos ST el mayor impacto también estuvo dado por el sitio, nuevamente en Salto se dio mayor rinde respecto a Manfredi (6724 y 4190 kg ha^{-1} , respectivamente) e incluso esta diferencia fue más acentuada a lo encontrado con los sorgos CT. Dentro del grupo de los ST también hubo interacción híbrido x sitio. Los resultados de este trabajo han visibilizado cuales serían los híbridos con mejor comportamiento para cada sitio y a aquellos que tendrían potencialmente mayor estabilidad entre sitios. Esto brinda, entre otras cosas, una herramienta clave tanto a productores como técnicos a la hora de la toma de decisiones.

1. **INTRODUCCIÓN**

1.1. **Historia**

El origen del cultivo sorgo (*Sorghum bicolor* L.) se remonta en África, particularmente en Etiopía, Sudán y la región este de África (Doggett, 1965). Semillas de sorgo fueron encontradas en excavaciones arqueológicas que datan de hace 6,000 años (Kimber, 2000). Posiblemente el sorgo llegó a América Latina en el siglo XVI. Se introdujo desde el sudeste de Asia o la India, por tratantes de esclavos que provenían de África occidental o por navegantes que comercializaban entre Europa y América Latina. El cultivo fue adaptado a los sistemas de producción del sur de los Estados Unidos, El Caribe y Centro América. En Argentina, a partir de la década del 30 se iniciaron los primeros trabajos de mejoramiento en sorgo Sudán. A mediados de la década del 40 comenzaron ensayos en sorgo con el fin de estudiar la adaptación de especies indígenas y exóticas, entre ellos el sorgo Sudán y Kafir. Luego en la década del 50 se generó el programa de mejoramiento genético para la selección de sorgo negro. En décadas posteriores, el INTA comenzó a comercializar los llamados sorgos azucarados y los primeros híbridos de sorgo (Giorda, 1997).

1.2. **Panorama mundial y regional de siembra de sorgo**

El Sorgo es el quinto cereal más importante del mundo detrás del maíz, el trigo, el arroz y la cebada aportando el 3% de la producción total. Se estima que, del total del área sembrada a nivel mundial, más del 80% se encuentra en países en desarrollo.

Los mayores productores de sorgo son los Estados Unidos, India, Argentina, China, México, Nigeria y Sudán. Estos países utilizan al sorgo principalmente para la alimentación humana y animal. Se pueden distinguir dos grandes sistemas de producción y utilización. En el mundo desarrollado y en partes de América Latina y el Caribe

predomina la producción intensiva, objeto de comercialización, destinada principalmente a la alimentación del ganado. Este modelo, es altamente dependiente de semillas híbridas, fertilizantes, riego y los rendimientos oscilan entre las 3 y las 5 toneladas por hectárea. Estos sistemas de producción comercializada abarcan menos del 15 % de la superficie mundial de sorgo, pero de ellos procede más del 40 % de la producción total. Existe un modelo contrastante al anterior, predominante en la mayor parte del mundo en desarrollo donde el sorgo se cultiva principalmente para la alimentación humana. El uso de fertilizantes es escaso y el riego limitado. Por ello, el rendimiento medio oscila en muchas zonas entre 0,5 y 1,0 toneladas por hectárea (<http://www.fao.org/docrep/w1808s/w1808s01.htm>). Alrededor del 60% del volumen de la producción mundial se concentra en países subdesarrollados y se destina principalmente al autoabastecimiento de mercados domésticos de alimentación humana, sin generar saldos exportables significativos. En última instancia ambos modelos dan una estructura de mercado con determinadas características, entre ellas se destacan: a) un reducido volumen de comercio internacional del orden de las 6,1 millones de toneladas, que representa el 10% de la producción mundial; b) el formador de precios a nivel internacional es Estados Unidos, principal exportador mundial (3.877.520 t), seguido por Argentina (1.660.212 t); c) la demanda de la industria de alimentos balanceados para la producción de proteína animal determina los flujos de comercio internacional (Barberis y Sánchez, 2013).

En efecto, en la Figura 1 puede verse un desglose de los 14 países con mayor área sembrada a nivel mundial, donde Estados Unidos es el único país considerado desarrollado de la lista. Argentina se ubica en el 13° puesto a nivel mundial, lo cual indica la importancia estratégica que presenta este cultivo en los sistemas productivos nacionales.

En el año 2016, el rendimiento global de este cultivo fue de 14,1 qq/ha (Figura 2) mientras que el rendimiento promedio en Argentina se ubicó en torno a las 50,1 qq/ha con un total estimado de 673.550 hectáreas (FAOSTAT, 2020) (Figura 3).

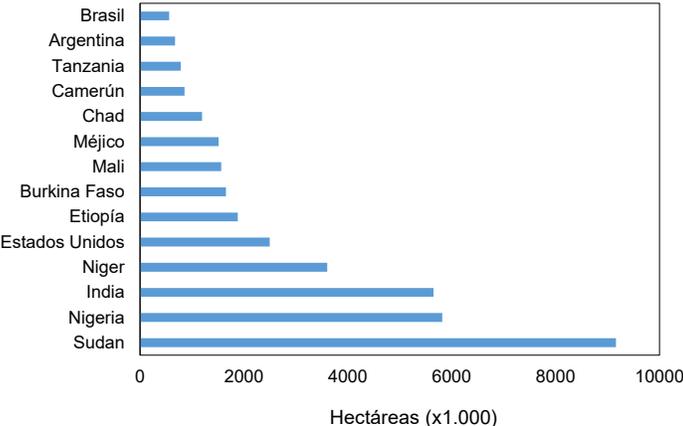


Figura 1: Superficie cultivada con sorgo por países.

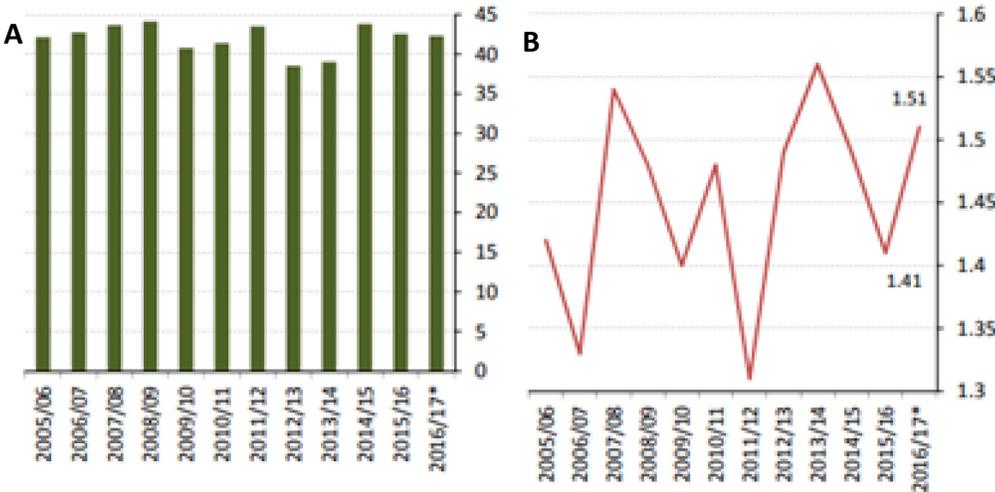


Figura 2: Producción mundial de sorgo, 2005/06- 2016/17, **A** Superficie cosechada (millones de hectáreas). **B** Rendimiento en Grano promedio (t ha-1). Fuente: modificado de USDA.

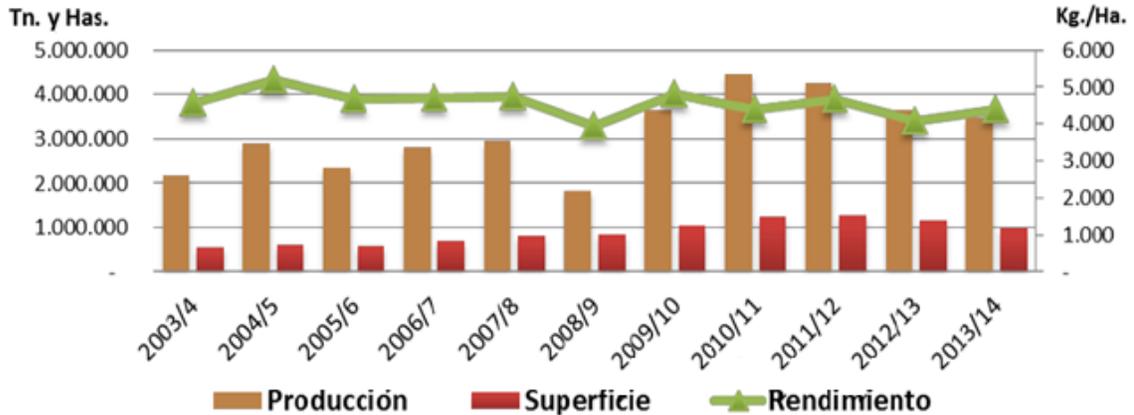


Figura 3: Superficie y producción de sorgo en Argentina (Bolsa de Cereales Buenos Aires, 2017).

