



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**Trabajo Final de Graduación**

**Modalidad “Tesis”**

**Título:** “VARIACIÓN DE PESO Y NÚMERO DE GRANOS EN DOS FECHAS DE SIEMBRA TEMPRANA EN DOS HIBRIDOS DE MAIZ EN CORRIENTES”

**Autor:** Calis, Lisandro Luis Ramón.

**Asesor:** Ing. Agr. (Mgter.) Balbi, Celsa Noemí

**Lugar de trabajo:** Campo Didáctico Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE.

**Duración:** 6 (seis) meses.

**Año:** 2021

## INDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>5</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>6</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>7</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>10</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>12</b>
<b>GRÁFICOS.....</b>	<b>13</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>17</b>

## RESUMEN

El nordeste argentino (NEA) es considerado área marginal para los cultivos de maíz. Sin embargo, la expansión agrícola en la última década tuvo su máximo crecimiento en regiones extra pampeanas, como el NEA. De ahí la importancia de generar información sobre prácticas de manejo agrícola orientadas a la maximización de rendimientos y optimización de la calidad. Con el objetivo de evaluar componentes del rendimiento de dos híbridos comerciales de diferente germoplasma: híbrido tropical por templado TRxTE, Pioneer 32R48 VYHR y templado TE, Pioneer 2089 VYHR con 2 fechas de siembra diferentes, en parcelas de 4 líneas, distanciados a 0.52 metros. El ensayo se realizó durante la campaña 2019/20, en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE (Corrientes, Argentina), conducido sin limitantes hídricas ni nutricionales. El ensayo se llevó a cabo con un diseño factorial en bloques completos al azar, en la parcela principal se ubicaron las fechas y en la sub-parcela los híbridos. Se evaluaron componentes del rendimiento (número de hilera, número de granos por hilera, número de granos, peso de los granos) y biomasa, por dos métodos, alométrico no destructivo y destructivo. Se calculó la biomasa acumulada por planta, durante el período crítico y la biomasa final, luego se las relaciona por medio de funciones que explican las relaciones. Las comparaciones entre tratamientos con sus repeticiones correspondientes fueron analizadas con ANOVA y las medias de los datos obtenidos se compararon con el test de Duncan (0.05). El número de hileras no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. El número de granos por hilera mostró diferencias significativas con valores entre 26.50 gr.h<sup>-1</sup> y 31 gr.h<sup>-1</sup>. El número de granos por m<sup>2</sup> mostró diferencias significativas con valores entre 2779.50 gr.m<sup>-2</sup> y 3337.50 gr.m<sup>-2</sup>. El peso de granos por m<sup>2</sup> presentó diferencias significativas con valores entre 597.00 g.m<sup>-2</sup> y 938.50 g.m<sup>-2</sup>. El peso de 1000 granos presentó diferencias significativas con valores entre 210 g. y 305 g. El peso unitario expresado en gramos por grano presentó diferencias significativas con valores entre 0.21 g.gr<sup>-1</sup> y 0.31 g.gr<sup>-1</sup>. El rendimiento en gramos por m<sup>2</sup> presentó diferencias significativas entre los tratamientos con valores entre 597.00 g.m<sup>-2</sup> y 938.50 g.m<sup>-2</sup>. La biomasa final expresada en gramos por planta presentó valores entre 117.20 g.pl<sup>-1</sup> y 251.10 g.pl<sup>-1</sup>.

## INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays*, es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu *Maydeae*, y es la única especie cultivada de este género. Es una planta C4 con una alta tasa de actividad fotosintética. Su tasa de multiplicación es de 1:600-1000 granos. Fue el primer cereal a ser

sometido a rápidas e importantes transformaciones genéticas y tecnológicas, tal como se pone en evidencia en la bien documentada historia del maíz híbrido en los Estados Unidos de América y posteriormente en Europa. El éxito de la tecnología basada en la ciencia para el cultivo del maíz ha estimulado una revolución agrícola generalizada en muchas partes del mundo (FAO, 2013).

Dentro de las especies cultivadas, el maíz ocupa el tercer lugar de importancia en el mundo en cuanto a volumen de producción después del trigo y del arroz. Tiene una gran relevancia económica a nivel mundial, ya sea como alimento humano, alimento para el ganado (grano, burlanda y forraje), fuente de numerosos subproductos industriales (Andrade *et al.* 1996) y producción de biocombustibles. El maíz se cultiva en más de 150 millones de hectáreas (FAO, 2013) con una producción anual de más de 580 millones de toneladas. El rendimiento medio del maíz en los trópicos es de 1 800 kg.ha<sup>-1</sup> comparado con una media mundial de más de 4 000 kg.ha<sup>-1</sup>. El rendimiento medio del maíz en las zonas templadas es de 7000 kg/ha (CIMMYT, 1994).

Para la campaña 2018/19 la producción estimada es de 49,5 millones de toneladas (Bolsa de Comercio de Rosario, 2019) y 55 millones de toneladas según la secretaría de agroindustrias, contempla un volumen mayor, pero en las estimaciones oficiales se suma el grano para alimentación animal u otros usos. La frontera agrícola argentina está en expansión hacia el norte del país con altas probabilidades de tener que incorporar riego a futuro.

El maíz es clasificado en dos tipos distintos dependiendo de la latitud y del ambiente en el que se cultiva. El maíz cultivado en los ambientes más cálidos, entre la línea ecuatorial y los 30° de latitud sur y los 30° de latitud norte es conocido como maíz tropical, mientras que aquel que se cultiva en climas más fríos, más allá de los 34° de latitud sur y norte es llamado maíz de zona templada; los maíces subtropicales crecen entre las latitudes de 30° y 34° de ambos hemisferios. Esta es una descripción muy general ya que los maíces tropicales y templados no obedecen a límites regionales o latitudinales rígidos, sino más que ello a respuestas la temperatura (Paliwal *et al.*, 2012).

En el norte argentino, los materiales sembrados en época tardía han sido, en su mayoría, tropicales, mientras que en fechas de siembra tempranas se emplean híbridos templados por sus altos potenciales productivos, aunque más sensibles a altas temperaturas y presión de plagas y enfermedades. Asimismo, existen diferencias importantes en estructura de planta y tolerancia a altas poblaciones entre híbridos tropicales, encontrando en el mercado tanto híbridos de porte bajo, hojas erectas y buena tolerancia a poblaciones

elevadas, como híbridos de gran altura y planófilos, que presentan un rango de densidad óptima estrecho y bajo (Graneros y Uhart, 2010). Actualmente, las empresas han realizado cruzamientos entre ambos germoplasmas. Con lo cual se han combinado dichas características.

