

Memorias del Encuentro Argentino y Latinoamericano de Ingeniería - 2021

Tomo II. Compilación.

- | Biotecnología, nanotecnología, bioingeniería y materiales
- | Historia de la Ingeniería (150ING)
- | Mujeres en ingeniería y cambio social
- | Ingeniería sostenible. Energía, eficiencia energética, gestión ambiental y cambio climático



Editores: Luis Fernández Luco | Cristina Vázquez | Alejandra Acuña Villalobos | Guillermo Lombero | Roberto Giordano Lerena

Memorias del Encuentro Argentino y Latinoamericano de Ingeniería

Memorias del Encuentro Argentino y Latinoamericano de Ingeniería : 2021 : tomo II /
compilación de Luis Fernandez Luco ... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires:
Luis Fernandez Luco, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga.

ISBN 978-987-88-7245-2

Obra Completa 978-987-88-7180-6

1. Ingeniería. I. Fernandez Luco, Luis, comp. II. Título.
CDD 620.00982

ISBN 978-987-88-7245-2



9 789878 872452

Variabilidad de la composición del almidón en híbridos de maíz de la Provincia del Chaco

Hryczyński, Eduardo^a; Díaz Yanevich, Claudia Elisabeth^a; Brachna, Daniel Orlando^a; López, Walter Gustavo^a; Díaz Yanevich, Mario Alejandro^b; Bertoia, Luis Máximo^c

a. Universidad Nacional del Chaco Austral.

b. Universidad Nacional del Nordeste.

c. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. e-mail: ehry@uncaus.edu.ar

Resume

La Provincia del Chaco presenta diversidad de ambientes, donde se cultivan grandes extensiones de maíz. Debido a factores de índole económica, una opción es agregar valor dentro de la región. La transformación *in situ* del grano en etanol sería una opción clave para la región ya que tendría un valor significativo en el ámbito de la economía regional, el ambiente y la sustentabilidad del sistema productivo, elevando su producción mediante el agregado de valor en

El objetivo consistió en determinar la respuesta del rendimiento del grano y del contenido de almidón de los híbridos evaluados, por efecto de factores ambientales. Para ello, se recolectaron los datos climáticos y edáficos de cada lote, y se determinó el rendimiento y el contenido de almidón del grano de cada híbrido.

Se realizó un estudio estadístico correlacionando las variables dependientes, rendimiento y almidón, con variables independientes como el ambiente y suelo, lo que permitió analizar el comportamiento de distintos híbridos cultivados en diferentes condiciones, estableciendo los efectos que estos generan en dichas variables.

Los resultados mostraron que el contenido de almidón de los híbridos analizados, no presentaron correlación con el rendimiento del grano el ambiente y el suelo y se evidenciaron variaciones en la composición del almidón para el mismo tipo de híbrido desarrollado en ambientes diferentes localidades

Se concluye que los distintos híbridos de maíz presentaron rendimientos significativos en granos, y una composición de almidón que expresa su alto potencial productivo en la provincia del Chaco.

Abstract

The Province of Chaco presents a diversity of environments, where large areas of corn are cultivated. Due to economic factors, one option is to add value within the region. The *in situ* transformation of grain into ethanol would be a key option for the region as it would have significant value in the field of the regional economy, the environment and the sustainability of the production system, increasing its production by adding value at source.

The objective was to determine the response of the grain yield and the starch content of the hybrids evaluated, due to the effect of environmental factors. For this, the climatic and edaphic data of each batch were collected, and the yield and starch content of the grain of each hybrid was determined. A statistical study was carried out correlating the dependent variables, yield and starch, with independent variables such as the environment and soil, which allowed us to analyze the behavior of different hybrids grown in different conditions, establishing the effects that these generate on said variables.

The results showed that the starch content of the hybrids analyzed did not show correlation with the grain yield, the environment and the soil, and variations in the starch composition were evidenced for the same type of hybrid developed in different environments.

It is concluded that the different corn hybrids presented significant yields in grains, and a starch composition that expresses their high productive potential in the province of Chaco.

Palabras clave: Almidón, Maíz, Chaco, Interacción Genotipo x ambiente.