La demanda mundial de sorgo se ve impulsada por la expansión del tamaño del mercado agroalimentario producto de un sostenido crecimiento de la economía mundial y de las dinámicas demográficas de los países en desarrollo, procesos de urbanización en China e India, aumento del ingreso per cápita y la modificación en los patrones de consumo alimentario que esto conlleva (Colazo et al, 2012).

Argentina produce sorgo en diferentes provincias: Córdoba, Santa Fe, Chaco, Buenos Aires, Entre Ríos, Santiago del Estero, La Pampa, San Luis y Tucumán. Los mayores rendimientos en grano (kg ha^{-1}) se generan en Córdoba (5.550 kg ha^{-1}), los menores en La Pampa (2.209 kg ha^{-1}) siendo el rendimiento medio del país de 4.085 kg ha^{-1} (Tabla 1) (MinAgri, 2011).

Tabla 1: Superficie sembrada (ha), producción (t) y rendimiento (Kg ha⁻¹) de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por provincia y el total país para la campaña 2012/13.

Fuente:MinAgri,2011.

Provincia	Campaña	Sembrado (ha)	Producción (tn)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Córdoba.	2012/13	262.300	1.046.760	5.550
Santa Fé.	2012/13	186.700	724.140	4.764
Chaco.	2012/13	171.650	250.070	2.271
Buenos Aires.	2012/13	143.790	475.937	4.429
Entre Ríos.	2012/13	136.500	633.650	4.867
Santiago del Estero.	2012/13	133.925	287.890	2.298
La Pampa.	2012/13	85.900	109.100	2.209
San Luis.	2012/13	33.548	102.210	4.094
Tucumán.	2012/13	3.650	6.080	3.071
TOTAL DEL PAIS.	2012/13	1.157.963	3.635.837	4.085

En general la siembra de sorgo se ha desplazado a zonas marginales, en aquéllas en las que no se puede sembrar maíz, ya sea por el ambiente agroclimático o por cuestiones político-económicas y, en menor medida, para realizar rotaciones de cultivo entre gramíneas y oleaginosas como soja o girasol, siendo un excelente antecesor para ambas dicotiledóneas.

Si bien la superficie implantada (ha) de sorgo decrece año a año y, por ende, la producción (t), ésta es amortiguada en gran medida por el mejoramiento genético que ha incrementado el rendimiento de sorgo a razón de 66,262 kg ha⁻¹ campaña⁻¹ y, consecuentemente, una mayor productividad por hectárea beneficiando así al productor de sorgo.

1.2.1. Superficie de sorgo forrajero en Argentina

La superficie de sorgos forrajeros y sileros se estima entre un 60-70% más de la superficie de sorgo granífero. Los datos son estimados en base a la información del número de hectáreas del recurso que fueron destinadas a picado (cedidas por la Cámara de Picadores), los rótulos emitidos por INASE (estos sorgos pueden comercializarse identificados) y el volumen de bolsas estimado vendido por empresas.

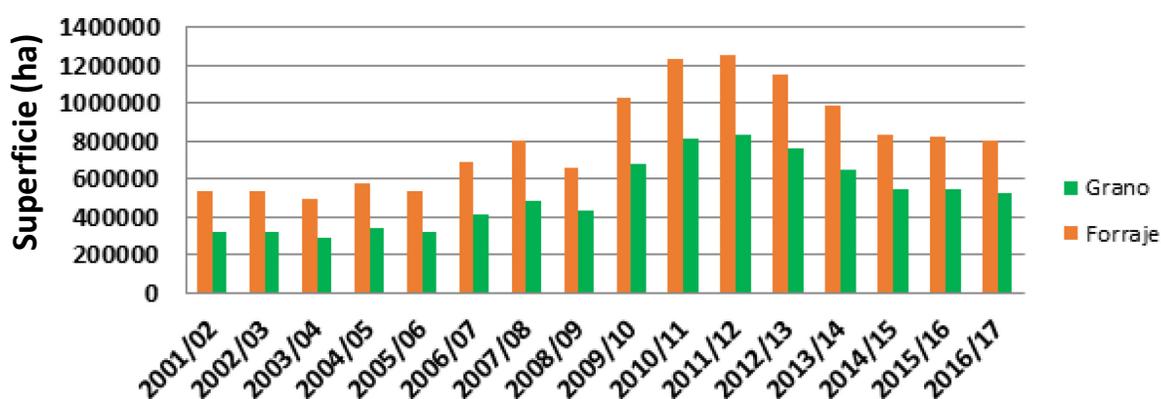


Figura 4: Superficie en hectáreas cultivadas de sorgo destinado a grano (barra verde) y a forraje (barra naranja) en Argentina, campaña 2001 a 2017.

1.3. Principales características del cultivo

Sorghum bicolor es una especie anual que pertenece a la familia de las Gramíneas, subfamilia Panicoideas, tribu Andropógoneas- Los progenitores de variedades actualmente cultivadas, pueden ser uno o más tipos herbáceos silvestres del género *Sorghum* u otros extinguidos (Martín, 1975). También pueden ser de origen de *S. verticilliflorum*, *S. arundinaceum*, *S. aethiopicum* (tienen 10 pares de cromosomas). Los primeros cultivadores seleccionaron las plantas por su utilización; en el caso del sorgo de grano, se buscó la cantidad y calidad de sus granos, tamaño y fácil separación de la gluma (Martín, 1975).

El tallo es erecto con 5 a 30 mm de diámetro y de 7 a 24 nudos (Wall y Ross, 1970). Puede presentar macollamiento dependiendo de la variedad. La altura de la planta puede variar de 0,4 m a 4 m, dependiendo del número de nudos que es igual al número de hojas producidas y está en función del período que haya hasta que la planta alcance el estado de madurez. La altura también depende de las longitudes del entrenudo, el pedúnculo y la panícula, factores controlados genéticamente por separado (Doggett, 1985).

El número de hojas/planta varía de 7 a 24 según la variedad y la longitud del período de crecimiento. Las hojas son erectas hasta casi horizontales y se encorvan con la edad. Las hojas lanceoladas o linear lanceoladas con una superficie superior lisa y cerosa, a la madurez alcanzan una longitud de 30 a 135 cm y 1,5 a 15 cm de ancho. Su disposición en el tallo es alterna. Los márgenes de las láminas son ásperos o lisos y pueden ser pubescentes hacia la punta.

El sistema radicular es adventicio y fibroso y se desarrolla de los nudos más bajos del tallo. Las raíces pueden explorar de 1 a 1,3 m el perfil del suelo, pero la mayor densidad de raíces (80%) se encuentra en los primeros 30 cm (Maiti, 1986). Las raíces de soporte pueden crecer de primordios radicales, pero no son efectivas en la absorción de agua y nutrientes (House, 1985). Los sorgos cultivados no son rizomatosos (los rizomas suelen encontrarse en sub-especies como la halepense (Doggett, 1985).

El sorgo es una planta hermafrodita, ya que presenta los órganos masculinos y femeninos en la misma flor y es considerada como una planta predominantemente autógena, ya que solo presenta una tasa de polinización cruzada natural del 5% aproximadamente (Purseglove, 1972). Las inflorescencias de la planta de sorgo varían de una panícula compacta a una panícula abierta (Poehlman, 2005). Las espiguillas (figura 1.2.2.d) se encuentran en pares, una es sésil, bisexual y fértil; y la otra estéril con flores estaminadas

y sostenida por un pedicelo corto, salvo por la espiguilla terminal que nace en una rama y va acompañada de dos espiguillas pediceladas.

El fruto del sorgo es una cariósida también llamada grano; los granos son de forma esférica con el embrión en la base; su color puede ser rojo, café, café rojizo, café oscuro, blanco, blanco amarillento, amarillo, naranja, crema y negro. El endosperma es usualmente blanco, algunas veces amarillo. El grano consta de tres partes: pericarpio (3 capa externas), con o sin o testa, el endosperma (tejido de almacenamiento 84%) y embrión (germen 10%).

Este cultivo posee algunas características que confieren cierta resistencia a la deshidratación, su sistema radicular es muy extenso, tiene un ritmo de transpiración eficaz y características foliares de las xerófilas, que ayudan a retardar la pérdida de agua de la planta. Se adapta bien a regiones cálidas subhúmedas y semiáridas, con temperaturas medias mayores a los 20° C y con una estación sin heladas de 125 días o más. Suelos tolera salinidad, alcalinidad y drenaje deficiente y requiere pH en el orden de los 5.5 y 8.5.

Los granos de sorgo tienen un nivel proteico más alto que el del arroz, trigo y cebada. Sin embargo, con el desarrollo de variedades mejoradas e híbridos, el grano ha aumentado su tamaño y el contenido amiláceo, reduciendo el proteico. Los factores (suelo, clima) influyen sobre el desarrollo de la planta, su composición química y, por lo tanto, en el rendimiento de los cultivos (Martín, 1975).