Desde el punto de vista ecofisiológico, la producción de cultivos depende de la intercepción de la radiación solar y de su conversión en biomasa. La biomasa del cultivo, que proviene de la fijación de dióxido de carbono, se encuentra ligada a la capacidad del cultivo de interceptar radiación incidente, y luego convertirla en materia seca, que multiplicada por el índice de cosecha o partición genera el rendimiento final (Andrade *et al.*, 1996).

Con atrasos en la fecha de siembra, la tasa de crecimiento de estructuras reproductivas y el número de granos pueden disminuir. Sin embargo, y probablemente debido a una mayor tolerancia al estrés abiótico (Echarte *et al.*, 2004; Di Matteo *et al.*, 2016), los genotipos modernos exhiben alta eficiencia reproductiva aún en fechas tardías, y por ello, pueden fijar un alto número de granos (Bonelli *et al.*, 2016). Retrasos en la fecha de siembra ubican la floración del cultivo en momentos de menores niveles de radiación solar, por lo que esta situación es desventajosa para lograr una mayor fijación de granos en el cultivo, al limitar la disponibilidad de recursos por planta. Si bien los rangos de fechas en los que se observa esta respuesta depende de la localidad, comparaciones del número de grano por unidad de superficie en genotipos adaptados actuales y de hace dos décadas (Cirilo y Andrade, 1994) demuestran que el número de granos (NG) fijado por genotipos modernos es mayor para una misma fecha de siembra. Dicho aspecto explicaría la mayor estabilidad del rendimiento ante cambios en la fecha de siembra de genotipos actuales.

Sin embargo y a pesar de la mayor habilidad de los genotipos modernos para fijar granos, el rendimiento potencial del maíz de enero es menor que en fechas tempranas y este potencial disminuye cuando se retrasan las fechas tempranas. Esto estaría principalmente asociado con limitaciones del crecimiento durante el llenado de granos debido a que las empobrecidas condiciones ambientales durante la etapa posterior a la floración (menor radiación incidente y temperatura) disminuyen la cantidad de radiación solar capturada y la eficiencia del uso de radiación por parte del cultivo. La combinación de alto número de granos y menor calidad ambiental disminuye la fuente de asimilados por grano y acorta la duración del llenado, siendo estos efectos más acentuados en genotipos modernos con alta capacidad para fijar granos (Echarte *et al.*, 2004; Bonelli *et al.*, 2016).

El rendimiento en grano del cultivo de maíz se compone del número de granos producidos por unidad de superficie y del peso medio del mismo. El primero está más estrechamente relacionado con las variaciones en el rendimiento (Cirilo y Andrade, 1994). En cuanto a la determinación del número de granos, la cantidad de estructuras florales diferenciadas potencialmente viables para dar granos maduros, no es la principal determinante en maíz del número de granos que alcanza la cosecha, sino la supervivencia de esas estructuras fecundadas (Andrade *et al.* 1996).

En cuanto a la determinación del peso de grano, este resulta de la duración de su período de llenado y la tasa a la cual acumula materia seca, siendo esta última la que explica más estrechamente el peso final del grano. Esta acumulación tiene tres etapas, la primera conocida como “lag” en la cual la espiga completa su alargamiento y queda determinado el número de granos cosechables (Eyherabide, 2013); la siguiente es la fase de llenado efectivo donde el grano acumula el 80% del peso final, si los asimilados son suficientes para abastecer la demanda; y en la última etapa la fase de llenado se hace decreciente hasta hacerse nula alcanzando la madurez fisiológica. La tasa de llenado responde positivamente a la temperatura, aunque a elevada temperatura el acortamiento de su duración no alcanza a ser compensado por la mayor tasa y el peso final del grano quedará limitado. En cuanto a las fechas de siembra, tiene una marcada influencia sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo y por ende, sobre su rendimiento (Andrade *et al.*, 2000). Los mayores rendimiento se obtienen en las siembras tempranas, en planteos sin limitaciones hídricas, nutricionales, ni sanitarias, donde esto le permite al cultivo fijar más granos al ubicar su floración a principio de verano con altos niveles de radiación incidente; pero este tiene dos contratiempos, la alta frecuencia de temperatura subóptima y el riesgo de daño por heladas tardías (aunque en la etapa inicial el meristema apical se ubica por debajo del nivel del suelo) (Satorre *et al.*, 2003).

Las empresas liberan diferentes germoplasma en cada campaña y es por ello que resulta necesario evaluarlos en diferentes ambientes modificados por la fecha de siembra.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Cuantificar variaciones en peso y número de granos en dos fechas de siembra temprana para dos híbridos de diferente germoplasma en Corrientes.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el desempeño agronómico de dos híbridos de diferente germoplasma: 1. templado TE y 2. tropical x templado. TRxTE.

- Cuantificar variaciones en peso y número de granos en dos fechas de siembra temprana para dos híbridos de diferente germoplasma.
- Determinar el número de hileras y de granos por hilera para ambos híbridos, rendimiento y peso unitario de granos.

## ANTECEDENTES

### ELECCIÓN DEL HÍBRIDO

Por su parte, la elección del híbrido cumple un papel determinante tanto en el manejo como en el resultado del cultivo. Dentro de la oferta de cultivares para la región en estudio se encuentran algunos con germoplasma tropical, otros con germoplasma templado y una combinación de ambos. Los actuales híbridos de germoplasma tropical se caracterizan por tener i) una mayor estructura de planta (más altos y con mayor altura de inserción de espiga), ii) mayor tolerancia a enfermedades típicas de zonas tropicales (i.e. *Exserohilum* sp., *Cercospora* sp., “corn stunt”), iii) mayor tolerancia a altas temperaturas, iv) menor índice de cosecha y iv) menor capacidad de producción de granos por  $m^2$  (Aluko y Fischer, 1987; Andrade *et. al.*, 1996; Elings *et. al.*, 1997; Rattalino Edreira *et. al.*, 2011) en tanto que los híbridos templados muestran menor tolerancia a altas temperaturas y enfermedades tropicales. Sin embargo, los genotipos templados toleran mayores densidades, lo que permite fijar mayor número de granos por unidad de tasa de crecimiento de planta llevando esto a rendimientos potenciales superiores (Valentinuz, 1997; Echarte *et al.*, 2004).