INTRODUCCIÓN

El desafío argentino está en aprovechar la oportunidad de abastecer al mundo con alimentos y energía renovable, mejorar el nivel de vida de nuestra población, crear oportunidades de educación y trabajo digno para todos, lograr que los objetivos públicos y privados coincidan para alcanzar ese futuro, y desarrollar los mecanismos de coordinación que cada cadena necesita para lograr su máximo desarrollo.

El principal negocio primario del agro argentino es la producción de soja, pero este cultivo para que sea sustentable desde el punto de vista de los recursos naturales (suelo), debe producir rotación con cultivos gramíneos y el maíz es el cultivo que más raíces y material orgánico superficial aporta, por lo tanto, la tendencia lógica en la producción agropecuaria Argentina implica un importante aumento del área de siembra de maíz u otras gramíneas [1].

Chaco, es una de las provincias extrapampeanas con mayor superficie cultivada con cereales y oleaginosas. En los últimos años, el maíz mostró un crecimiento importante ocupando áreas crecientes entre los cultivos de la provincia. [2]

La superficie de siembra y nivel de producción se vieron afectados por factores climáticos en las últimas campañas, como se puede apreciar en la tabla 1 y tabla 2, donde se muestra la relación entre la superficie cultivada con maíz y su producción en la Provincia del Chaco y el total del país para las campañas 2018/2019, 2019/2020 y 2020/2021. [3]

Tabla 1. Relación de Superficie Cultivada

Campaña	Área sembrada (Hs)		
	Total País	Total Chaco	%
2018/2019	9.039.594	281.867	3,11
2019/2020	9.504.473	279.602	2,94
2020/2021	9.742.230	228.250	2,34

Tabla 2. Relación del Nivel de Producción

Campaña	Cosecha (Ton)		
	Total País	Total Chaco	%
2018/2019	56.860.703	1.188.223	2,08

2019/2020	58.395.811	1.306.732	2,23
2020/2021	60.525.805	892.515	1,47

Considerando la producción en la provincia, se pretende lograr materiales que mejoren su resistencia y rendimiento. Para lograr dichos objetivos se recurre a la llamada hibridación, que mejora las características genéticas con el fin de obtener mayor rendimiento y también poseer resistencia a enfermedades y condiciones de desarrollo adversas [4], [5].

Para conseguir híbridos con características genéticas mejoradas se hicieron mejoramientos en el maíz, utilizando materiales resistentes a factores biológicos [6] y ambientales, principalmente al agua [7].

Además, se han realizado modificaciones genéticas in vitro, desarrollando genotipos resistentes a los herbicidas [8]

Tanto el rendimiento como la calidad del grano de maíz pueden ser influenciados por las características del mismo (genotipo), y el ambiente en el que se desarrolla (fenotipo) o por la acción entre ambos [9]. La interacción entre genotipo y ambiente es considerada como la respuesta de los genotipos ante cambios en el Ambiente [10].

El Ambiente puede estar sujeto a un factor o conjunto de factores que impactan en el crecimiento del cultivo. La temperatura [11] y el tiempo de incidencia de luz solar [12] son algunas de las variables que actúan sobre el crecimiento del cultivo de maíz.

El crecimiento del maíz depende principalmente de la temperatura siempre y cuando los valores no sean demasiados altos o bajos de manera que no afecten el desarrollo de las plantas y de la luz solar. Las condiciones más propicias para rendimientos elevados se dan en climas con alta radiación solar y temperaturas diurnas elevadas entre 20 y 28°C [13]

Las condiciones de desarrollo de cultivo del maíz modifican la estructura del almidón de los granos y la relación amilosa / almidón disminuye a medida que la temperatura del ambiente

desciende. La cantidad de amilosa en el endospermo de los granos aumenta cuando los parámetros para el desarrollo son óptimos durante el tiempo de llenado de granos. [14]

La composición del grano está determinada por los genes del híbrido, pero las condiciones ambientales actúan notablemente en este aspecto, principalmente con la temperatura. [15]

Aquellas variedades de híbridos de maíz que tienen un alto porcentaje de sus parámetros químicos (almidón, proteína y aceite) favorecen la transformación en productos que son utilizados en la industria. [16]

El desarrollo regional es una preocupación central de los principales actores productivos y la comunidad toda, desde sus primeros conceptos relacionados al desarrollo económico hasta sus concepciones más recientes como el desarrollo sustentable. Existe cierto consenso de que el desarrollo económico es la capacidad de crear riqueza para incrementar el bienestar económico y social de la población de una determinada zona geográfica.