1.4. Panorama varietal

Las variedades de sorgo se diferencian prácticamente según el producto final que se obtiene de ellas. El sorgo es un cultivo que posee una gran variabilidad genética. Por ello, se ha logrado desarrollar materiales destinados para la producción de grano especialmente y otros, destinados a la producción de forraje.

Las diferencias entre los distintos tipos de sorgos que podemos encontrar son varias. A continuación, se detallan las características de cada uno:

1.4.1. *Sorgos graníferos*

Los sorgos del tipo graníferos se caracterizan por tener la mayor relación grano/planta entera. Éstos están destinados principalmente a la producción de grano.

A su vez, estos sorgos graníferos pueden diferir en sus ciclos de producción, clasificándose en precoces (55 días a floración), intermedios (entre 55 y 65 días a floración) y tardíos (más de 65 días a floración). Estos materiales tienen portes que difieren según su ciclo de 1,1m hasta 1,7 m.

Además, en el mercado se diferencian si estos materiales poseen o no taninos condensados. Así, de no tener este tipo de compuestos, son seleccionados para la alimentación de monogástricos.

En referencia a los taninos, éstos son metabolitos secundarios de las plantas, no nitrogenados, solubles en agua e insolubles en alcohol y solventes orgánicos. En las plantas cumplen funciones de defensa contra los microorganismos, ayudando a prevenir los ataques de hongos y bacterias patógenos (Chaparro Acuña, 2009).

Todos los sorgos graníferos (independientemente de su color), poseen sustancias tánicas hidrolizables (ácido gálico y ácido elágico) como constituyentes de sus granos, las cuales no representan un factor negativo al considerar su valor nutritivo. Sólo los sorgos con su cubierta seminal (la testa) pigmentada, poseen taninos condensados (catequinas, flavonoides y leucoantocianinas). Los taninos condensados, son compuestos que afectan negativamente el valor nutritivo del sorgo, pues fijan las proteínas del grano reduciendo su disponibilidad y, asimismo, inhiben la acción de la amilasa en un 10 a 30%. La incidencia de los taninos en aves, cerdos y rumiantes puede tener efectos benéficos y perjudiciales. Entre los últimos se destacan (Maureen Hernández, 2003):

- Inhibición microbiana y enzimática debido a un exceso de ácido tánico en la dieta.
- Colores indeseables en el alimento.
- Insolubilización y precipitación de las proteínas.
- Depresión de la digestibilidad de la materia seca y la utilización de nitrógeno.
- Depresión de la energía.
- Provocan carcinogénesis.
- Disminución de la palatabilidad.

La presencia de taninos es una característica que le confiere al sorgo tolerancia al daño de pájaros, aparentemente como resultado del sabor astringente de los antocianógenos, precursores de los taninos condensados, durante los estados lechoso y pastoso de la maduración. También se ha observado que los taninos confieren una mayor resistencia al "weathering" del grano y al brotado de la panoja ("sprouting") (Domanski et al., 1997).

Dentro del grupo de los sorgos graníferos, en los últimos años se ha comenzado a trabajar en el desarrollo de los sorgos doble propósito (DP). Este tipo de material tiene el potencial de rendimiento en grano de un sorgo granífero sumado a un gran potencial de producción de materia verde por hectárea. Los híbridos DP poseen una relación grano/planta entera alta. Estos materiales poseen un porte que supera los 2 metros. Son llamados doble propósito ya que pueden ser utilizados como sorgos graníferos o destinarse a la producción de silaje.

1.4.2. *Sorgos forrajeros y sileros*

En este tipo de materiales se busca como producto final la producción de forraje. Dentro de los materiales forrajeros podemos dividirlos en primer lugar entre materiales para pastoreo directo o pastoreo diferido y por otro lado los sorgos sileros.

Dentro del grupo de materiales forrajeros Sudán, para pastoreo directo, tenemos aquellos materiales con baja relación grano/planta entera. Son sorgos de rápido crecimiento, gran número de macollos y alta capacidad de rebrote. A su vez, estos pueden ser materiales fotosensitivos, los cuales poseen un ciclo a floración extremadamente largo, lo que evita su encañado, logrando así tener menos contenido de lignina y mayor digestibilidad.

Los materiales destinados a pastoreo diferido además de contar con las mismas características que los de pastoreo directo, contienen un alto contenido de azúcar en caña, que mejora la palatabilidad en el momento de ser utilizado. Ofrecen una gran producción de materia seca.

En el grupo de los sorgos sileros, estos tienen como objetivo la alta producción de forraje. Es importante que cuenten con gran contenido de azúcar para mejorar la fermentación en el silo, y asegurar una buena palatabilidad. A diferencia de los sorgos azucarados

destinados a pastoreo diferido, los materiales destinados a silo poseen tallos más gruesos y nos tienen la capacidad de macollar como estos. Lo que se busca son cañas gruesas con alto contenido de azúcar.

Debido a la gran variabilidad genética de este cultivo, hoy se están realizando proyectos de investigación direccionados al desarrollo de energía sustentable, ya sea mediante el procesamiento de granos de sorgo o de la caña de éste. Con referencia a la caña, hay dos líneas de trabajo, la primera que busca sorgos con alto contenido de azúcares para la producción de bioetanol y la segunda, cañas con alto poder calorífico para la quema en calderas, entre otras opciones.

En la actualidad el mercado de sorgos graníferos y forrajeros está demandando cultivares con tecnología BMR (Brown MidRib, del inglés: Nervadura Central Marrón). Veintiocho mutantes BMR han sido identificados en sorgo desde la década del '70. Los más utilizados para los híbridos forrajeros y graníferos son el bmr6, el bmr12 y el bmr18. Esta tecnología está asociada a un menor contenido de lignina en todos los tejidos de la planta. Ésta es una característica deseable desde el punto de vista nutricional ya que le confiere al forraje una mayor digestibilidad de la fibra, debido a que la lignina es un componente indigestible en rumen y que, unido a otros componentes de la pared celular, los vuelve indigestibles.

1.5. Componentes del rendimiento en sorgos graníferos

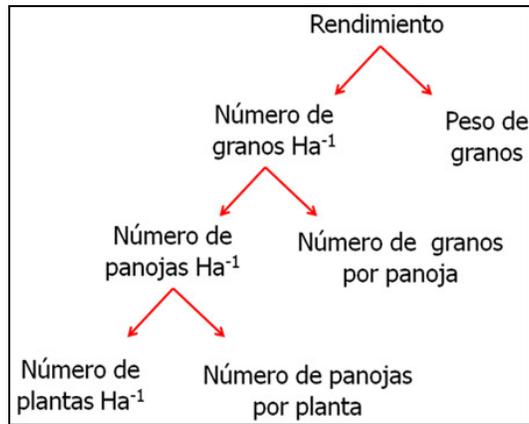


Figura 5: Diagrama de los componentes del rendimiento en sorgo granífero.

Los plazos de tiempo (días) en los que se fijan los componentes de rendimiento en el cultivo de sorgo son: plantas m⁻² desde la siembra hasta la 5^o hoja y posteriormente se fija el número de macollos por planta aproximadamente 20 días después de emergencia. Una vez establecidos ambos subcomponentes nombrados se definen el número de panojas por planta, de los 15 días hasta los 50 días después de siembra. Durante el período crítico se determinan los granos por planta y por m⁻². Por último, durante la etapa de llenado de grano es generado peso de los granos (g). Finalmente, el producto entre los granos m⁻² y el peso de los granos (g) concluye en el rendimiento en g m⁻².

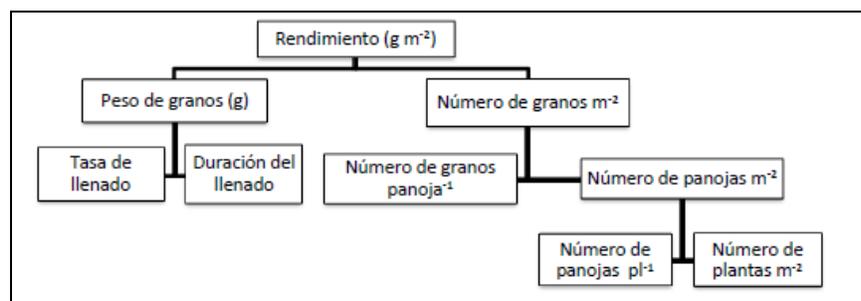


Figura 6: Componentes y subcomponentes de rendimiento de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) Moench) representado esquemáticamente. (Adaptado Satorre, et al. Figura 6.7; Capítulo 6, 2004).

En el cultivo de sorgo, el número de granos producidos es el componente que mejor explica las variaciones en el rendimiento final.

La definición del número de granos m^{-2} en cualquier cultivo depende de: (i) el crecimiento del cultivo alrededor de floración, (ii) de cuánto de esta biomasa se destina a estructura reproductiva y (iii) de cuán eficiente es la fijación de granos por unidad de biomasa destinada a la estructura reproductiva que lleva estos granos (Vega et al., 2001).