### FECHA DE SIEMBRA

La elección de la fecha de siembra (FS) es una de las prácticas agronómicas de manejo que mayor impacto tienen en la expresión del rendimiento, y a diferencia de otras (fertilización, control de malezas o plagas, elección del híbrido, etc.) no implican cambios en los costos de producción (Satorre *et al.*, 2003).

Los mayores rendimiento se obtienen en las siembras tempranas, en planteos sin limitaciones hídricas, nutricionales, ni sanitarias, donde esto le permite al cultivo fijar más granos al ubicar su floración a principio de verano con altos niveles de radiación incidente; pero este tiene dos contratiempos, la alta frecuencia de temperatura sub óptima y el riesgo de daño por heladas tardías (aunque en la etapa inicial el meristema apical se ubica por debajo del nivel del suelo) (Padilla y Otegui, 2005).

## NÚMERO DE GRANOS

En cuanto a la determinación del número de granos, la cantidad de estructuras florales diferenciadas potencialmente viables para dar granos maduros, no es la principal determinante en maíz del número de granos que alcanza la cosecha, sino la supervivencia de esas estructuras fecundadas (Cirilo y Andrade, 1994; Otegui y Andrade, 2000).

En el periodo de cuatro semanas centradas en la fecundación femenina, el cultivo es sensible a cualquier estrés de crecimiento en cuanto al número final de granos logrados.

Durante la primera mitad del periodo, previo a la aparición de los estigmas queda determinado el número de espigas, mientras que en la segunda se determina el número de granos fijados por espiga. El número de granos cosechado en el cultivo responde a las variaciones en la tasa de crecimiento que experimentó el cultivo durante el periodo crítico; la relación de este parámetro puede variar para diversas situaciones de densidad de siembra, disponibilidad de agua, radiación, nitrógeno y régimen térmico (Andrade *et al.*, 1999; Cantarero *et al.*, 1999; Otegui y Andrade, 2000).

## PESO DE GRANOS

En cuanto a la determinación del peso de grano, este resulta de la duración de su periodo de llenado y la tasa a la cual acumula materia seca, siendo esta última la que explica más estrechamente el peso final del grano (Borrás y Otegui, 2001). Esta acumulación tiene tres etapas, la primera conocida como “lag” en la cual la espiga completa su alargamiento y queda determinado el número de granos cosechables (Cirilo y Andrade, 1994); la siguiente es la fase de llenado efectivo donde el grano acumula el 80% del peso final, si los asimilados son suficientes para abastecer la demanda; y en la última etapa la fase de llenado se hace decreciente hasta hacerse nula alcanzando la madurez fisiológica. La tasa de llenado responde positivamente a la temperatura, aunque a elevada temperatura el acortamiento de su duración no alcanza a ser compensado por la mayor tasa y el peso final del grano quedará limitado (Thompson, 1986).

La tasa de llenado responde positivamente a la temperatura de la etapa (Cirilo y Andrade, 1994), aunque a elevadas temperaturas el acortamiento de su duración no alcanza a ser compensado por la mayor tasa y el peso final del grano quedará limitado (Thompson, 1986; Keeling *et al.*, 1994).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### LUGAR DE TRABAJO

El experimento se realizó en la localidad de Corrientes, en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE durante el ciclo agrícola 2019 – 2020.

El Campo Didáctico Experimental se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: 27° 28'2723" S, Longitud: 58° 47'0066" O, altitud: 50 m snm. (Figura 1).

El clima de la región se encuentra caracterizado como subtropical o templado cálido, correspondiente a los “bosques siempre verdes” de tipo mediterráneo (Bruniard, 2000). Por sus características, según Köppen, corresponde a Climas Templados Húmedos (De Fina y Ravelo, 1985). El suelo se encuentra clasificado como Udipsament ácuico hipertérmico de la serie Ensenada Grande (Escobar *et al.*, 1996).

Se sembraron dos híbridos comerciales de diferente germoplasma (tropical por templado “Pioneer 32R48 VYHR” y templado “Pioneer 2089 VYHR”) en dos fechas de siembra; 6 de septiembre (FECHA 1) y 20 de septiembre (FECHA 2). Distanciados a 0.52 metros y un largo de 32 metros en total 8 metros para cada bloque, en parcelas de 8 líneas cada una con 4 repeticiones. Se utilizó un diseño factorial en bloques completos al azar, en la parcela principal se ubicaron las fechas y en la sub-parcela los híbridos. El ensayo fue conducido en condiciones de campo, de ser necesario se agregó riego, el mismo fue por goteo con cintas que proveen 3.8 litros por metro lineal por hora (provisto en caso de no ocurrir precipitaciones, a razón de 3 riegos semanales con una duración de 1.5 horas). Se realizó análisis de suelo y posteriores fertilizaciones de acuerdo a la demanda de nutrientes, principalmente a base de urea (46-0-0).

### MATERIALES GENÉTICOS

Se evaluaron dos híbridos de maíz caracterizados como germoplasma tropical por templado y tropical. Se utilizaron los híbridos cuyas características agronómicas se nombran a continuación:

- tropical por templado “**Pioneer 32R48 VYHR**”
- templado “**Pioneer 2089 VYHR**”

La siembra se realizó el 6 de septiembre FECHA 1 y 20 de septiembre FECHA 2 luego de un barbecho químico con glifosato. El control de malezas, se efectuó con herbicidas pre-emergentes (atrazina).

## MEDICIONES REALIZADAS

### Componentes del rendimiento número y peso de grano

Cuando los granos alcanzaron una humedad de aproximadamente 18% se recolectaron manualmente las espigas de un área correspondiente a 2 m<sup>2</sup> por tratamiento, dichas espigas ubicadas en la zona central de cada parcela. Se cuantificó el número y peso de todos los granos correspondiente a las espigas en estudio. La separación de las espigas fue de forma manual al igual que el desgrane de los mismos. Al momento de separarse de las espigas inmediatamente se obtuvo el peso fresco. Posteriormente se las llevó a estufa por ventilación forzada a 65° C por 72 horas hasta peso constante. Se pesó cada una por separado, se contó el número de hileras, el número de granos por hilera, el número total de granos por espiga, el peso del total de granos y peso del marlo de cada una. Posteriormente se evaluó el rendimiento final (g.m<sup>-2</sup>).