El aprovechamiento de un recurso con valor comercial y energético, constituye una oportunidad de desarrollo sostenible para el sector, en tanto reportan beneficios económicos y un impacto favorable sobre el medio ambiente, caracterizada principalmente por la existencia de un sistema productivo primarizado.

Mediante la búsqueda de nuevas alternativas enfocada a potenciar el desarrollo de la región norte del país, se plantea como opción al cultivo del maíz y su cadena de valor, concebida como un modelo de desarrollo por su capacidad en colaborar con la sustentabilidad del sistema productivo, elevar la producción primaria, y crear empleo genuino, fundamentalmente mediante el agregado de valor en el proceso de conversión de este cultivo en alimentos y energía.

DESARROLLO

Para conocer la relación entre el ambiente y la cantidad de almidón del grano de maíz se analizan muestras provenientes de explotaciones agropecuarias de localidades de la provincia del Chaco, donde este cultivo tiene una importancia relevante y constante en el tiempo.

Los establecimientos participantes en el desarrollo del trabajo se encuentran ubicados

entre Latitud 26° 17' 17.84" S, 27° 45' 14.37" S, Longitud 60° 22' 9.34" O y 61° 40' 56.88" O.

En cada uno de los establecimientos, se seleccionaron parcelas para la ejecución de los ensayos, bloques de siembra con la siguiente serie de variedades de material genético, tales como, Templado, Templado x Tropical y Tropical, efectuando el correspondiente seguimiento y control durante el ciclo del cultivo.

Los híbridos que se seleccionaron para el ensayo están indicados en la Tabla 3.

Tabla 3: Tipos de Híbridos

Tropical	Templado x Tropical	Templado
DK390VT3P	DK7910VT3P	DK7210VT3P
NK139VIP3	LT795VT3P	DK7310VT3P
P30F53HXRR2	2A120PW	2M510PW

Durante el ciclo evolutivo del cultivo se efectuó la recolección de los datos meteorológicos, tales como, temperatura promedio, precipitaciones y radiaciones interceptadas (Tabla 4).

Tabla 4: Datos Meteorológicos

Localidades	Temperatura Promedio (°C)	Precipitaciones (mm)	Heliofanía Efectiva (hs)
Los Frentones	22,7	665	7,367
Campo Largo	24,4	388	6,873
Pampa del Infierno	24,4	388	7,367
Las Breñas	24,3	191	7,367
Tres Isletas	24,0	553	6,873
Sáenz Peña	24,0	364	6,873
Charata	24,4	414	7,367
Gral. Capdevila	24,4	384	7,367

Además, se analizaron datos de las condiciones edafológicas de las distintas parcelas utilizadas para los ensayos, en las que se incluye el pH, cantidad de materia orgánica presente, cantidad de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) (Tabla 5).

Tabla 5: Datos de Suelos

Localidades	pH	Materia Orgánica (%)	N (ppm)	P (ppm)
Los Frentones	7,3	0,40	0,069	0,77
Campo Largo	7,0	0,42	0,068	13,10
Pampa del Infierno	7,5	1,27	0,150	67,10
Las Breñas	6,5	1,00	1,170	58,50
Tres Isletas	6,7	0,56	0,08	63,50
Sáenz Peña	7,6	1,50	0,115	55,80
Charata	6,8	0,77	0,101	74,20
Gral. Capdevila		1,29	0,133	59,90

Durante el proceso de recolección, cosecha mecánica, se extrajeron muestras de manera directa, del sistema de descarga, las que fueron acondicionadas, almacenadas y conservadas en un ambiente seco hasta su posterior análisis.

Posteriormente se efectuó la determinación del rendimiento promedio por localidades del maíz en quintales por hectárea (Tabla 6). Como así también, la determinación analítica del porcentaje de almidón presente en los granos (Tabla 7).