El peso de los granos es el último componente de rendimiento en determinarse y es el reflejo en cuán rápido y durante cuánto tiempo crecieron los granos. El peso de los granos puede ser expresado como el producto entre la tasa de acumulación de biomasa en grano ($mg\ días^{-1}$ o $mg\ °C\ día^{-1}$) y la duración de la etapa de llenado (días o $°C\ día$) (Satorre, et al. 2004). Sin embargo, el peso de los granos sobre el cultivo de sorgo presenta una baja correlación, pero positiva con el rendimiento ($kg\ ha^{-1}$) y una correlación negativa con el número de granos m^{-2} .

1.6. **Comentario Final**

El presente ensayo se hizo en el marco del semillero donde realizo mi actividad profesional desde hace 8 años. Considero importante esta aclaración, ya que este tipo de ensayo conlleva una logística y recursos que serían difíciles costear de manera independiente.

2. HIPÓTESIS

Los híbridos de sorgo difieren en el rendimiento (kg grano ha^{-1}). Estas diferencias están asociadas a:

- a- Las características edafoclimáticas de las regiones en estudio
- b- La presencia de taninos condensados.

3. OBJETIVO GENERAL

Comparar la producción de grano en híbridos comerciales y experimentales de sorgo con y sin taninos condensados en dos localidades con características edafoclimáticas contrastantes.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Sitios experimentales

Los ensayos fueron realizados en las localidades de Salto (Buenos Aires) y Manfredi (Córdoba). En ambas localidades se utilizó una fecha de siembra similar. Para Salto la

fecha de siembra fue el 29 de noviembre de 2014, y para Manfredi fue el 17 de noviembre de 2014.

Los ensayos en ambas localidades, para los sorgos sin taninos condensados, estaban compuestos por 8 híbridos comerciales (84G62, A9947 W, ARGENSOR 125B, DK 51, JAGUARFOOD, JAGUARSHORT, TOB 48W, TOB 51 y VDH 305) como testigos, y por 7 híbridos experimentales. Y para los sorgos con taninos condensados, estaban compuesto por 6 híbridos comerciales (DK 61T, DK 64T, TOB 52T, TOB 60T, TOB 62T y VDH 314) y 9 híbridos experimentales.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones y parcelas de 2,08 m x 6 m. Se sembraron, en ambas fechas, 4 hileras por parcela a 0,52 m de distancia con una densidad de 18 pl/m².

La siembra se realizó con una sembradora experimental de 4 surcos bajo labranza convencional. Junto con ella se fertilizó en línea con 80 kg de P aplicado como fosfato diamónico (16:46:0) y 100 kg de N como Urea (46:0:0).

Se efectuó un corte para medir rendimiento en grano sobre las dos hileras centrales completas de cada parcela. Estos se realizaron a partir de que el cultivo alcanzó una humedad promedio de cosecha de 15% H°. Previo a la cosecha se midió la altura y ejerción de 10 plantas representativas de cada parcela y se promediaron los resultados para determinar el valor final de cada material.

4.1.1. *Clima*

4.1.1.1. *Manfredi*

Los datos climáticos fueron tomados a partir de la red SIGA (INTA) usando las variables provistas por las Estaciones Meteorológicas de Manfredi. (<http://siga2.inta.gov.ar/#/>). (Figuras 7 y 8).

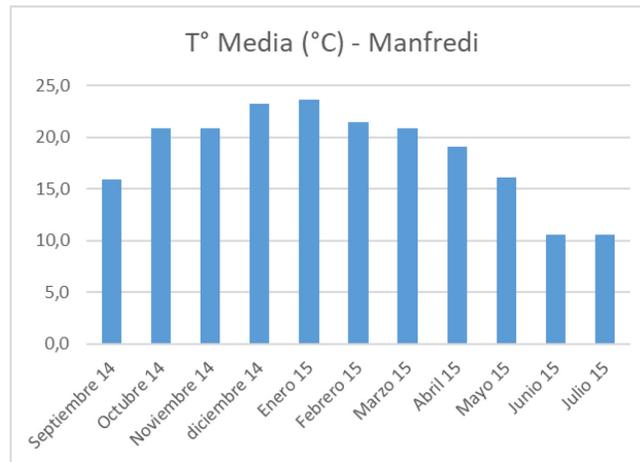


Figura 7: Temperatura media – Localidad Manfredi

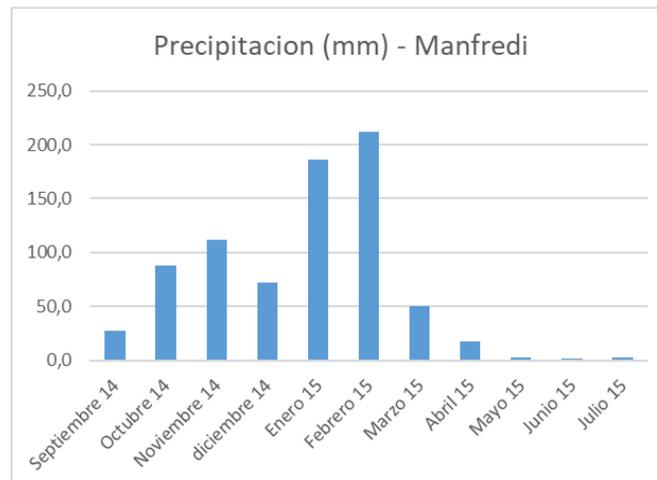


Figura 8: Precipitación anual – Localidad Manfredi

4.1.1.2. Salto

Los datos climáticos fueron tomados a partir de la red SIGA (INTA) usando las variables provistas por las Estaciones Meteorológicas de Arrecifes (localidad más cercana a Salto que cuenta con una estación meteorológica completa). (<http://siga2.inta.gov.ar/#/>). (Figuras 9 y 10).

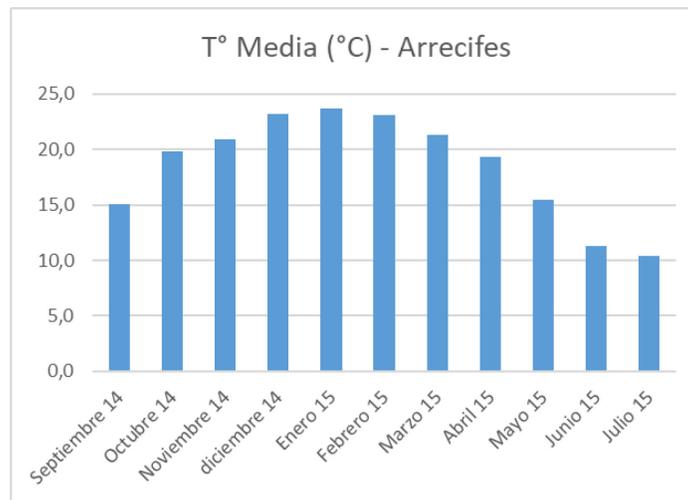


Figura 9: Temperatura Media – Localidad Arrecifes

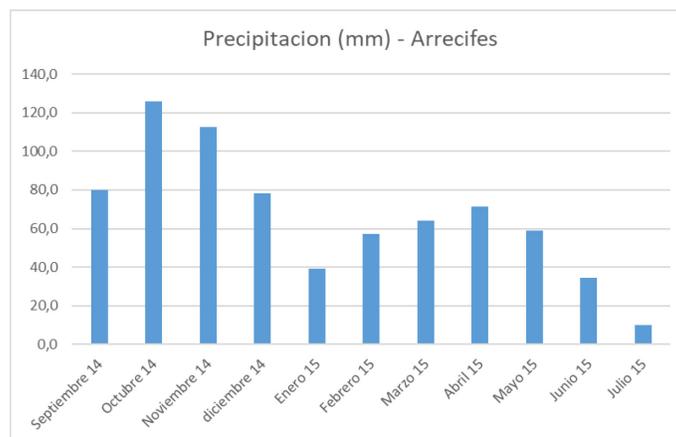


Figura 10: Precipitación anual – Localidad Arrecifes

4.1.2. Suelos

4.1.2.1. *Manfredi*

Los suelos pertenecen a la serie Oncativo y están ubicados en la Estación Experimental INTA Manfredi. Estos suelos son haplustoles énticos (USDA), con una textura franco-limosa y un índice de productividad de 65% (capacidad de uso IIIc). Para información detallada de estos suelos referirse al Anexo I.

4.1.2.2. *Salto*

Los suelos pertenecen a la serie Arroyo Dulce y están ubicados en el campo experimental de la empresa Tobin S.R.L. (cercano a la localidad de Gahan). Estos suelos son argiudoles típicos (USDA), con una textura franco-limosa y un índice de productividad de 90% (capacidad de uso I-1). Para información detallada de estos suelos referirse al Anexo I.