### Biomasa final

Se realizó el corte de planta a la altura del suelo, al momento de la cosecha en 10 plantas por parcela que habían sido seleccionadas e identificadas previamente. Despues de cortadas a nivel del suelo las plantas se separaron en dos fracciones, espiga y resto de la planta de Se realizó el pesado. Luego se las llevó a estufa a 65°C permaneciendo 7 días en la misma, pasados los 7 días se las retiró y peso nuevamente obteniéndose así el peso del material seco.

### Muestreo No Destructivo

Al comienzo del periodo crítico, antes de floración femenina se identificaron 10 plantas consecutivas sobre los surcos centrales de cada parcela experimental para cada tratamiento. Se midieron sobre las plantas identificadas diámetro menor diámetro mayor y altura de planta para calcular el volumen de tallo. Se utilizó la escala fenología de Ritchie y Hanway, (1982). La biomasa de las plantas identificadas y de sus espigas se estimó usando las relaciones alométricas generadas a partir del muestreo destructivo (Terhes, 2013). Por medio de esta aproximación, fue posible cuantificar la biomasa a nivel de planta individual, lo que además aseguró una estimación más certera del peso seco de las plantas marcadas

que permanecieron en el campo hasta madurez fisiológica. (Vega *et al.*, 2001a; Vega *et al.* 2001b, Gambín *et al.*, 2007).

Se calculó la biomasa de las plantas seleccionadas; para los momentos; antes de periodo crítico (APC) y después del período crítico (DPC). Se estimó la biomasa acumulada a nivel de planta individual para el periodo en cuestión.

La determinación de biomasa aérea en el período crítico (V12 y R1+15) de las plantas identificadas se estimó usando las relaciones alométricas generadas a partir del muestreo destructivo (Terhes, 2013). Con la biomasa estimada y el volumen de planta obtenido de los individuos seleccionados en los momentos citados (APC) y (DPC) se estableció el modelo matemático que relaciona volumen y biomasa de los individuos para los diferentes momentos. Por medio de esta aproximación fue posible cuantificar la biomasa acumulada a nivel de planta individual para el periodo en cuestión. A partir de la biomasa acumulada por planta se calculó la tasa de crecimiento por planta por día (TCP) para luego relacionarla con el número de granos.

Los datos relevados se analizaron con el software estadístico INFOSTAT (versión 2.1, Di Rienzo, 2008). Se realizó análisis de la varianza y test de Duncan para establecer diferencias entre medias de tratamientos. Y nivel de significancia al 0.05.

## RESULTADOS

De la superficie en estudio y posterior evaluación estadística se obtuvo la siguiente información. El número de hileras por mazorca no presentó diferencias significativas en el análisis estadístico, mostrando valores entre los tratamientos de  $13 \text{ h.mz}^{-1}$  para TE FECHA 2 y  $14.50 \text{ h.mz}^{-1}$  para TE FECHA 1. El número de granos por hilera mostró diferencias significativas con valores entre  $26.50 \text{ gr.h}^{-1}$  en TE FECHA 2 y  $31 \text{ gr.h}^{-1}$  TRXTE FECHA 2. El número de granos por  $\text{m}^2$  mostró diferencias significativas con valores entre  $2779.50 \text{ gr.m}^{-2}$  para TE FECHA 2 y  $3337.50 \text{ gr.m}^{-2}$  para TE FECHA 1. El peso de granos por  $\text{m}^2$  presentó diferencias significativas con valores entre  $597.00 \text{ g.m}^{-2}$  en TE FECHA 2 y  $938.50 \text{ g.m}^{-2}$  en TRXTE FECHA 1. El peso de 1000 granos presentó diferencias significativas con valores entre 210 g. en TE FECHA 2 y 305 g. en TRXTE FECHA 1. El peso unitario por grano presentó diferencias significativas con valores entre  $0.21 \text{ g.gr}^{-1}$  para TE FECHA 2 y  $0.31 \text{ g.gr}^{-1}$  para TRXTE FECHA 1. El rendimiento por  $\text{m}^2$  presentó diferencias significativas entre los tratamientos con valores entre  $597.00 \text{ g.m}^{-2}$  en TE FECHA 2 y  $938.50 \text{ g.m}^{-2}$  para TRXTE FECHA 1. La biomasa acumulada en PC, expresada en gramos

por planta presentó diferencias significativas con valores entre  $30.46 \text{ g.pl}^{-1}$  para TE FECHA 2 y  $72.88 \text{ g.pl}^{-1}$  para TRxTE FECHA 1. La biomasa final presentó diferencias significativas con valores entre  $117.20 \text{ g.pl}^{-1}$  para TE FECHA 2 y  $251.10 \text{ g.pl}^{-1}$  para TRxTE FECHA 2.

## DISCUSIÓN

El rendimiento en grano del cultivo de maíz se compone del número de granos producidos por unidad de superficie y del peso medio del mismo. El primero está más estrechamente relacionado con las variaciones en el rendimiento (Cirilo y Andrade, 1994). En este caso para fecha temprana en Corrientes. Es de interés conocer ambos componentes del rendimiento. En cuanto a número de granos por superficie, el mayor valor se presentó en TE FECHA 1, sin embargo, el mayor rendimiento se obtuvo en TRxTE FECHA 1. Esto es debido al peso de los granos que presentó TRxTE FECHA 1. La determinación del número de granos, la cantidad de estructuras florales diferenciadas potencialmente viables para dar granos maduros, no es la principal determinante en maíz del número de granos que alcanza la cosecha, sino la supervivencia de esas estructuras fecundadas (Andrade et al., 1996).

Un cultivo conducido sin limitantes hídrica ni nutricional, permite la obtención de los rendimientos máximos; expresando todo su potencial. El rendimiento potencial de un híbrido o cultivar ha sido definido como el rendimiento obtenido cuando crece bajo condiciones no limitantes (hídricas y nutricionales) en un ambiente al cual se encuentra adaptado. Los efectos de la temperatura sobre el desarrollo y de la radiación solar sobre la acumulación de biomasa definen los límites de los rendimientos (Andrade et al., 1996). Es de suma importancia conocer la calidad ambiental en el cual se desarrollará el cultivo; ya que de esto depende el rendimiento del cultivo. Esto se evidencia en el híbrido TE FECHA 2, el cual presentó los valores más bajos para la variables número y peso de granos. Evidenciando así el menor rendimiento para el mismo.