Tabla 6: Rendimiento Promedio por Localidades

Localidades	Rendimiento (qq/ha)			
	Tropical	Templado x Tropical	Templado	Promedio
Los Frentones	73,07	78,69	82,36	78,04
Campo Largo	52,27	48,40	65,49	55,39
Pampa del Infierno	91,79	92,85	95,15	93,26
Las Breñas	78,88	78,31	81,76	79,65
Tres Isletas	36,82	53,74	44,27	44,94
Sáenz Peña	59,98	49,80	56,60	55,46
Charata	73,47	91,26	79,55	81,43
Gral. Capdevila	81,37	90,31	106,22	92,63
Promedio	68,46	72,92	76,43	72,60

Tabla 7: Contenido Promedio de Almidón

Localidades	Almidón %			
	Tropical	Templado x Tropical	Templado	Promedio
Los Frentones	74,14	72,8	79,48	75,47
Campo Largo	75,48	74,4	73,44	74,44
Pampa del Infierno	71,22	73,05	73,65	72,64
Las Breñas	74,53	76,93	73,1	74,85

Tres Isletas	74,99	74,43	73,75	74,39
Sáenz Peña	74,56	73,7	73,2	73,82
Charata	69,99	71,05	70,52	70,52
Gral. Capdevila	73,8	67,7	73,87	71,79
Promedio	73,59	73,01	73,88	73,49

RESULTADOS

Los resultados muestran que el rendimiento en grano de los híbridos analizados presentó diferencias significativas en función de las condiciones ambientales y edafológicas donde se desarrolló el cultivo.

Se puede distinguir las características que llevan al híbrido de maíz del Tipo Templado a presentar un rendimiento promedio de 76,42 qq/ha, logrando superar en gran parte de las localidades analizadas los 80 qq/ha, valor que se tomará como referencia promedio.

Además, se distinguen dos grupos bien diferenciados de localidades, donde en el primero de estos grupos se encuentran las localidades de Pampa del Infierno y Capdevila con rendimientos que superan los 91,79 qq/ha y 81,37 qq/ha respectivamente para cualquier híbrido considerado. En el segundo grupo se considera a Los Frentones, Las Breñas y Charata donde el rendimiento total promedio ronda los 79 qq/ha.

Se realizó un histograma para analizar la frecuencia del porcentaje de almidón.

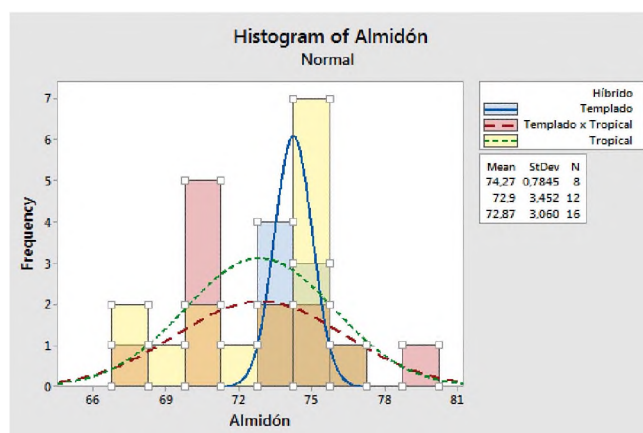


Figura 1: Grafica de Histograma de Almidón

En primer lugar, se tomará el valor de 73,49 % como valor promedio para realizar el análisis, que es el valor hallado luego de haber realizado los ensayos del contenido de almidón, tal como está representado en la Tabla 7.

Se puede observar que entre 73 y 75 % es el mayor grado de repetitividad y que el valor promedio tomado para realizar el análisis se encuentra dentro de estos límites.

Posteriormente se muestran gráficos de dispersión del porcentaje de almidón contenido en los granos en función de los factores climáticos y edafológicos.