4.2. **Diseño experimental**

En ambas localidades se implementó un diseño en bloques completos al azar con 3 repeticiones. Se evaluaron un total de 15 materiales con taninos y 15 materiales sin taninos.

Tabla 2: Detalle de los híbridos de sorgo con presencia de taninos condensados evaluados.

Materiales		Localidades
DK61T	Testigo	Salto - Manfredi
DK64T	Testigo	Salto - Manfredi
TOB52T	Testigo	Salto - Manfredi
TOB60T	Testigo	Salto - Manfredi
TOB62T	Testigo	Salto - Manfredi
VDH314	Testigo	Salto - Manfredi
Exp 1501	Experimental	Salto - Manfredi
Exp 1502	Experimental	Salto - Manfredi
Exp 1505	Experimental	Salto - Manfredi
Exp 1510	Experimental	Salto - Manfredi
Exp 1511	Experimental	Salto - Manfredi
Exp 1521	Experimental	Salto - Manfredi
Exp 1523	Experimental	Salto - Manfredi
Exp 1524	Experimental	Salto - Manfredi
Exp 1525	Experimental	Salto - Manfredi

Tabla 3: Detalle de los híbridos de sorgo sin presencia de taninos condensados evaluados.

Materiales	Identificación		Localidades
84G62	A	Testigo	Salto - Manfredi
A9947W	B	Testigo	Salto - Manfredi
ARGENSOR 125 B	C	Testigo	Salto - Manfredi
DK51	D	Testigo	Salto - Manfredi
JAGUARFOOD	E	Testigo	Salto - Manfredi
JAGUARSHORT	F	Testigo	Salto - Manfredi
TOB48W	M	Testigo	Salto - Manfredi
TOB51	N	Testigo	Salto - Manfredi
VDH305	O	Testigo	Salto - Manfredi
TB3527	G	Experimental	Salto - Manfredi
TB4071	H	Experimental	Salto - Manfredi
TB4927	I	Experimental	Salto - Manfredi
TB5326	J	Experimental	Salto - Manfredi
TB5825	K	Experimental	Salto - Manfredi
TB6129	L	Experimental	Salto - Manfredi

4.3. Mediciones

Se evaluó el rendimiento *ajustado a 14,5% humedad (kg ha⁻¹)* de los materiales evaluados

4.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado con el software JMP (SAS). El rendimiento a cosecha fue analizado utilizando un modelo mixto que incluyó los efectos fijos tipo de híbrido (con y sin taninos) y localidad, además de su interacción, y los efectos aleatorios del bloque (PROC MIXED, SAS®). Las medias entre tratamientos fueron comparadas utilizando el test de Tukey (P<0,05). En primera instancia se hizo el análisis combinado sitios x cultivares con y sin taninos y luego el análisis individual de cada tipo de cultivares con y sin taninos en cada localidad

5. RESULTADOS

5.1. Diferencias entre híbridos

Una primera determinación general consistió en analizar la variable rendimiento (kg ha⁻¹) de híbridos de sorgo con o sin taninos condensados en la localidad de Salto (Buenos Aires) y en la localidad de Manfredi (Córdoba) con el objetivo de evaluar el efecto de las condiciones climáticas sobre esta variable. En la Tabla 4 puede observarse que existen diferencias significativas para la variable rendimiento en relación con los factores Localidad, Taninos y la interacción Localidad-Tanino.

Tabla 4. Análisis de varianza multifactorial de rendimiento (kg ha^{-1}) para cultivares con y sin taninos condensados, localidad de cultivo y su interacción.

Fuente de variación	Rendimiento kg/ha .		
	GL	Cuadrado medio	P-valor
Repetición	2	148903	0,908
Localidad	1	115161461	0,000
Tipo de híbrido	1	55289866	0,000
Localidad × Tipo de híbrido	1	39290592	0,000
Error	174	1550581	
Total	179		

(Valores de $P < 0,05$ indican diferencias significativas)

Como la interacción del factor Localidad-Tipo de híbrido es significativa (Tablas 6,7), las variaciones en la variable rendimiento, no pueden ser explicadas sólo en función del factor Localidad o Tipo de híbrido. No obstante, podemos observar en la Tabla 5, que la localidad de Salto, supera significativamente en rendimiento a la localidad Manfredi. El valor de la media para la variable rendimiento en Salto es de $6.811,21 \text{ kg ha}^{-1}$, contra $5.211,48 \text{ kg ha}^{-1}$ para Manfredi. Este resultado es interesante y se podría relacionar con las condiciones agroecológicas, ya que la localidad de Salto se encuentra en la zona núcleo de la provincia de Buenos Aires con un clima óptimo para el cultivo de cereales. Esta situación climática es contrastante con la localidad de Manfredi donde las condiciones climáticas se caracterizan por tener menor precipitación y suelos con menor fertilidad.

También es importante observar en la Tabla 5, que la variable rendimiento difiere significativamente entre híbridos con y sin taninos condensados, siendo la media de los primeros 6.565,57 kg/ha y de los segundos 5.457,12 kg/ha.

Tabla 5: Rendimiento promedio ajustado a 14,5 % de humedad según localidad y tipo de híbrido.

Fuente de variación	Rendimiento kg/ha
Localidad	
Salto	6811,21 A
Manfredi	5211,48 B
Tipo de híbrido	
CON TANINOS	6565,57 A
SIN TANINOS	5457,12 B

Valores con letras distintas para cada factor indican diferencias según test de Tuckey con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

En las Tablas 6 y 7, se aprecia como la interacción Localidad x Tipo de híbrido es significativa para la variable rendimiento. Si bien no se observaron diferencias entre las interacciones SALTO- CON TANINO, SALTO- SIN TANINO y MANFREDI- CON TANINO, sí se observaron para la interacción MANFREDI- SIN TANINO. Este set de materiales sin taninos condensados mostró el valor promedio de rendimiento de 4.190,05 kg/ha, presentando este grupo el valor más bajo de los evaluados.

Tabla 6: Interacción localidad-tipo de híbrido. Medias experimentales de los híbridos con y sin taninos en las localidades Salto y Manfredi. Valores con letras distintas indican diferencias según test de Tuckey con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Fuente de variación	Rendimiento kg/ha.	
LOCALIDAD*tipo de híbrido	Salto	Manfredi
cultivares con taninos	6.898,23 A	6.232,91 A
cultivares sin taninos	6.724,19 A	4.190,05 B

Tabla 7: Rendimiento promedio (kg/ha) de cada cultivar para las localidades de Salto y Manfredi.

Materiales sin taninos condensados		Materiales con taninos condensados	
Salto	Manfredi	Salto	Manfredi
8.131,65 A (VDH305)	5.504,00 A B C D E F G H (VDH305)	8.402,62 A (DK61T)	7.866,67 A B (TOB62T)
8.117,59 A (DK51)	5.421,00 A B C D E F G H (TB5326)	7.853,67 A B (VDH314)	7.546,67 A B C (VDH314)
7.378,14 A B (TOB51)	4.673,33 B C D E F G H (TB4071)	7.745,36 A B (Exp 1505)	7.189,33 A B C D (DK61T)
7.272,63 A B (TOB48W)	4.650,67 B C D E F G H (TB4927)	7.643,26 A B C (Exp 1525)	7.061,67 A B C D (DK64T)
7.251,05 A B (A9947W)	4.636,00 B C D E F G H (TB6129)	7.602,13 A B C (Exp 1502)	6.980,33 A B C D (Exp 1510)
7.215,91 A B (TB4071)	4.603,00 B C D E F G H (TB5825)	7.174,70 A B C D (DK64T)	6.698,00 A B C D (Exp 1501)
7.064,55 A B C (ARGENSOR 125 B)	4.160,00 C D E F G H (TB3527)	7.139,66 A B C D (Exp 1501)	6.573,00 A B C D (TOB60T)
6.639,22 A B C D (TB5825)	4.137,00 C D E F G H (A9947W)	7.015,27 A B C D (TOB62T)	6.491,00 A B C D (Exp 1502)
6.615,09 A B C D (JAGUARSHORT)	4.094,67 C D E F G H (TOB51)	6.844,95 A B C D (TOB60T)	6.428,67 A B C D (Exp 1524)
6.484,87 A B C D E (84G62)	4.081,00 C D E F G H (TOB48W)	6.811,88 A B C D (Exp 1511)	6.294,67 A B C D (Exp 1523)
6.260,63 A B C D E F (JAGUARFOOD)	3.944,67 D E F G H (ARGENSOR 125 B)	6.690,11 A B C D (Exp 1521)	5.759,00 A B C D (Exp 1505)
5.996,49 A B C D E F G (TB6129)	3.572,67 E F G H (DK51)	6.190,19 A B C D (Exp 1524)	5.381,67 A B C D (Exp 1511)
5.822,96 A B C D E F G H (TB5326)	3.234,73 F G H (JAGUARSHORT)	6.081,88 A B C D (Exp 1510)	4.792,00 B C D (TOB52T)
5.634,02 A B C D E F G H (TB3527)	3.178,00 G H (84G62)	6.081,27 A B C D (TOB52T)	4.410,00 C D (Exp 1521)
4.978,07 B C D E F G H (TB4927)	2.960,00 H (JAGUARFOOD)	4.196,53 D (Exp 1523)	4.021,00 D (Exp 1525)

Valores con letras distintas en cada columna indican diferencias según test de Tuckey con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Estos resultados estarían asociados a dos factores importantes como son, la presión de selección y la ganancia genética, ya que la empresa destina sus recursos en mayor proporción al mejoramiento de sorgos con taninos y, por lo tanto, esto podría explicar la mejor performance de dichos sorgos.