En ambientes tropicales el estrés producido por factores bióticos y abióticos generalmente es más severo con respecto al de ambientes templados (Edmeades et al., 1996; Paliwal et al., 2001). Esto podría observarse en híbrido TE, el cual presentó el menor rendimiento en ambas fechas.

Los mayores rendimiento se obtienen en las siembras tempranas, en planteos sin limitaciones hídricas, nutricionales, ni sanitarias, donde esto le permite al cultivo fijar más granos al ubicar su floración a principio de verano con altos niveles de radiación incidente;

pero este tiene dos contratiempos, la alta frecuencia de temperatura subóptima y el riesgo de daño por heladas tardías (aunque en la etapa inicial el meristema apical se ubica por debajo del nivel del suelo) (Satorre et al., 2003). En el presente trabajo los rendimientos máximos se presentaron en FECHA 1 para ambos híbridos.

Los sistemas de alta producción deben maximizar la radiación interceptada por los tejidos fotosintéticos, la eficiencia de conversión en materia seca y la fracción de materia seca que es asignada a la formación de grano (Cárcova et al., 2003). Al incrementar la radiación interceptada durante el periodo crítico, se obtiene un mayor número de granos por superficie y por ende se incrementan los rendimientos.

Los genotipos tropicales de maíz presentan una limitada capacidad para fijar un alto número de granos por metro cuadrado, a diferencia de los templados. Esta diferencia se explica parcialmente por la adaptación de estos últimos a altas densidades poblacionales, una mayor eficiencia en la fijación de granos por unidad de tasa de crecimiento de planta y una mayor partición de materia seca hacia grano (Aluko y Fisher, 1987; Andrade et al., 1996; Bänziger et al., 2012). Esto puede observarse en el híbrido TE FECHA 1, el cual presentó el mayor valor en términos de granos por metro cuadrado.

El uso del genotipo adecuado es actualmente la principal práctica de manejo que el productor puede tomar como mecanismo de reducción del riesgo económico en la producción comercial de maíz frente a cambios climáticos.

De esto surge que los rendimientos obtenidos en este estudio indicarían la potencialidad en términos de rendimiento en siembras tempranas, demostrando también que altos niveles de rendimiento pueden lograrse en nuestra zona.

## CONCLUSIONES

Los híbridos comerciales de maíz evaluados (TRxTE, TE) son una importante alternativa de producción de grano en la región NEA, con rendimientos potenciales similares a los obtenidos en otras zonas productoras del país.

No se encontraron diferencias para la variable número de hileras entre ambos híbridos.

El número de granos por hilera se vio influenciado por la elección del híbrido y la fecha de siembra. Mostró su mayor expresión en híbrido TRxTE FECHA 2.

En cuanto al número de granos por metro cuadrado ( $gr.m^2$ ) obtuvo mayor expresión en TE FECHA 1.

Respecto al componente peso unitario de granos el mayor valor se observó en TRxTE FECHA 1.

El rendimiento máximo en este trabajo se obtuvo en TRxTE FECHA 1.

Es de suma importancia conocer la calidad ambiental en el cual se desarrollará el cultivo; ya que de esto depende la expresión de los componentes del rendimiento. Esto se evidencia en el híbrido TE FECHA 2, el cual presentó los valores más bajos para el componente número de granos y peso unitario de granos.

Es de interés conocer ambos componentes del rendimiento, tanto número y peso de grano, y no solo prestar atención al número de granos. En cuanto a número de granos en sí; el mayor valor se dio en TE FECHA 1. Sin embargo, el mayor rendimiento se dio en TRxTE FECHA 1. Esto es debido al peso unitario de los granos que presentó TRxTE FECHA 1.

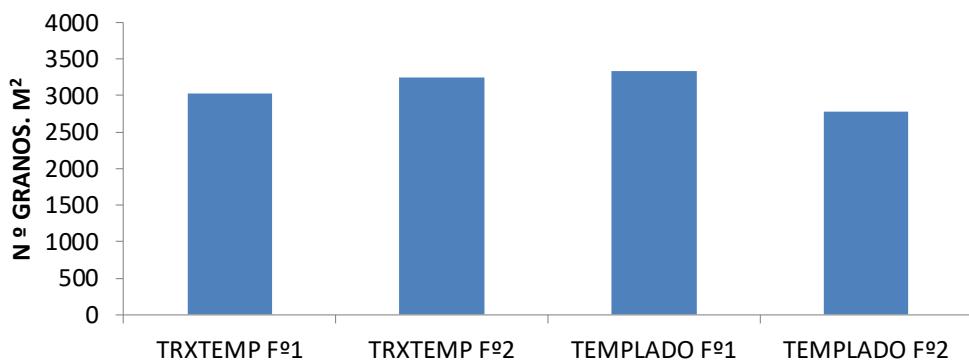
Los mayores rendimientos se observaron en híbrido TRxTE, para ambas fechas. Lo que hace inferir en que es este el que mejor se adaptó a dicho ambiente. Dentro de estos las diferencias se presentaron en el peso unitario de los granos respecto de las diferentes fechas de siembra.

La elección del material genético y la fecha de siembra son determinantes a la hora de definir rendimiento, con diferentes óptimos para cada germoplasma.