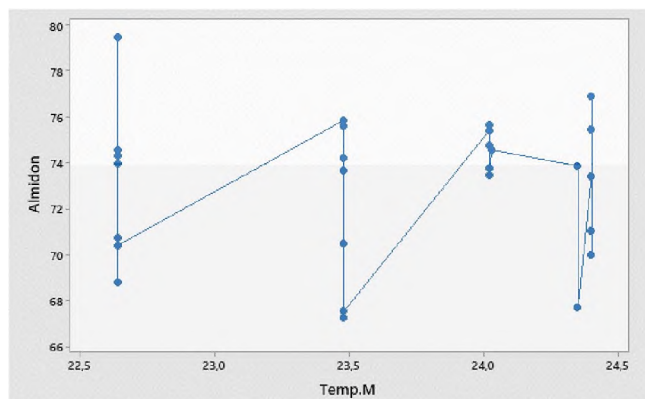


Figura 2: Gráfica de Dispersión de Almidón vs. Temperaturas Medías

En este gráfico se observa que para Temperaturas Medias que oscilan entre 22,7 y 24,4 °C los valores de Almidón varían entre 67,7 y 79,48 %. Si se toma la media del % de Almidón se puede notar que existen híbridos cuyos valores son superiores a la media a distintas temperaturas.

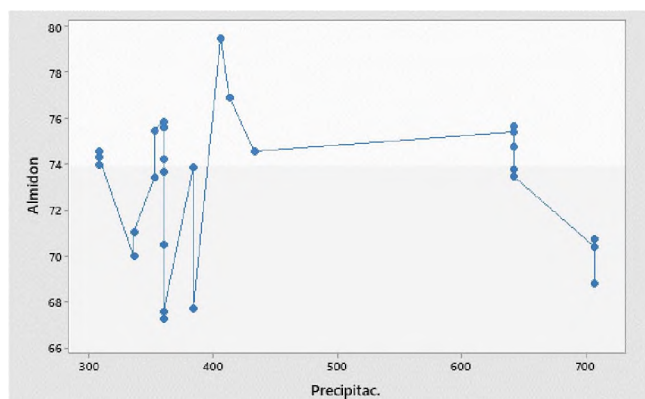


Figura 3: Gráfica de Dispersión de Almidón vs Precipitaciones

En la Figura 3 se observan variaciones del porcentaje de Almidón superiores al promedio para distintos valores de precipitaciones que oscilan entre 190,75 mm hasta 665 mm.

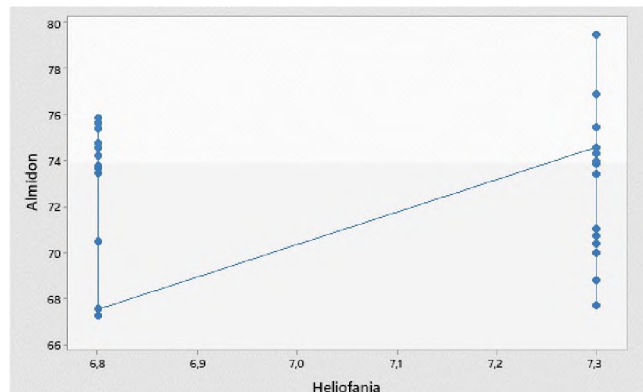


Figura 4: Gráfica de Dispersión de Almidón vs. Heliofanía

En este caso, Figura 4, al analizar la incidencia de la heliofanía en el porcentaje de almidón se observa que la misma varía desde 6,873 a 7,367 hs, agrupando mayor cantidad de localidades que superan el porcentaje promedio, a un valor de HE de 6,873 hs.

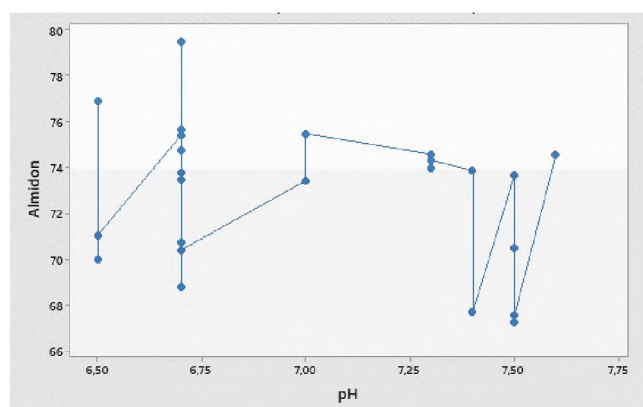


Figura 5: Gráfica de Dispersión de Almidón vs. pH

En la Figura 5 se analiza el comportamiento del Almidón con el pH del suelo, observando una variación de 6,50 a 7,75. En este caso los cultivos que superan el promedio de 73,49 % tienen una variación de pH desde 6,50 a 7,60 pero observándose un pico en pH 7,3.