5.2. **Rendimiento de híbridos con taninos condensados para ambas Localidades.**

5.2.1. *Análisis*

Tabla 8: ANOVA multifactorial para rendimiento de grano (kg/ha).

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio	P-valor
Repetición	2	653032	0,592
Localidad	1	12814581	0,000
Híbrido	14	4225404	0,002
Localidad × Híbrido	14	4072545	0,001
Error	58	1232741	
Total	89		

En la Tabla 8, se aprecia que existen un efecto significativo de los factores Localidad, Híbrido y la interacción Híbrido-Localidad para la variable rendimiento

Con respecto a la Localidad podemos apreciar, en la Tabla 9, que el rendimiento en Salto fue superior con 6.898,23 kg/ha. Esta diferencia puede estar dada por las mejores condiciones agroecológicas de la “zona núcleo” (noroeste de la provincia de Bs As) donde se encuentra la localidad de Salto. ,

Tabla 9: Rendimiento promedio ajustado a 14,5 % de humedad para las localidades de Salto y Manfredi de híbridos con taninos.

Fuente de variación	Rendimiento kg/ha.
LOCALIDAD	
Salto	6.898,23 A
Manfredi	6.232,91 B

Valores con letras distintas indican diferencias según test de Tuckey con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Al analizar, puntualmente al factor Híbrido vemos cuáles difieren significativamente para la variable rendimiento (Tablas 10y 11). Los híbridos comerciales ensayados lideran los rendimientos, si bien los híbridos experimentales se encuentran en el mismo grupo de significancia que los primeros, indicando buen comportamiento.

Tabla 10: Medias experimentales de rendimiento de híbridos con taninos.

Hibrido	Rendimiento (Kg/ha)	Significancia
DK61T	7.795,98	A
VDH314	7.700,17	A
TOB62T	7.440,97	AB
DK64T	7.118,18	ABC
Exp 1502	7.046,57	ABC
Exp 1501	6.918,83	ABC
Exp 1505	6.752,18	ABC
TOB60T	6.708,98	ABC
Exp 1510	6.531,1	ABC
Exp 1524	6.309,43	ABC
Exp 1511	6.096,77	ABC
Exp 1525	5.832,13	ABC
Exp 1521	5.550,05	BC
TOB52T	5.436,64	BC
Exp 1523	5.245,6	C

Valores con letras distintas indican diferencias según test de Tuckey con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Tabla 11: Rendimiento promedio de líneas comerciales y experimentales con taninos.

línea	Rendimiento (kg/ha)	N	Significancia
Comercial	7.033,48	36	A
Experimental	6.253,63	54	B

Valores con letras distintas indican diferencias según test de Tuckey con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Por último, analizamos la interacción Híbrido-Localidad (Tabla 12) para este grupo de híbridos con taninos. Podemos observar cuáles materiales difieren significativamente. Los híbridos comerciales lideran la tabla de rendimientos. Aun así, varios de los híbridos experimentales (los primeros cuatro que aparecen en la tabla, Exp 1505, 1025, 1502 y 1501 por ejemplo) muestran un comportamiento de excelencia en cuanto a los rendimientos, todos ellos cultivados en la localidad de Salto, donde se encuentran los mayores rendimientos. No obstante, es interesante observar que algunos materiales cultivados en la localidad de Manfredi, a excepción de Exp. 1521 y 1525, se encuentran en el grupo de mayor rendimiento. Esto sugiere la adaptación y buen rinde del material con tanino a esta zona.

Tabla 12: Valores promedio de rendimiento de híbridos con tanino por localidad de cultivo.

Híbrido	Localidad	Rendimiento	Significancia
DK61T	Salto	8.402,62	A
TOB62T	Manfredi	7.866,67	AB
VDH314	Salto	7.853,67	AB
Exp 1505	Salto	7.745,36	AB
Exp 1525	Salto	7.643,26	ABC
Exp 1502	Salto	7.602,13	ABC
VDH314	Manfredi	7.546,67	ABC
DK61T	Manfredi	7.189,33	ABCD

DK64T	Salto	7.174,7	ABCD
Exp 1501	Salto	7.139,66	ABCD
DK64T	Manfredi	7.061,67	ABCD
TOB62T	Salto	7.015,27	ABCD
Exp 1510	Manfredi	6.980,33	ABCD
TOB60T	Salto	6.844,95	ABCD
Exp 1511	Salto	6.811,88	ABCD
Exp 1501	Manfredi	6.698	ABCD
Exp 1521	Salto	6.690,11	ABCD
TOB60T	Manfredi	6.573	ABCD
Exp 1502	Manfredi	6.491	ABCD
Exp 1524	Manfredi	6.428,67	ABCD
Exp 1523	Manfredi	6.294,67	ABCD
Exp 1524	Salto	6.190,19	ABCD
Exp 1510	Salto	6.081,88	ABCD
TOB52T	Salto	6.081,27	ABCD
Exp 1505	Manfredi	5.759	ABCD
Exp 1511	Manfredi	5.381,67	ABCD
TOB52T	Manfredi	4.792	BCD
Exp 1521	Manfredi	4.410	CD
Exp 1523	Salto	4.196,53	D
Exp 1525	Manfredi	4.021	D

Valores con letras distintas indican diferencias según test de Tuckey con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

5.3. Rendimiento de híbridos Sin Taninos Condensados

5.3.1. *Análisis*

En la Tabla 13, se aprecia que existe efectos significativos de los factores Híbrido, Localidad y la interacción Híbrido-Localidad, para la variable rendimiento siendo este último factor el de mayor importancia (P -valor $<0,0001$).

Tabla 13: ANOVA multifactorial para rendimiento de grano (kg/ha)

Fuente de variación	GL	Rendimiento kg/ha.	
		Cuadrado medio	P-Valor
Repetición	2	785942	0,419
Localidad	1	144492378	0,000
Hibrido	14	1978690	0,017
Localidad × Hibrido	14	2120465	0,011
Error	58	888962	
Total	89		

En la Tabla 14 se detalla para cada localidad los valores promedio de variable rendimiento en grano.

Tabla 14: Rendimiento promedio ajustado a 14,5 % de humedad de las localidades Salto y Manfredi de híbridos sin taninos.

Fuente de variación	Rendimiento kg/ha.
LOCALIDAD	
Salto	6.724,19 A
Manfredi	4.190,05 B

Valores con letras distintas indican diferencias según test de Tuckey con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Las diferencias en el rendimiento entre las localidades tienen un margen de diferencia mucho mayor que para los materiales con taninos vistos en la sección 5.2 (Tabla 9).

Este resultado podría estar relacionado con el hecho de que el programa de mejoramiento esté abocado en mayor medida al mejoramiento de materiales con taninos.

Por lo tanto, los materiales sin tanino, podrían presentar menor adaptación a las diferentes zonas.

Además, los materiales sin tanino, poseen mayor predisposición al ataque de pájaros, situación muy compleja en las áreas de producción que impacta negativamente en el rendimiento final.

En la Tabla 15 vemos los rendimientos en grano promedio de cada híbrido en ambas localidades. El grupo de 12 materiales que no difirieren estadísticamente en rendimiento está formado por testigos (línea comercial) y experimentales.

Tabla 15: Medias experimentales de rendimiento promedio de cada híbrido sin tanino en ambas localidades.

Hibrido	Rendimiento (Kg/ha)	Significancia
VDH305	6.817,83	A
TB4071	5.944,62	AB
DK51	5.845,13	AB
TOB51	5.736,4	AB
A9947W	5.694,02	AB
TOB48W	5.676,82	AB
TB5326	5.621,98	AB
TB5825	5.621,11	AB
ARGENSOR 125 B	5.504,61	AB
TB6129	5.316,25	AB
JAGUARSHORT	4.924,91	AB
TB3527	4.897,01	AB
84G62	4.831,44	B
TB4927	4.814,37	B
JAGUARFOOD	4.610,31	B

Valores con letras distintas indican diferencias según test de Tuckey con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Finalmente, y retomando la Tabla 6 analizamos la interacción Híbrido-Localidad (ver sección 4.1). Podemos observar cuáles materiales difieren significativamente. El grupo de mayor rendimiento agrupa todos materiales cultivados en la localidad de Salto a excepción del material O y J que se cultivaron en Manfredi. Esto indica el mejor comportamiento de estos materiales en dicha zona. Aun así, en esta se observa claramente la gran influencia que tienen las condiciones edafoclimáticas en el

rendimiento de estos materiales sin taninos, ya que los mayores rendimientos se reportan en la localidad de Salto que, como ya se mencionó, tiene mejores condiciones para el cultivo de los cereales.