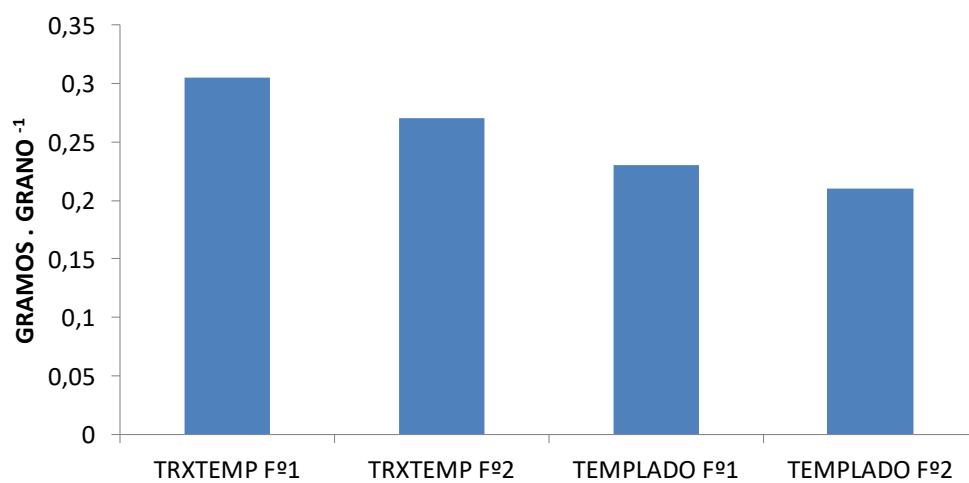
## GRÁFICOS



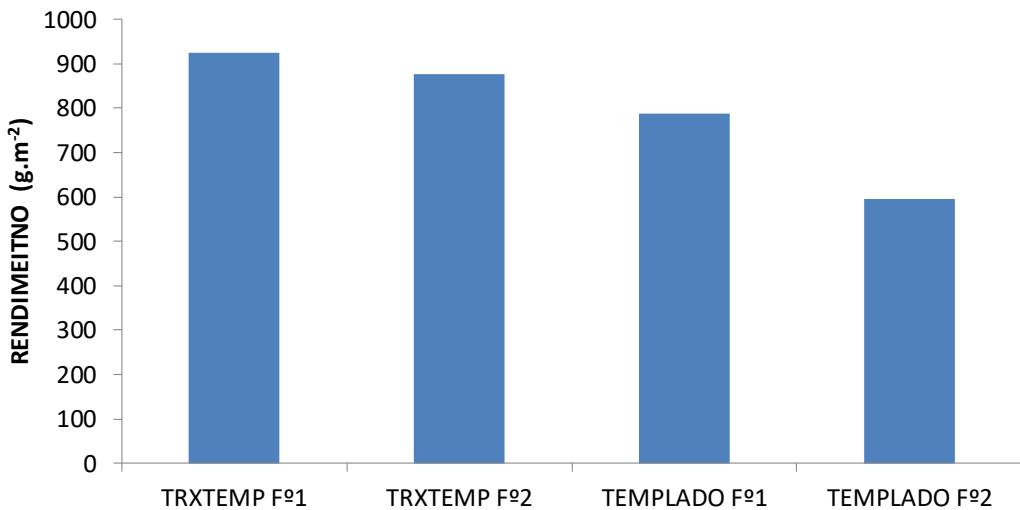
**Figura 1.** Ubicación geográfica del ensayo, Campo Didáctico-Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Corrientes, Argentina.



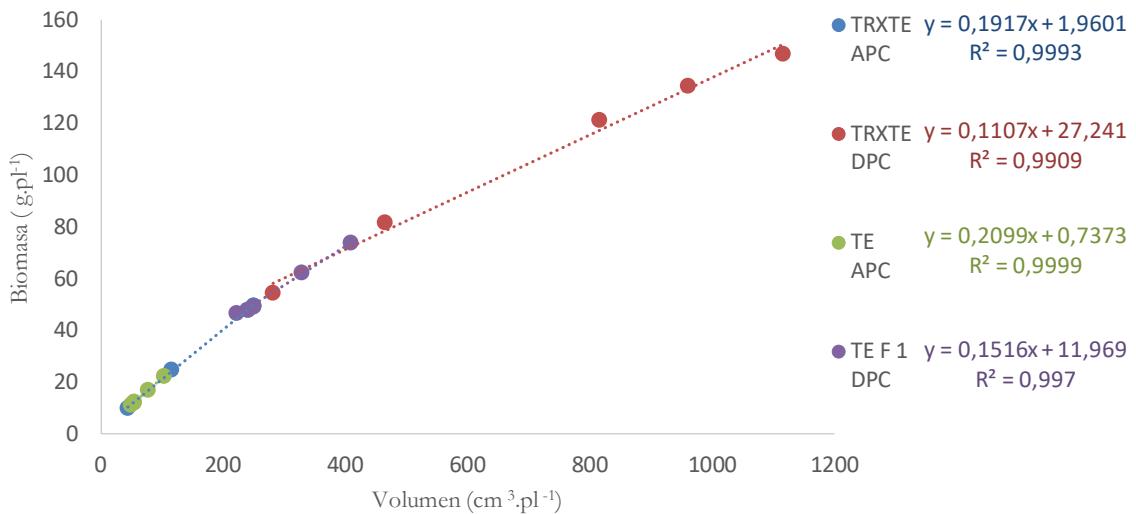
**Figura 2.** Número de granos por metro cuadrado ( $\text{gr.m}^{-2}$ ) para FECHA 1 y FECHA 2. En híbrido TRxTE e híbrido TE de maíz realizado sin limitantes hídricas ni nutricionales en la localidad de Corrientes.



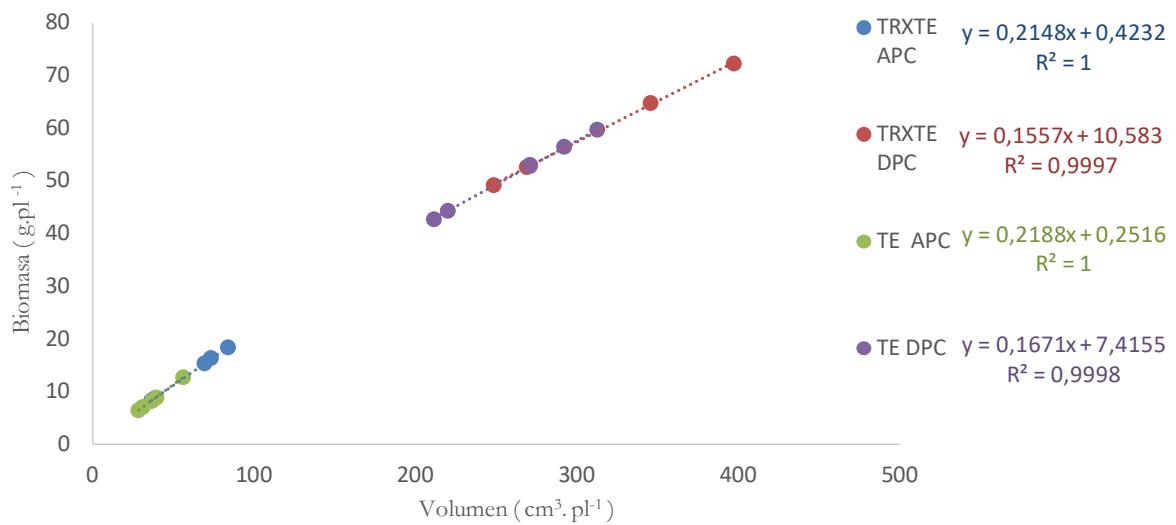
**Figura 3.** Peso unitario de granos para la combinación de factor fecha en dos niveles (FECHA 1 y FECHA 2) y factor híbrido en dos niveles (híbrido TRxTE e híbrido TE) de maíz sin limitantes hídricas ni nutricionales en la localidad Corrientes.



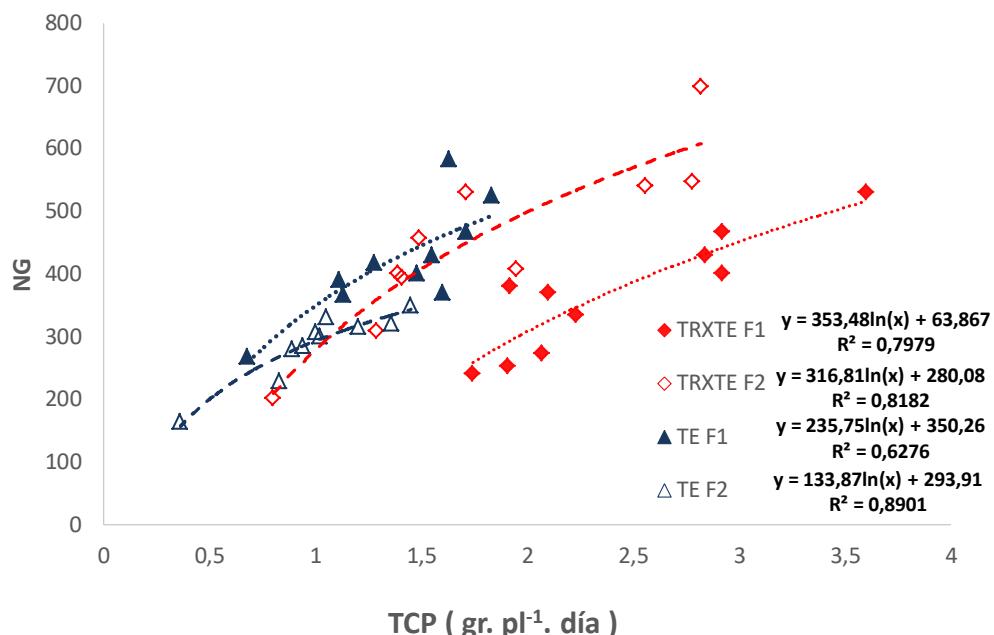
**Figura 4.** Rendimiento promedio en gramos por metro cuadrado ( $\text{g.m}^{-2}$ ) para la combinación de factor fecha en dos niveles (FECHA 1 y FECHA 2), y factor híbrido en dos niveles (híbrido TRxTE e híbrido TE) de maíz sin limitantes hídricas ni nutricionales en la localidad Corrientes.



**Figura 5.** Se muestran los modelos matemáticos que relacionan volumen de individuos seleccionados en la parcela y biomasa de los mismos antes y después del periodo crítico para ambos híbridos (TRxTE; TE) en FECHA 1.



**Figura 6.** Se muestran los modelos matemáticos que relacionan volumen de individuos seleccionados en la parcela y biomasa de los mismos antes y después del periodo crítico para ambos híbridos (TRxTE; TE) en FECHA 2.



**Figura 7.** Relación entre la tasa de crecimiento por planta en el periodo crítico y el número de granos final para dos híbridos y dos fechas de siembra en Corrientes.

En la Figura 6 se puede observar la relación entre la tasa de crecimiento por planta durante el PC y el número de granos final fijados se mostró muy consistente y con diferencia de comportamiento entre fechas de siembra para los dos germoplasmas. Mostrando que germoplasmas TRxTE presentan mayores TCP en comparación con germoplasma TE. Ahora bien; dejando fijo la variable número de granos y tomando la TCP por unidad de grano fijado podemos estimar que tan eficiente es un determinado germoplasma para un ambiente. Dejando constante el número de granos y observando la TCP, para FECHA 1, TE presentó un uso más eficiente de TCP por grano fijado. En cuanto a FECHA 2 TRxTE presentó un uso más eficiente de TCP por grano fijado.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aluko, G. K.; Fischer, K. S. 1987. The effect of changes of assimilate supply around flowering on grain sink size and yield of maize (*Zea mays* L.) cultivars of tropical and temperate adaptation. Australian Journal of Agricultural Research, 39(2), 153-161.
2. Andrade, F. H.; Vega, C.; Uhart, S.; Cirilo, A.; Cantarero, M.; Valentinuz, O. 1999. Kernel number determination in maize. Crop Science, 39(2), 453-459.
3. Andrade, F. H.; Sadras, V. O.; Aguirrezábal, L. A.; Alvarez Castillo, H. A.; Bedmar, F., Cirilo, A. G.; Vincini, A. M. 2000. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja.
4. Andrade, F.H.; Cirilo A.; Uhart S.; Otegui M.E. 1996. Determinación del rendimiento. En: Ecofisiología del cultivo de maíz. E.E.A Balcarce INTA-FCA, UNdM. Balcarce. Argentina. Pp. 81-99.
5. Bänziger M.; Edmeades G.O.; Beck D.; Bellon M. 2012. Mejoramiento para aumentar la tolerancia a sequía y a deficiencia de nitrógeno en el maíz: De la teoría a la práctica. México, D.F.: CIMMYT. Recuperado el 2 de septiembre de 2020 de: <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/1335/96673.pdf?sequence=1&isAllowed=true>
6. Bolsa de Comercio de Rosario. 2019. Anuario estadístico. Recuperado el 2 de septiembre de 2020 de:

<https://www.bcr.com.ar/Publicaciones/Anuario%20Estad%C3%ADstico/Anuario%202017.pdf>

7. Bonelli, L. E.; Monzon, J. P.; Cerrudo, A.; Rizzalli, R. H.; Andrade, F. H. 2016. Maize grain yield components and source-sink relationship as affected by the delay in sowing date. *Field Crops Research*, 198, 215-225.
8. Borrás, L.; Otegui, M. E. 2001. Maize kernel weight response to post flowering source-sink ratio. *Crop Science*, 41(6), 1816-1822.
9. Bruniard E. 2000. Los regímenes climáticos y la vegetación natural. Aportes para un modelo fitoclimático mundial. Academia Nacional de Geografía. Publicación Especial N° 16. Buenos Aires, Argentina. 79 págs.
10. Cantarero M. G.; Cirilo A.G.; Andrade, F.H. 1999. Night temperatura at silking affects kernel set in maize. 703-710.
11. Cárcova, J.; Borrás, L.; Otegui, M. E. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en maíz. *Producción de Granos. Bases Funcionales para su Manejo*; Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina, 132-157.
12. CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo 1994. 1993/94 world maize facts and trends. México, DF.
13. Cirilo, A. G.; Andrade, F. H. 1994. Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. *Crop science*, 34(4), 1039-1043.
14. De Fina, A. L.; Ravelo, A.C. 1985. *Climatología y Fenología Agrícolas*. 4º Ed. EUDEBA. Buenos Aires, Argentina. 354 págs.
15. Di Matteo, J.A.; Ferreyra, J.M.; Cerrudo, A.A. 2016. Yield potential and yield stability of Argentine maize hybrids over 45 years of breeding. *Field Crops Research* 197, 107-116.
16. Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. 2008. *InfoStat*, versión 2008. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
17. Echarte, L.; Andrade, F. H.; Vega, C.R.C.; Tollenaar, M. 2004. Kernel number determination in Argentinean maize hybrids released between 1965 and 1993. *Crop Science*, 44(5), 1654-1661.
18. Echarte, L.; Luque, S.; Andrade, F.H.; Sadras, V.O.; Cirilo, A.; Otegui, M.E.; Vega, C.R.C. 2000. Response of maize kernel number to plant density in Argentinean hybrids released between 1965 and 1993. *Field Crops Research* 68:1-8.
19. Edmeades, G. O., Bänziger, M., Mickelson, H. R., & Peña-Valdivia, C. B. 1996, March. Drought-and low N-tolerant maize. In *Proceedings of a Symposium*.

20. Edreira, J. R.; Carpici, E. B.; Sammarro, D.; Otegui, M.E. 2011. Heat stress effects around flowering on kernel set of temperate and tropical maize hybrids. *Field Crops Research*, 123(2), 62-73.
21. Elings, A.; White, J. W.; Edmeades, G. O. 1997. Options for breeding for greater maize yields in the tropics. *European journal of agronomy*, 7(1-3), 119-132.
22. Escobar, E.; Ligier, D.; Melgar, M.; Matteio, H.; Vallejos, O. 1996. Mapa de suelos de los departamentos de Capital, San Cosme e Itatí de la Provincia de Corrientes, Argentina. Publicación del Convenio del INTA-ICA y Provincia de Corrientes-CFI, 129.
23. Eyhérabide, G. 2013. Programa Nacional de Cereales. Bases para el cultivo de Maíz. INTA Pergamino. ISBN: 978-987-679-141-0.
24. FAO. 2013. Recuperado el 2 de septiembre de 2020 de: <http://www.fao.org/publications/sofa/2013/es/>
25. Gambín, B. L.; Borrás, L.; Otegui, M. E. 2007. Kernel water relations and duration of grain filling in maize temperate hybrids. *Field Crops Research*, 101(1), 1-9.
26. Graneros, I.; Uhart, S. 2010. Efecto de la distancia entre surcos y la densidad poblacional sobre el rendimiento de híbridos de maíz de diferente estructura de planta en el Norte Argentino, Maizar. PP. 99.
27. Keeling, P. L.; Banisadr, R.; Barone, L.; Wasserman, B. P.; Singletary, G. W. 1994. Effect of temperature on enzymes in the pathway of starch biosynthesis in developing wheat and maize grain. *Functional Plant Biology*, 21(6), 807-827.
28. Otegui, M. E.; Andrade, F. H. 2000. New relationships between light interception, ear growth, and kernel set in maize. *Physiology and modeling kernel set in maize*, 29, 89-102.
29. Padilla J. M.; Otegui, M.E. 2005. Coordination between leaf initiation and leaf appearance rates in field growth maize. *Annals of botany* 96: 997-1007.
30. Paliwal, R. L. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción No. 28. Food & Agriculture Org.
31. Paliwal, R.L.; Granados, G.; Lafitte, H. R.; D. Violic D.A. 2012. El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y producción. Recuperado el 8 de septiembre de 2020: <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/X7650S00.HTM>
32. Rattalino Edreira, J.I.; Budakli Carpici, E.; Sammarro, D.; Otegui, M.E. 2011. Heat stress effects around flowering on kernel set of temperate and tropical maize hybrids. *Field Crops Res.* 123, 62-73.

33. Ritchie, S. W.; Hanway, J. J. 1982. How a Corn Plant Develops. Special Report N°48, Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service.
34. Satorre, E.H.; Benech Arnold, R.; Slafer, G.A.; De la Fuente, E. B.; Miralles, D.J.; Otegui, M.E.; R. Savin. 2003. Producción de Granos: Bases Funcionales para su Manejo. Editorial Universidad de Buenos Aires. Argentina.
35. Terhes, G. 2013. Estudio ecofisiológico de dos híbrido de maíz en cuatro densidades de siembra. Tesina de grado para acceder al título de Ingeniero Agrónomo FCA UNNE.
36. Thompson L. M. 1986. Climate change, weater variability and corn production. Agron.J. 78: 649- 653.
37. Valentínuz, O.R. 1997. Crecimiento y rendimiento potencial de híbridos de maíz con germoplasma de origen tropical y templado. VI Congreso Nacional de maíz. Pergamino. Noviembre, 1997.
38. Vega, C. R. C.; Andrade, F. H.; Sadras, V. O.; Uhart, S. A.; Valentínuz, O. R. 2001b. Reproductive partition and set efficiency in sunflowers, soybean and maize. Field Crop Res. 72: 163-175.
39. Vega, C.R.C.; Andrade, F.H.; Sadras, V.O.; Uhart, S.A.; Valentínuz, O.R. 2001a. Seed number as a function of growth. A comparative study in sunflowers, soybean and maize. Crop Sci. 41: 748-754.