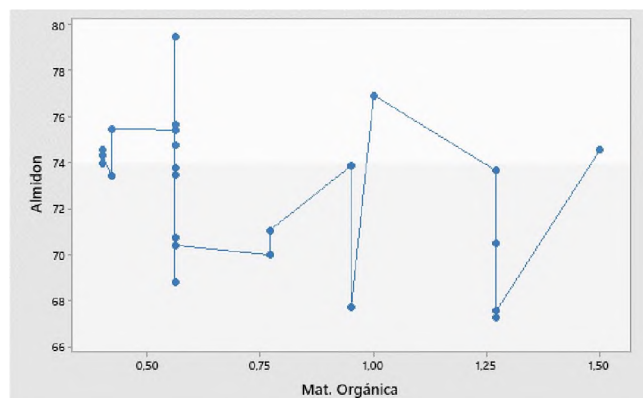


Figura 6: Grafica de Dispersión de Almidón vs. Materia Orgánica

Analizando el comportamiento del porcentaje de Almidón en función de la Materia Orgánica que oscila entre 0,40 y 1,50 % se advierte que entre 0,25-0,60 % demuestra valores mayores a 73,49 % de Almidón.

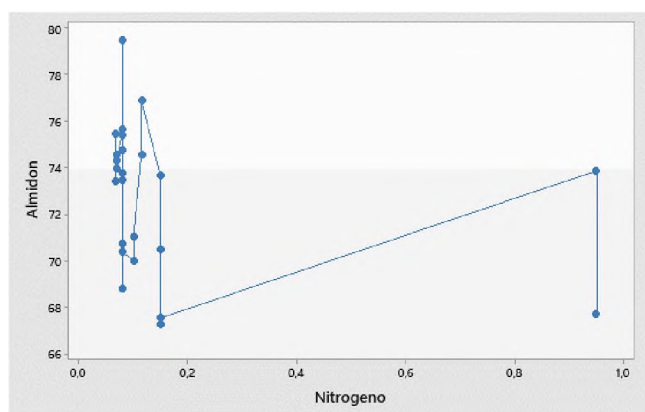


Figura 7: Grafica de Dispersión de Almidón vs. Nitrógeno

Se analiza la variación del % de almidón con relación al contenido de Nitrógeno presente en el suelo que varían desde 0,068 hasta 1,17 ppm. Los porcentajes superiores al promedio se dan con valores de Nitrógeno entre 0,1-0,15 ppm.

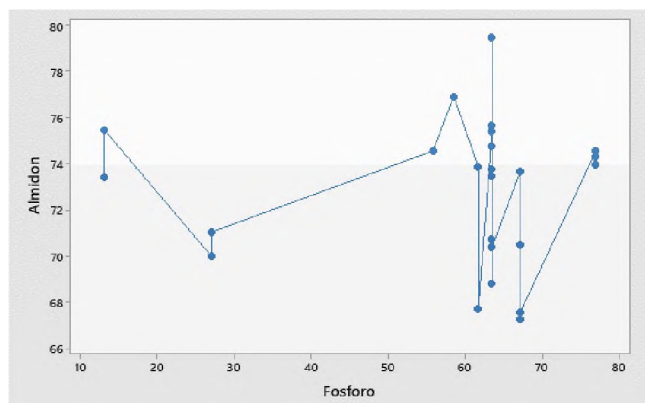


Figura 8: Grafica de Dispersión de Almidón vs. Fósforo

En cuanto a la relación entre rendimiento y cantidad de P, se observa que para porcentajes de almidón superiores al promedio, se lograron con contenidos de P que oscilan entre 50 a 60 ppm.