6. DISCUSIÓN

El consumo de cereales secundarios, incluidos el sorgo, la cebada, el centeno, la avena, el mijo y algunos granos de importancia regional como el tef (Etiopía) o la quínoa (Bolivia y Ecuador), ha estado creciendo rápidamente a nivel mundial, impulsado sobre todo por el uso creciente como alimento para ganado en los países en desarrollo. En el futuro, su

consumo puede crecer con mayor rapidez que el del arroz o el trigo, en línea con el crecimiento del sector pecuario. Los países en desarrollo representarán una proporción en aumento de la producción mundial, pasando desde menos de la mitad en la actualidad hasta casi tres quintas partes en 2030.

La búsqueda y mejoramiento de variedades que aumenten la producción será crucial para poder dar respuesta a estas demandas, en un contexto de crecimiento demográfico mundial con su correspondiente incremento en la necesidad de alimentos.

De esta manera, en el presente trabajo se planteó llevar a cabo ensayos en los que se comparó el rendimiento en grano de híbridos experimentales e híbridos comerciales de sorgo con y sin tanino condensado. Encontramos diferencias significativas en los rendimientos a favor de la localidad de Salto. Estas diferencias pueden explicarse por las condiciones agroecológicas de esta zona que predisponen al cultivo a un mejor desarrollo y por tanto a un mayor rendimiento. El suelo de Salto es un suelo clase I mientras que el de Manfredi es un suelo clase IV. En este sentido, y a pesar de la rusticidad del cultivo de sorgo, se observó un claro incremento del rinde para Salto. A pesar de esto, varios materiales ensayados mostraron buen comportamiento en la zona de Manfredi. Estos resultados nos dan un dato concreto de la adaptación de este cultivo a condiciones desfavorables arrojando rindes excepcionales, comparables a los mejores híbridos comerciales cultivados en la “zona núcleo” de producción de cereales. Encontramos que los híbridos con taninos son más estables en el rendimiento, viéndose menos afectados sus componentes en condiciones agroecológicas más adversas para el desarrollo del cultivo.

7. **CONCLUSIONES**

Los materiales, independientemente si poseen taninos condensados o no, presentaron mayor rendimiento en grano en la localidad de Salto que en Manfredi.

Los materiales ensayados que presentan taninos condensados mostraron mayor estabilidad en el rendimiento en dos zonas agroecológicamente contrastantes.

Los materiales que no poseen taninos condensados, muestran menor estabilidad de rendimiento.

Los sorgos sin taninos condensados en la localidad de Manfredi han tenido mayor daño por plagas, especialmente debido al ataque de pájaros, lo cual no ocurrió en los sorgos con taninos condensados debido a que estos compuestos fenólicos inhiben la aceptación del grano incrementando la resistencia anti pájaro que presentan. La presencia de tanino sería el factor que condicionaría la preferencia de un determinado híbrido a las aves debido a la astringencia que estos compuestos producen al ser ingeridos, lo que hace que las aves los apetezcan menos que a los cultivares sin taninos.

8. BIBLIOGRAFÍA

Barberis, N. A., & Sánchez, C. (2013). Informe de cultivo de sorgo: evolución y perspectivas. Un análisis de las estadísticas, julio 2013. Cartilla digital Manfredi, (6). Tomado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_informe_de_cultivo_de_sorgo_evolucin_y_perspecti.pdf. Fecha de acceso: 10/7/2020

Bolsa de Cereales Buenos Aires. (2017). Panorama Agrícola Semanal. Estimaciones Agrícolas. Relevamiento al 15/06/2017. www.bolsadecereales.com.

Chaparro Acuña, S. P. (2009). Efecto de diferentes procesos fisicoquímicos en la reducción de factores antinutricionales de la semilla de vitabosa *Mucuna deeringiana*. [Doctoral dissertation]. Universidad Nacional de Colombia.

Colazo, J. C., Saenz, C., Herrero, J., & Vergés, A. (2012). Condiciones ambientales para el cultivo de sorgo. Colazo JC, Garay J. y Veneciano JH. En: El cultivo de sorgo en San Luis. Ediciones INTA, 19-25 pp.

Doggett, H. (1965). The development of cultivated Sorghum. Essays on crop plant evolution (Huchins, S.J.B., Ed.). London, UK. Cambridge University Press. 50 pp.

Doggett, H. (1985). Sorghum. Longman Group Ltd., Harlow, Essex, Great Britain.

Domanski, C., L. M. Giorda & O. Feresin. (1997). Composición y calidad del grano de sorgo EEA INTA Manfredi, Arg., Cuaderno de Actualización N° 7. 47-50 pp.

FAOSTAT. (2020). <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> . Ultimo acceso: junio 2020.

Giorda, L. M. (1997). Sorgo granífero. Cuaderno de Actualización Técnica N°7. INTA. Centro Regional Córdoba. EEA. Manfredi. 71 pp.

House, L. R. (1985). A Guide to Sorghum Breeding. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics ICRISAT Patancheru P.O.212.

Kimber, C. T. (2000). Origins of domestication sorghum and its early diffusion to India and China. In: C. W. Smith, R. A. Fredericksen (Ed). Sorghum Origin, History, Technology and Production. John Wiley and Sons, Inc. New York, NY.

Maiti, R. (1986). Morfología, crecimiento y desarrollo del sorgo. Facultad de Agronomía del Nuevo león. 419 pp.

Martín, H. J. (1975). Historia y clasificación de Sorgo. Producción y uso de sorgo. Ed. J. S. Wall y W. Ross. 3-18 pp.

Maureen Hernández, A. (2003). Almendro de la India: Potencial Biológico valioso. Revista cubana de investigaciones médicas, marzo 2003, 22, 1.

MINAGRI. (2011). Plan estratégico agroalimentario y agroindustrial participativo y federal 2010-2020. Relevamiento al 15/06/2017.

Poehlman, J. M., & Sleper, D. A. (1995) Breeding Field Crops, Iowa State University Press.

Purseglove, J. W. (1972). Sorghum bicolor (L.) Moench. Tropical Crops. Monocotyledons. Longman Group Limited, London. 261-287 pp.

Satorre, E. H., Benech Arnold, R. L., Slafer, G. A., De la Fuente, E. B., Miralles, D. J., Otegui, M. E., & Savin, R. (2004). Producción de granos. bases funcionales para su manejo (No. F01 AGR 17624). Editorial Facultad Agronomía.

Vega C. R. C., Andrade F. H., & Sadras V. O. (2001). Reproductive partitioning and seed set efficiency in soybean, sunflower and maize. *Field Crops Research*. 72: 163-175 pp.

Wall, J. S., & Ross, W. M. (1970). Westport, Connecticut: AVI Publishing Company, Inc., *Sorghum production and utilization*, pp. 712 pp.

ANEXO I- Descripción de los suelos de los ensayos

Serie ONCATIVO

Símbolo: Ot

Haplustol éntico, limosa gruesa, mixta, térmica

Índice de Productividad: 65

Capacidad de uso: IIIc

Son suelos profundos, bien a algo excesivamente drenados, desarrollados sobre materiales franco limosos que ocupan las lomas muy extendidas, casi planas. La capa arable o suelo superficial (horizonte A) tiene 23 cm de espesor, de textura franco limosa y estructura en bloques moderados, regularmente provisto de materia orgánica. Luego de un horizonte transicional, se alcanza el material originario (Ck) a los 55 cm de profundidad, de textura franco limosa, masivo y abundante material calcáreo pulverulento diseminado en la masa del suelo. Los suelos de esta Serie muestran una moderada limitación climática, derivada del régimen de precipitación bajo el cual se encuentran. Estos suelos no presentan otros impedimentos que condicionen el crecimiento de las plantas. La reacción en todo el perfil es de ligeramente ácida a neutra.

Descripción del perfil típico:

El perfil que representa a esta Serie fue descrito a 6,4 Km al SO de la localidad de Oncativo, departamento Río Segundo, provincia de Córdoba.

A 0-23 cm; color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2); franco limoso; estructura en

bloques subangulares medios moderados; friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; abundantes

raíces; límite inferior claro, suave.

AC 23-53 cm; color en húmedo pardo oscuro a pardo amarillento oscuro (10YR3/3,5); franco limoso;

estructura en bloques subangulares medios débiles a masivo; friable en húmedo; no plástico; no

adhesivo; límite inferior abrupto, suave.

Ck 53 cm a +; color en húmedo pardo (7,5YR4,5/4); franco limoso; masivo; muy friable en húmedo; no

plástico; no adhesivo; fuerte reacción al ácido clorhídrico en la masa del suelo.

Datos analíticos serie Oncativo

Horizonte	A	AC	C_k	
Profundidad de la muestra (cm)	0-23	23-53	53 a +	
Materia Orgánica (%)	1,90	0,97	0,40	
Carbono Orgánico (%)	1,10	0,56	0,23	
Nitrógeno total (%)	0,122	0,096		
Relación C/N	9,0	6,2		
Arcilla, <2 μ (%)	16,7	12,2	10,2	
Limo, 2-50 μ (%)	68,7	71,1	71,9	
Arena muy fina, 50-100 μ (%)	15,4	15,0	15,0	
Arena fina, 100-250 μ (%)	0,8	1,0	0,6	
Arena media, 250-500 μ (%)	0,1	0,1	0,05	
Arena gruesa, 500-1000 μ (%)	0,2	0,1	0,1	
Arena muy gruesa, 1-2 mm (%)				
Carbonatos, CaCO ₃ (%)	0	0	4,69	
Equivalente de humedad (%)	21,1	19,9	19,6	
pH en pasta	6,2	7	8,2	
pH en agua (1:2,5)	6,4	7,1	8,3	
Cationes de intercambio, meq/100 gr:	Ca ⁺⁺	9,2	10,4	
	Mg ⁺⁺	1,1	1,5	
	Na ⁺	0,2	0,09	0,4
	K ⁺	2,8	1,7	0,7
	H ⁺	1,5	0,5	
Sodio de intercambio, % (PSI)	1,3	0,6	2,9	
Suma de bases, meq/100 gr (S)	13,9	13,6		

SERIE ARROYO DULCE (AD) (CAMPO EXPERIMENTAL TOBIN)

Es un suelo oscuro, muy profundo, con aptitud agrícola, en un paisaje de lomas extendidas, en posición de loma de la Subregión Pampa Ondulada alta, formado en sedimentos loésicos, franco limoso, no alcalino, no salino, con gradiente de 0 a 3 %.

Clasificación Taxonómica: Argiudol Típico, Fina, illítica, térmica (USDA-Soil Taxonomy 2006)

Descripción del perfil típico: 11/347C - Mosaico 3560-3-1. Fecha de extracción: 18-11-65.

Ap1	0 a 14 cm; pardo (10YR 4/3) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco limoso; granular muy fina débil; friable; no plástico y no adhesivo; raíces abundantes; límite abrupto suave.
Ap2	14 a 34 cm; pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en seco; negro (10YR 2/1) en húmedo; franco limoso; granular fina débil; friable; no plástico y no adhesivo; raíces comunes; límite claro suave. (El espesor del A varía entre 20 y 38 cm).

AB	34 a 45 cm; pardo (10YR 5/3) en seco; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco limoso; granular fina débil; friable; no plástico y no adhesivo; raíces escasas; límite claro suave. (0 a 15 cm).
BAt	45 a 58 cm; pardo (10YR 5/3) en seco; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arcillo limoso; bloques subangulares medios moderados; friable; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; raíces escasas; límite gradual suave. (8 a 15 cm).
Bt1	58 a 77 cm; pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en seco; pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; prismas medios y gruesos moderados que rompe en bloques angulares; firme; muy plástico y muy adhesivo; barnices ("clay skins") abundantes; límite gradual ondulado.
Bt2	77 a 97 cm; pardo (7,5YR 5/4) en seco; pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco arcillo limoso; prismas medios y gruesos moderados; firme; plástico y ligeramente adhesivo; barnices ("clay skins") abundantes; límite gradual, ondulado. (El espesor del Bt varía entre 40 y 90 cm).
BC1	97 a 119 cm; pardo (7,5YR 5/4) en seco; pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; franco limoso; subangulares medios débiles; friable; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; límite gradual ondulado.
BC2	119 a 140 cm; amarillo rojizo (7,5YR 6/6) en seco; pardo fuerte (7,5YR 5/6) en húmedo; franco limoso; bloques medios muy débiles; friable; límite gradual ondulado. (El BC varía entre 25 y 78 cm).
C	140 a 220 cm; pardo claro (7,5YR 6/4) en seco; pardo fuerte (7,5YR 5/6) en

	húmedo; franco limoso; masivo; friable.
--	---

Ubicación del Perfil: En Latitud S 34° 06' 10"; Longitud W 60° 25' 00". Altitud 71 m.s.n.m. Ubicado 750 m. al oeste-sudoeste de Estación Arroyo Dulce, partido de Salto, provincia de Buenos Aires. Hoja I.G.M. 3560-3-1, Arroyo Dulce.

Variabilidad de las características: El espesor del epipedón mólico varía entre 40 y 60 cm. y el solum entre 110 y 160 cm. Algunos perfiles próximos a las terrazas del Arroyo Dulce tienen moteados y nódulos cementados en la base del solum. El horizonte A tiene entre 18 y 27 % de arcilla. El espesor del A varía entre 20 y 38 cm. La textura típica es franco arcillo limosa pero puede ser arcillo limosa con 38 a 49 % de arcilla y 58 a 50 % de limos.

Fases: Se reconocieron fases por drenaje, erosión, anegamiento, espesor, y pendiente en distintos grados que son descriptas en las unidades cartográficas.

Series similares: Pergamino, Mercedes, Juncal, Capilla del Señor.

Suelos asociados: Carabelas, Wheelwright, Tambo Nuevo y Rancagua.

Distribución geográfica: Se distribuye en el Sur del partido de Salto, Sur de Pergamino y Nordeste de Rojas en las hojas 3560-2, 3, 4, 9 y 3360-32.

Drenaje y permeabilidad: Bien drenado, escurrimiento medio, permeabilidad moderadamente lenta.

Uso y vegetación: Agrícola con labranza convencional. Cultivo de Avena (Avena Sativa)

Capacidad de uso: I-1

Limitaciones de uso: Susceptibilidad a la erosión hídrica moderada.

Índice de productividad según la región climática: 90 (A); 85,50 (B).

Rasgos diagnósticos: Régimen de humedad Údico Epipedón mólico que incluye los horizontes A y AB argílico entre los 45 y 97 cm. de profundidad (BA_t y B_t).

Datos**Analíticos:**

Horizontes	Ap1	Ap2	AB	BAt	Bt1	Bt2	BC1	BC2	C
Profundidad (cm)	0-14	14-34	34-45	45-58	58-77	77-97	97-120	120-140	140-220
Mat. orgánica (%)	3,89	3,31	1,58	0,93	0,88	0,72	0,41	0,22	0,15
Carbono total (%)	2,26	1,92	0,92	0,54	0,51	0,42	0,24	0,13	0,09
Nitrógeno (%)	0,224	0,197	0,093	0,070	0,076	0,066	0,053	0,049	0,028
Relación C/N	10	10	10	8	7	6	4	3	NA
Arcilla < 2 μ (%)	20,6	24,6	26,8	32,4	39,8	39,4	26,1	23,2	19,3
Limo 2-20 μ (%)	27,1	26,7	28,9	21,1	18,4	21,2	21,0	23,5	NA
Limo 2-50 μ (%)	63,9	62,6	57,9	53,2	48,2	46,6	53,5	54,7	59,4
AMF 50-75 μ (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMF 75-100 μ (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMF 50-100 μ (%)	10,9	11,1	14,6	12,5	10,1	12,9	18,3	19,2	17,9
AF 100-250 μ (%)	3,4	1,3	0,7	1,8	1,8	1,0	1,9	2,5	2,4

AM 250-500 μ (%)	0,7	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6
AG 500-1000 μ (%)	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
AMG 1-2 mm (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Calcáreo (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eq.humedad (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Re. pasta Ohms	2005	2497	5426	4951	2829	2604	3453	3285	4117
Cond. mmhos/cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH en pasta	5,4	5,3	5,6	5,6	5,5	5,7	5,7	5,8	6,2
pH H₂O 1:2,5	6,2	6,2	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	6,9	7,0
pH KCL 1:2,5	5,5	5,4	5,1	5,0	4,9	5,0	5,0	5,0	NA
CATIONES DE CAMBIO									
Ca++ m.eq./100gr	16,1	14,8	11,7	11,1	17,3	18,1	14,9	13,3	13,7
Mg++ m.eq./100gr	2,2	2,4	2,8	3,8	5,5	6,2	4,3	4,2	4,2
Na+ m.eq./100gr	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	1,2	0,5	0,4	0,5
K m.eq./100gr	2,1	1,5	1,2	0,9	1,5	1,7	1,6	1,6	1,8
H m.eq./100gr	6,2	7,0	5,5	5,1	6,2	6,0	4,6	4,0	3,3

Na (% de T)	1,9	2,2	2,4	2,6	1,7	4,0	2,2	1,8	2,3
V.S m.eq./100gr	20,8	19,2	16,2	16,3	24,8	27,2	21,3	19,5	20,2
CIC m.eq./100gr	22,8	22,3	20,5	19,4	28,5	29,4	23,1	22,2	21,7
Sat. con bases (%)	91	86	79	84	87	92	92	88	93
NA: No analizado									