CONCLUSIONES

Del análisis, surge, que los híbridos de maíz genéticamente modificados con fines energéticos exhibieron un buen rendimiento en granos y

contenido de almidón lo cual expresa su alto potencial productivo en la provincia. Además, se puede ponderar, que las localidades de Pampa del Infierno y Gral. Capdevila presentan excelentes cualidades para el desarrollo del cultivo de maíz.

La concreción de los objetivos es una tarea que requiere sinergia entre todos los actores del sector productivo y de un estado que actúe como motor de las iniciativas privadas, con políticas que incentiven la producción.

El camino del desarrollo a través de la transformación de los recursos es la respuesta para solucionar las dificultades que afligen al sector, como ser la pobreza, marginalidad y exclusión social, donde el estado debe promoverla activamente.

Libros

- [4] Mac Robert, J.F., P.S. Setimela, J. Gethi y M. Worku. (2014). Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F.: CIMMYT.1-26
<http://hdl.handle.net/10883/16849>

Capítulo de Libros

- [5], [8] Guillermo H. Eyherabide. Bases Para El Manejo del Cultivo de Maíz. (2015). *Mejoramiento Genético de Maíz*. 57-78
- [6] Tollenaar M, Lee E. A. (2002). Potencial de Rendimiento, Estabilidad del Rendimiento y Tolerancia al Estrés en Maíz. *Field Crop Res. Mayo. Investigación de Cultivos de Campo* (161-169)
- [9] Aguirrezábal, L.A.N y Pereyra, V.R. (1998). Girasol. *Calidad de Productos Agrícolas. Bases Ecofisiológicas, Genéticas y de Manejo Agronómico*. Edición de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNMDP) y de la Estación Experimental Balcarce del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (139-192).
- [10] Crossa J., Gauch H.; Zobel W. (1990) Additive Main Effects And Multiplicative Interaction Analysis Of Two International Maize Cultivar Trials. *Crop Science* 30:493-500.

- [11] Ritchie J., Nesmith D. (1991). Temperature and crop development. *Modeling plant and soil systems*. Ed. John Hanks y J.T. Ritchie. ASACSSA-SSSA. Madison, WI. Agronomy monograph N° 31 (5-29)
- [12] Kiniry J., Ritchie J., Musser R. (1983). Agronomy Journal. Dynamic nature of the photoperiod response in maize, Volumen 75 (700-703).
- [13] Diego Martinez Alvarez. (2015) El Cultivo del Maíz en San Luis. *Ecofisiología del Cultivo de Maíz*. (7-31)

Agroindustrial y Ambiental Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. *Análisis composicional cuanti-cualitativo de los macronutrientes del grano de híbridos de maíz con valor mejorado (VEC) desarrollados para la industria alimentaria argentina* Vol. 3 (37-51).

Artículo en publicaciones periódicas

- [1] Bragachini, Mario; Ustarroz, Fernando, Bragachini, Marcos; Mathier, Diego (2013). El maíz, bioenergía y agregado de valor en origen (1-6)
- [2] Informe Productivo Provincial. Subsecretaría de Programación Socioeconómica. Secretaría de Política Económica. Julio 2019. ISSN 2525-0221
<https://www.senado.gob.ar/upload/32012.pdf>
- [3] Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
<https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- [7] Mark Cooper, Carla Gho, Roger Leafgren, Tom Tang and Carlos Messina Breeding (2014). Journal of Experimental Botany *Drought-tolerant maize hybrids for the US corn-belt: discovery to product* Vol. 65, No. 21 (6191–6204)
- [14] Actis, M.; Farroni, A. E.; Andrade, F. H.; Valentinuz, O. R.; Cirilo, A. G. (2020). Revista RIA-INTA. *Composición y propiedades térmicas del almidón en granos de maíz flint (Zea mays, L.): efectos del ambiente y manejo del cultivo*.
- [15] Izquierdo, Natalia G., Cirilo, Alfredo G. (2013). Jornada de Actualización. Calidad del grano de maíz para la industria y la producción en bovinos, Balcarce. *Usos del maíz. Efectos del ambiente y del manejo sobre la composición del grano* (88-92).
- [16] Corcuera V. R., Salmoral E. M., Pennisi M., Kandus M., Salerno J. C. (2016). Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria,