



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al
Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

EVALUACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO DURANTE EL
PERIODO CRÍTICO DE LA DEFINICIÓN DE GRANOS, EN
DIFERENTES HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays*).

Pablo Daniel Bertorello

DNI: 32.816.201

Director: Ing. Agr. Gabriel Espósito

Co-Director: Ing. Agr. Pablo Talano

Río Cuarto - Córdoba

Diciembre de 2012

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Evaluación de la tasa de crecimiento durante el periodo crítico de la definición de granos, en diferentes híbridos de maíz (*Zea mays*).

Autor: Pablo Daniel Bertorello

DNI: 32.816.201

Director: Ing. Agr. Gabriel Espósito

Co-Director: Ing. Agr. Pablo Talano

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

- Ing. Agr. Carlos A. CASTILLO

- Ing. Agr. Omar M. BAROTTO

- Ing. Agr. Gabriel P. ESPOSITO

Fecha de Presentación: 28 / 12 / 2012.

Secretario Académico

Índice del texto

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	- 1 -
HIPÓTESIS	- 4 -
OBJETIVO GENERAL	- 4 -
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	- 5 -
MATERIALES Y MÉTODOS	- 6 -
MEDICIÓN DE CARACTERES	- 7 -
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	- 8 -
RESULTADOS Y DISCUSIONES	- 9 -
CONCLUSIONES	- 20 -
BIBLIOGRAFÍA CITADA	- 21 -
ANEXOS	- 25 -
ANEXO 1	- 25 -
ANEXO 2	- 26 -
ANEXO 3	- 28 -
ANEXO 4	- 33 -
ANEXO 5	- 34 -
ANEXO 6	- 40 -

Índice de Figuras

FIGURA 1. Relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos en el híbrido de maíz Dekalb 190MGRR2, creciendo sin restricciones de Nitrógeno.....	- 9 -
FIGURA 2. Relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos en el híbrido de maíz Dekalb 747MGRR2, creciendo sin restricciones de Nitrógeno.....	- 10 -
FIGURA 3. Relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos en el híbrido de maíz Dekalb 670MGRR2, creciendo sin restricciones de Nitrógeno.....	- 10 -
FIGURA 4. Relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos en el híbrido de maíz Dekalb AG6905 (material experimental), creciendo sin restricciones de Nitrógeno.....	- 11 -
FIGURA 5. Relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos en el híbrido de maíz Dekalb AF7002 (material experimental), creciendo sin restricciones de Nitrógeno.....	- 12 -
FIGURA 6. Comparación gráfica de la relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos estimada para los híbridos de maíz DK 190MGRR2, DK 747MGRR2, DK 670MGRR2, AG6905 (material experimental) y AF7002 (material experimental), creciendo sin restricciones de Nitrógeno.	- 15 -
FIGURA 7. Comparación gráfica de la relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos estimada para los híbridos de maíz	

DK 670MGRR2, DK AG6905 (material experimental) y DK AF7002 (material experimental),
creciendo sin restricciones de Nitrógeno..... - 18 -

FIGURA 8. Comparación gráfica de la relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento
por planta durante el periodo crítico para la definición de granos estimada para los híbridos de maíz
DK 190MGRR2 y DK 747MGRR2, creciendo sin restricciones de Nitrógeno. - 19 -

Índice de tablas

TABLA 1. Umbrales de tasa de crecimiento por planta ($\text{gMS planta}^{-1}\text{día}^{-1}$) requeridos para la fijación
de granos, de los híbridos DK 190MGRR2, DK 747MGRR2, DK 670MGRR2, AG 6905 y AF
7002..... - 12 -

TABLA 2. Valores de los parámetros a y b para cada uno de los híbridos estudiados (DK
190MGRR2, DK 747MGRR2, DK 670MGRR2, AG 6905 y AF 7002) con sus respectivos valores p,
estimados a través de regresión no lineal. Nivel de significancia $p < 0,05$ - 16 -

TABLA 3. Valor p de los test para la hipótesis, de los parámetros a (ordenada al origen) y b
(pendiente). Nivel de significancia $p < 0,05$ - 17 -

RESUMEN

En el maíz (*Zea mays*), el número de granos por planta (NGP), depende de su condición fisiológica durante el periodo crítico (PC). Este se extiende desde el estadio V₁₃ al R₃. La tasa de crecimiento individual (TCpl) sirve para medir esa condición fisiológica. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la relación entre el NGP y la TCpl en 5 híbridos de maíz: DK190MGRR2, DK747MGRR2, DK670MGRR2, AG6905 y AF7002, para luego comparar y determinar si dicha relación es propia de cada genotipo. Por tal motivo, se plantearon ensayos de densidad, que aseguraran un amplio rango de TCpl. Durante el PC se determinó la TCpl con métodos destructivos y al momento de la cosecha se combinó dicho dato con el de NGP. Finalmente, se estimó para cada híbrido evaluado la relación entre el NGP y la TCpl mediante el ajuste de la ecuación: $NGP = a + (b / TCpl)$. Sólo los genotipos DK190MGRR y DK747MGRR difirieron en la relación entre NGP y la TCpl, esto se debió a que el parámetro *b* fue estadísticamente diferente entre ambos. Por lo tanto, en condiciones de escasos recursos por planta, ambos genotipos pueden ser empleados indistintamente, mientras que si los recursos por planta aumentan se recomendaría emplear el DK 190MGRR2 por su mayor capacidad productiva. Conocer la relación entre el NGP y la TCpl propia de cada híbrido es de suma importancia para comprender las limitaciones y el potencial que el material posee y por consiguiente poder asignar, para cada ambiente en particular, el híbrido que mejor se adecue a dicha situación.

Palabras claves: Numero de granos por planta (NGP), tasa de crecimiento individual (TCpl), periodo crítico (PC), relación entre NGP y TCpl.

ABSTRACT

Growth assessment rate during critical period of grain definitions in different maize hybrids (*zea mays*).

In maize (*Zea mays*), the number of kernels per plant (NKP), depends on the plant physiological condition during the critical period (CP). This is extended from the stadium V₁₃ to R₃. Individual growth rate (PGR) serves to measure this physiological condition. The objective of this study was to evaluate the relation between NKP and PGR in five maize hybrids: DK190MGRR2, DK747MGRR2, DK670MGRR2, AG6905 and AF7002 in order to compare and determine if this relation is own for each genotype. For this reason, density rehearsals were raised to ensure a large rank of PGR. During the CP, the PGR was determined with destructives method and at harvest time this data was combined with the NKP. Finally, the relation between NKP and PGR was estimated for each tested hybrid through the adjustment of the equation: $NKP = a + (b / PGR)$. Only the genotypes DK190MGRR and DK747MGRR differ in the relation between NKP and PGR, based on the fact that *b* parameter was statistically different between both. Therefore, in conditions of few resources for plant, both genotypes can be equally employed. However, if the resources for plant increase, it would be recommended to employ DK 190MGRR2 for its higher productive capacity. To be aware of the relation between NKP and the PGR of each hybrid is of great help to understand the limitations and the potential that the material has and therefore assign, for each particular environment, the hybrid that is best adapted to this situation.

Key words: Number of kernels per plant (KNP), plant growth rate (PGR), critical period (CP), relationship between the KNP and the PGR.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Aunque los conquistadores no llegaron a darse cuenta el “grano dorado” nativo de América era de mayor importancia para el mundo que todo el oro y la plata de México y el Perú. (Escóbar Salas, 2005).

A nivel mundial, el maíz es el grano más cosechado. Su volumen de producción se encuentra por encima del arroz y del trigo (FAOSTAT, 2010). Por su gran productividad, excelente palatabilidad y alto contenido nutricional, el maíz ha ido reemplazando a otros cereales en la alimentación animal. Además, posee gran cantidad de usos industriales. De este grano se obtiene almidón, edulcorantes, alcohol, jarabes, acetona y aceite entre otros productos (Watson, 1988).

Argentina produjo en la campaña 2010/11 23 millones de toneladas de maíz. El 75% de la producción se concentra entre las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe (SIIA, 2012). El área implantada de maíz no ha sufrido grandes cambios. Desde hace cuarenta años tiene un valor que se encuentra próximo a los 3,5 millones de hectáreas. El cultivo de Soja, en contraposición, ha sostenido un crecimiento exponencial del área de siembra lo que llevó a casi cuadruplicar la sementera en los últimos veinte años (ver Anexo 1). Si bien hubo un incremento notorio de tierras que pasaron de la ganadería a la agricultura estas áreas fueron ocupadas con soja, escenario que explica la constante disminución del porcentaje de gramíneas en la rotación (ver Anexo 1).

El nivel de materia orgánica que contiene un suelo es considerado uno de los indicadores más importantes de la calidad de suelo y la sustentabilidad del sistema (Robinson *et al.*, 1994). La importancia radica en que es el principal reservorio de nutrientes para las plantas y contribuye fuertemente en la estabilización de los agregados además de intervenir positivamente sobre las propiedades químicas y biológicas del suelo. Diversos autores (Havlin *et al.*, 1990; Studdert y Echeverría, 2000) coinciden en que rotaciones de cultivos basadas en soja muestran balances de carbono más negativos y niveles de materia orgánica menores que otras secuencias en las que se incluya una gramínea como el maíz. La incorporación de una gramínea produce una mejora en el balance de carbono del suelo. Esta mejora se produce tanto por la cantidad como por la calidad de los residuos y por permitir una mayor cobertura del suelo (García, 2011).

Si bien se conoce que la rotación de cultivos disminuye los riesgos productivos, ya que inhibe la proliferación de patógenos, insectos y malezas (Pedrol *et al.*, 2004), los altos márgenes brutos y el bajo nivel de inversión que tiene el cultivo de soja sumado a la falta de políticas de promoción de gramíneas (trigo y maíz), conducen al monocultivo de esta

leguminosa. Las consecuencias de dicho cambio en la rotación de cultivos no son inmediatas, serán las generaciones venideras quienes convivirán con la dificultad de cultivar sobre suelos degradados. Esta en manos de los productores agropecuarios, el Estado, los profesionales del sector y los fitomejoradores, revertir este escenario a uno más sustentable. Al gobierno le corresponderá impulsar políticas que tiendan a aumentar el consumo interno de maíz o bien medidas enfocadas en disminuir los costos de los productores que decidan sembrar gramíneas. Los técnicos son los responsables de aumentar la productividad pues, el conocimiento de los factores que determinan el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz orienta a la elección de prácticas de manejo más apropiadas, brinda información para un manejo agronómico eficiente y sustentable además de guiar al mejorador en la selección de genotipos de mayor potencial de rendimiento y más adaptados al ambiente (Andrade, 2005).

El rendimiento final del cultivo de maíz puede expresarse como la multiplicación entre dos componentes: el número de granos (NG) y el peso de los mismos. El NG es función del número de espigas por planta y el número de granos por espiga. Durante el periodo comprendido entre V_{13} (Ritchie y Hanway, 1982) y la emergencia de los estigmas (R_1) queda fijado el número de espigas fértiles por planta. El número de granos por espiga se determina en posfloración (Andrade *et al.*, 1996), debido a que el desarrollo inicial del grano es altamente dependiente del suministro continuo de hidratos de carbono provenientes de la fotosíntesis (Schussler y Westgate, 1991). Resumiendo, durante el periodo que se inicia próximo al estadio fenológico V_{13} (Ritchie y Hanway, 1982) y que finaliza cuando comienza la deposición de carbohidratos en el grano (R_3) queda determinado el NG final por planta.

El maíz presenta una reducida capacidad para compensar un bajo número de granos con mayor peso de los mismos (Andrade *et al.*, 1996). Esta escasa plasticidad en el peso de los granos explica por qué el NG alcanzado por unidad de superficie es el componente primordial que constituye el rendimiento del cultivo. Por lo tanto, la comprensión de los mecanismos de determinación del NG es de gran importancia para los fisiólogos de maíz, modeladores, y los mejoradores (Andrade *et al.*, 1999).

El NG se define en función de la condición fisiológica del cultivo durante el período alrededor de floración (Tollenaar, 1977; Edmeades y Daynard, 1979; Kiniry y Ritchie, 1985; Jacobs y Pearson, 1991). La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) medida durante este periodo crítico (PC) nos indica cómo el ambiente ha impactado en la captura de luz y en la eficiencia de uso de la radiación. Es decir, es el “termómetro” que mide el nivel de estrés que tiene el cultivo (Maddonni, 2011). En conclusión, la TCC medida durante el periodo alrededor de floración femenina, tomada como un indicador de la cantidad de carbono

disponible para la planta, es un buen predictor de la capacidad que tiene la planta para fijar granos (Andrade *et al.*, 2002); de modo que, el NG depende de cuánto crece cada planta durante la floración.

Si existieran disminuciones de la TCC durante el PC se producirían importantes mermas en el rendimiento pues, como ya se aclaró, el componente NG se vería muy afectado. Sí las reducciones de crecimiento ocurren durante el llenado de granos, en general, las mermas de rendimiento serían inferiores, salvo en aquellas situaciones en las que la fuente de asimilados durante el llenado es limitante del rendimiento (Andrade *et al.*, 1996). Cabe aclarar que la plasticidad en el peso de los granos es un atributo propio de cada genotipo (Gambín y Borrás, 2010).

Es amplia la nómina de autores que estudiaron la relación que existe entre la TCC medida 30 días alrededor de floración femenina y el número final de granos a madurez fisiológica. Cabe mencionar a Tollenaar *et al.* (1992), Vega (1997), Andrade *et al.* (1999), Vega *et al.* (2001), Echarte (2003) entre otros. Dicha relación está caracterizada por I)- un umbral de tasa de crecimiento del cultivo por debajo del cual no se fijan granos, y II)- un valor de crecimiento a partir del cual el aumento en número de granos fijados en respuesta al aumento en tasa de crecimiento se hace sensiblemente menor (Andrade *et al.*, 1996). El reconocido ecofisiólogo canadiense Matthijs Tollenaar en 1992 expresó que, los distintos híbridos difieren en la forma y valores umbrales de la relación entre el número de granos por planta (NGP) y la tasa de crecimiento individual (TCpl), lo cual lleva a pensar que disponer de dicha relación para cada híbrido en particular, sería una herramienta más para poder elegir el genotipo que mejor se adapte a un ambiente en particular. Los cultivares podrían ser valorados considerando que los híbridos más tolerantes presentan la ventaja de mantener un alto número de granos fijados cuando situaciones de estrés (ambientes más hostiles) reducen el crecimiento de cada planta individual. (Paparotti y Valentinuz, 2004).

Gracias al aporte de Fernando Andrade (INTA EEA Balcarce), en Argentina hace más de quince años que existen estudios que relacionan el NGP con la TCpl. Sin embargo, los genotipos utilizados en dichos estudios ya no están en el mercado. Motivo por el cual resulta muy interesante repetir los ensayos de densidad utilizados por Andrade y colaboradores para analizar la relación entre el NGP y la TCpl de los híbridos actuales. La TCpl se incrementa a medida que la densidad de plantas disminuye como consecuencia de una mayor disponibilidad de recursos para cada individuo de la población. Hipotéticamente, una planta que crece sola desarrollará un IAF (índice de área foliar) máximo con lo cual capturará por encima del 95% de la radiación disponible. Además, sus raíces crecerán sin restricciones asegurándole provisión de agua y nutrientes. Es decir, la planta crecerá a la

máxima tasa posible. A medida que nuevas plantas aparezcan en escena, como la cantidad de recursos disponibles (agua, radiación solar y nutrientes) no cambian, aumenta la competencia por estos. A nivel de rizósfera, la zona de exploración de raíces de una planta se ve limitada por la de su vecina y a nivel de canopia hay sombreo entre las plantas que componen el dosel. Como consecuencia, cada planta dispone de menos recursos y por consiguiente, crece menos.

Este fue el fundamento que utilizaron investigadores argentinos para lograr distintas TCpl durante el periodo de definición del número de granos. Sembrando plantas a distintas densidades se aseguraban tener una amplia gama de TCpl durante el PC y poder relacionar éstas con el NGP a cosecha.

La relación entre el rendimiento por unidad de superficie y la densidad de plantas adquiere la forma de “U” invertida con un valor óptimo de densidad que depende del genotipo y del ambiente en el que crece el cultivo (Andrade *et. al* 1999). Estudios posteriores sugieren que la densidad óptima no coincide con el máximo NGP sino con el valor de TCP en el cual la relación NGP/TCP es máxima (máxima eficiencia de fijación de granos, EFG) (Menéndez y Olmos, 2006).

Además, con el presente trabajo final de grado se pretende revelar cuáles son los mecanismos de los híbridos actuales para soportar alta competencia intraespecífica. Considerando que Tollenaar *et al.* (1992) trabajando en Canadá con híbridos de la época, encontraron que la menor esterilidad de los genotipos modernos en altas densidades estaba asociada con altas tasas de crecimiento por planta, pero no con un menor umbral de TCP para fijación de espigas. Por el contrario Echarte, (2003), sostiene que los híbridos modernos poseen un menor umbral de TCpl para fijar granos y que la pendiente de la relación NGP-TCpl no ha cambiado con respecto a los híbridos más antiguos.

Hipótesis

➤ La relación entre la tasa de crecimiento individual y el número de granos producidos por planta es una característica intrínseca del material genético.

Objetivo general

- Evaluar la relación entre la tasa de crecimiento por planta y el número de granos por planta de diferentes híbridos de maíz.

Objetivos específicos

- Evaluar la tasa de crecimiento individual de diferentes híbridos de maíz en distintas densidades durante el período crítico.
- Establecer la relación entre la TCP alcanzada durante el período crítico y el número de granos logrados a madurez fisiológica.
- Determinar si la relación entre el NGP y la TCpl de los híbridos actuales difiere de la estimada por Andrade, 15 años atrás, para genotipos de la época.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para dilucidar si existen diferencias entre híbridos, en cuanto a la relación NGP-TCpl, se generaron diferentes TCpl. Se sembraron los híbridos en dos ambientes diferentes a distintas densidades.

Estos ensayos se realizaron durante la campaña agrícola 2009/10. El ENSAYO 1 se realizó en el establecimiento agrícola: “Los Almendros” (33°16'52" S, 64°33'03" O) situado 14 kilómetros al Sudoeste de la localidad cordobesa de Santa Catalina de Holmberg, sobre Ruta Nacional N° 8.

El ENSAYO 2 se implantó en el establecimiento agropecuario “El Tapayo” (34°58'17" S, 65°14'43" O) ubicado 25 kilómetros al Sur de la localidad de Buena Esperanza, sobre Ruta Nacional N° 148, provincia de San Luis.

El diseño experimental utilizado en cada ensayo fue en bloques completos aleatorizados, con tres repeticiones, con arreglo espacial en parcelas subdivididas, siendo la densidad de siembra el factor principal y el híbrido la subparcela. Se emplearon cinco híbridos de la empresa Dekalb: DK190MGRR2, DK747MGRR2, DK670MGRR2, AG6905 y AF7002 y cinco densidades de siembra: 5, 7, 9, 11 y 13 pl m⁻², por consiguiente, se evaluaron un total de 25 tratamientos por ensayo (ver Anexo 2). Cabe aclarar que los materiales AG 6905 y AF 7002 eran en ese momento materiales experimentales, propiedad de la empresa Monsanto, que se encontraban en una etapa de prueba y que hasta la actualidad no surgieron como híbridos comerciales.*

El ancho de las parcelas fue de 2,1 m (cuatro surcos de maíz distanciados a 0,525m) y la longitud de 5 m. Cada bloque estaba compuesto por los 25 tratamientos y como ya se mencionó existían tres repeticiones, con lo cual cada ensayo tenía un total de 75 parcelas que cubrían una superficie cercana a los 800m² (ver Anexo 2). En la periferia del ensayo se implantó un híbrido para evitar efecto bordura.

En ambos ensayos el cultivo antecesor fue soja, las parcelas se fertilizaron en pre-siembra con 35 kg P ha⁻¹ y en el estadio V₆ (Ritchie y Hnaway, 1982) del cultivo se aplicó 200 kg N ha⁻¹ para asegurar que las plantas no sufrieran ningún estrés nutricional. Las malezas e insectos fueron adecuadamente controlados.

El suelo característico del establecimiento “Los Almendros” es profundo, bien drenado, con un relieve en lomas extendidas a suavemente onduladas. El horizonte A se

* Comunicación personal: Ingeniero Agrónomo Pablo Talano

extiende hasta los 25 cm de profundidad, de textura franco limosa, tiene un contenido moderado de materia orgánica (2%) y una estructura en bloques subangulares medios moderados, se continúa con un Bw que pasa transicionalmente (BC) a un horizonte C con carbonatos libres diseminados en la masa de suelo, clasificado como un Haplustol típico (Jarsún *et al.*, 2003).

El suelo predominante del establecimiento “El Tapayo” es un Ustisamientos típico, genéticamente muy poco desarrollado, de perfil sencillo del tipo A-AC-C. El horizonte superficial (A1 o Ap) que se extiende hasta los 20 cm de espesor, está poco provisto de materia orgánica, débilmente estructurado. Sigue el horizonte de transición AC, muy poco expresado, solamente distinguible por cambios en la coloración y débil estructuración. Por último aparece el horizonte C, sin estructura y sin carbonatos de calcio antes del metro de profundidad (Peña Zubiarte y d’Hiriart, 1992).

Las parcelas fueron implantadas con una sembradora de precisión especial para parcelas experimentales, de cuatro surcos distanciados a 0,525m. La densidad de siembra fue superior a 15 pl m⁻² y posteriormente, cercano al periodo vegetativo V2 (Ritchie y Hnaway, 1982) se realizó un raleo hasta alcanzar el número de plantas necesarias en cada parcela.

Medición de caracteres

TASA DE CRECIMIENTO POR PLANTA: en cada parcela se cortaron cinco plantas consecutivas en competencia perfecta a 3 cm por sobre el nivel del suelo, en los estadios fenológicos V₁₃, R₁ y R₃ (Ritchie y Hnaway, 1982). Seguidamente, cada muestra, compuesta por las 5 plantas, se pesó para determinar materia verde (MV). Las muestras de la densidad media (9 pl m⁻²) de cada repetición se secaron en estufa de aire forzado a 80°C hasta peso seco constante, con dicha determinación se obtuvo el porcentaje de Materia Seca (MS) que fue utilizado para estimar MS para todos los tratamientos dentro del bloque correspondiente. Finalmente, para cada tratamiento, con el número de días transcurridos entre muestreos y biomasa individual registrada en cada estadio se construyó un gráfico en el cual la pendiente lineal, de la línea ajustada, es la tasa de crecimiento por planta (kg MS día⁻¹ pl⁻¹).

NÚMERO DE GRANOS POR PLANTA: una vez alcanzada la MF (Ritchie y Hnaway, 1982) del híbrido, se procedió a coleccionar a campo las espigas. En aquellas parcelas que por consecuencias naturales (vientos, animales) se habían perdido plantas, se cosecharon no menos de 10 plantas consecutivas asegurando siempre la competencia perfecta. Además, se registraron los metros lineales de surcos recolectados y el número de plantas para corroborar que el stand en ese estadio fuera coincidente con la densidad a la cual se le

determinó la TCpl. En laboratorio se procesaron y pesaron las muestras, se determinó la humedad y el peso de mil granos a través del pesaje de 3 muestras de 100 granos cada uno. Posteriormente, con el peso de los granos, el peso de las muestras desgranadas y el número de plantas se calculó para cada tratamiento el número de granos por planta sin diferenciar si eran granos de la primera o la segunda espiga. Dichas mediciones fueron tomadas sobre los dos surcos centrales de la parcela.

Análisis Estadístico

Una vez obtenido el dato de NGP y TCpl para cada parcela (75 en cada ensayo) se procedió a promediar las 3 repeticiones. Se eliminaron los valores cuyos errores de estimación estudentizados fueran superiores e inferiores a 2,5 (Di Rienzo, *et al.*, 2011). En conclusión, se obtuvieron 25 datos por ensayo. Como los ensayos eran dos (uno en la provincia de Córdoba y otro en San Luis) un total de 50 referencias, es decir, 10 datos por cada uno de los cinco híbridos. A través de los cuales se obtuvo la relación NGP-TCpl para cada genotipo.

Se estimó la relación entre el NGP y la tasa de crecimiento individual (TCpl) mediante el ajuste de la ecuación I

$$\text{NGP} = a + (b / \text{TCpl}) \text{ [I]}$$

Donde a y b son parámetros determinados mediante regresión no lineal con el uso del programa InfoStat (Di Rienzo, *et al.*, 2011).

A continuación, los datos de TCpl fueron transformados por $1/\text{TCpl}$ para poder utilizar el análisis de regresión Lineal y corroborar la estimación de los parámetros a y b (ver Anexo 3). Además permitió comparar estadísticamente los parámetros determinados para cada híbrido mediante el análisis de regresión lineal que prueba la hipótesis nula de $a = 0$ y $b = 1$.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Todos los híbridos evaluados mostraron una relación NGP-TCpl curvilínea con un umbral positivo para fijar granos, en concordancia con otros autores (Tollenaar *et al.*, 1992; Vega 1997; Andrade *et al.*, 1999; Vega *et al.*, 2001; Echarte *et al.*, 1998).

En las Figuras 1, 2, 3, 4 y 5 se muestran la relación NGP-TCpl para cada uno de los híbridos analizados. Dicha relación se estimó mediante el ajuste de la ecuación I ($NGP = a + (b / TCpl)$). Para el híbrido DK 190MGRR2 (Figura 1) el parámetro a tuvo un valor de 1071,98 y b de -2119,87. La ecuación $1071,98 + (-2119,87 / TCpl)$ explica con un R^2 del 84,12% el NG cosechados por planta, de acuerdo a la tasa de crecimiento que sostuvo dicha planta durante el periodo de floración.

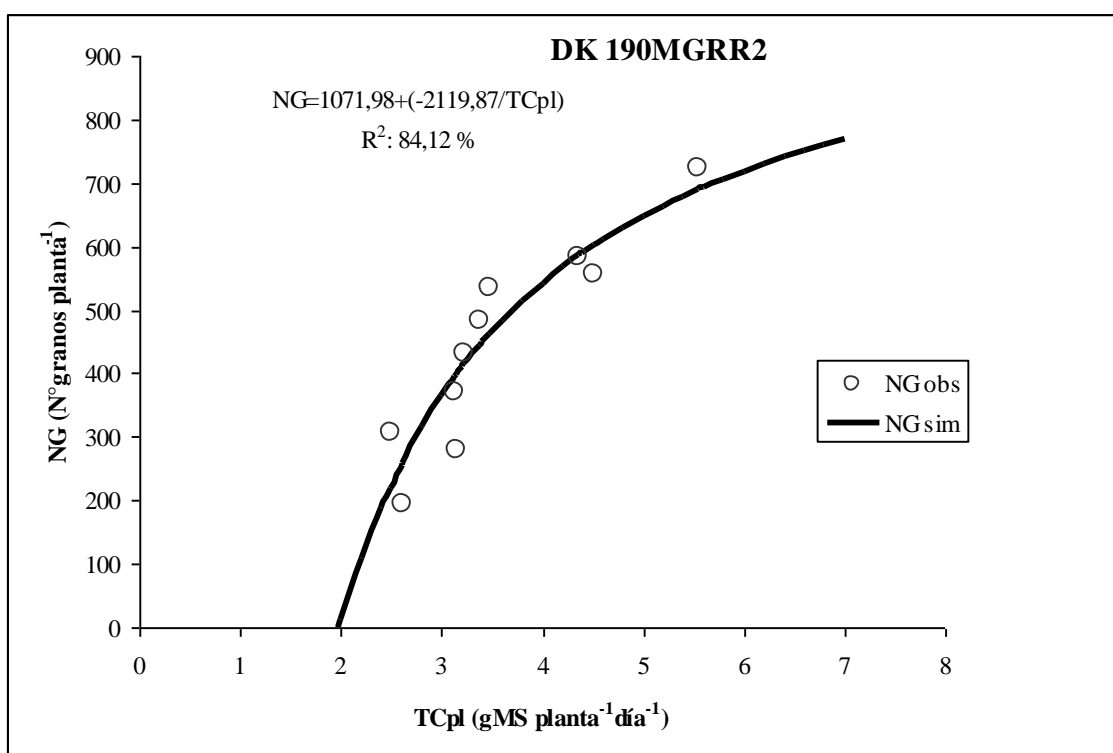


Figura 1. Relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos en el híbrido de maíz Dekalb 190MGRR2, creciendo sin restricciones de Nitrógeno. Cada punto representa el promedio de tres repeticiones.

En el híbrido DK 747MGRR2 (Figura 2) el parámetro a tuvo un valor de 867,14 y b de -1333,55. Esta ecuación explica con un R^2 del 71,30% la relación entre TCpl y el NG por planta del material estudiado. Para el genotipo DK 670MGRR2 (Figura 3) a tuvo un valor de 996,01 y b de -1770,63 la función $996,01 + (-1770,63 / TCpl)$ estima con un R^2 del 74,21% el NG fijados por planta, en relación a la TC que sostuvo dicha planta alrededor de la floración femenina.

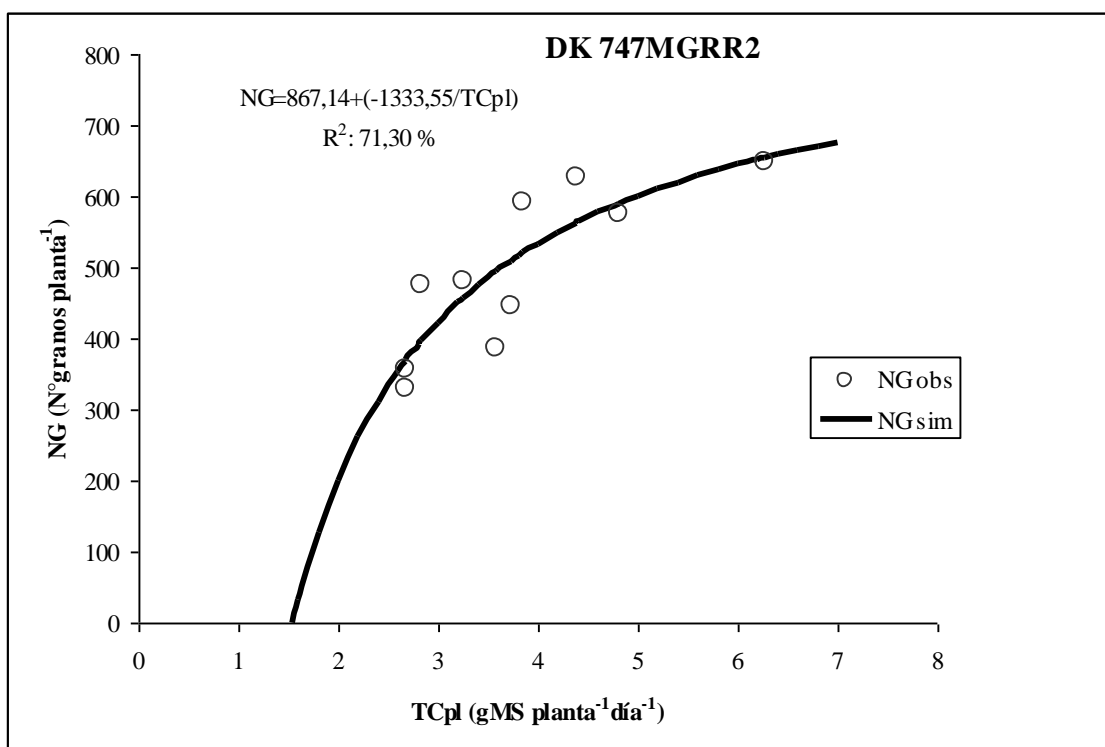


Figura 2. Relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos en el híbrido de maíz Dekalb 747MGRR2, creciendo sin restricciones de Nitrógeno. Cada punto representa el promedio de tres repeticiones.

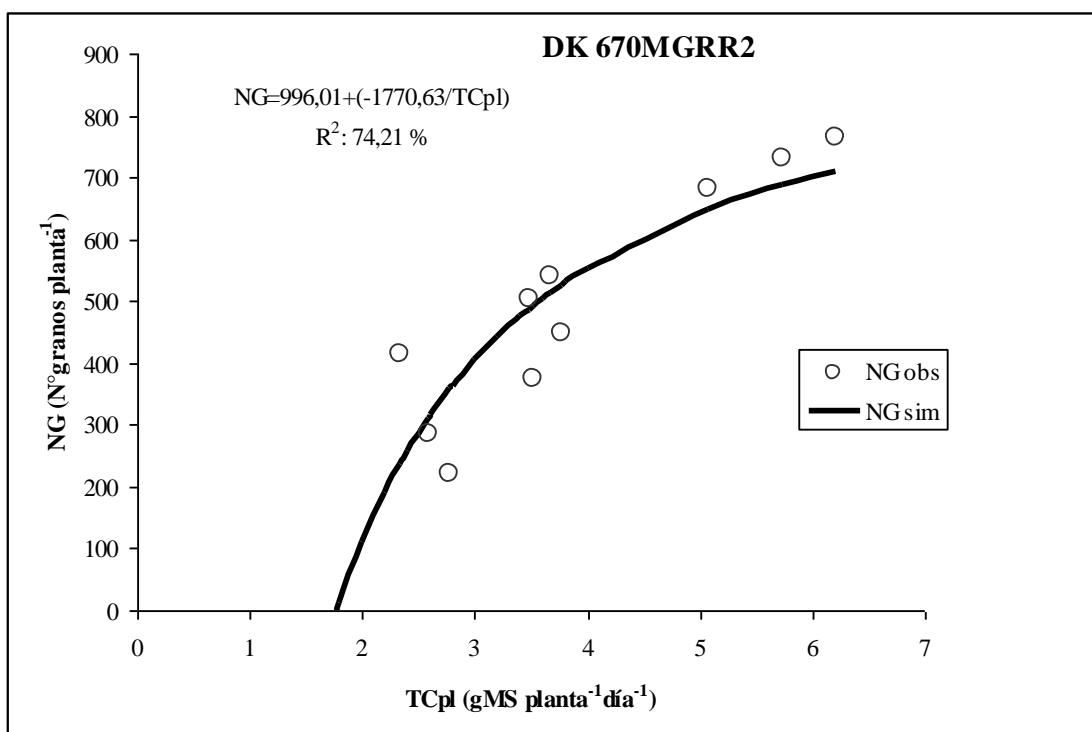


Figura 3. Relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos en el híbrido de maíz Dekalb 670MGRR2, creciendo sin restricciones de Nitrógeno. Cada punto representa el promedio de tres repeticiones.

Como era de esperar, en todos los híbridos (Figura 1, 2, 3, 4 y 5) el NGP respondió a aumentos en la TCpl hasta un punto en el que nuevos incrementos en la tasa de crecimiento producen una repuesta cada vez menor sobre el NGP. Éste punto de inflexión no fue igual para todo los híbridos (ver Anexo 4), pero en general se encontraron alrededor de 4 g d⁻¹ coincidiendo con los trabajos previos de Andrade *et al.* (1999 y 2002).

En el material AG 6905 (Figura 4) el parámetro *a* tuvo un valor de 957,10 y *b* de -1840,14 esta ecuación explica con un R² del 81,22% la relación entre TCpl y el NG por planta del material estudiado.

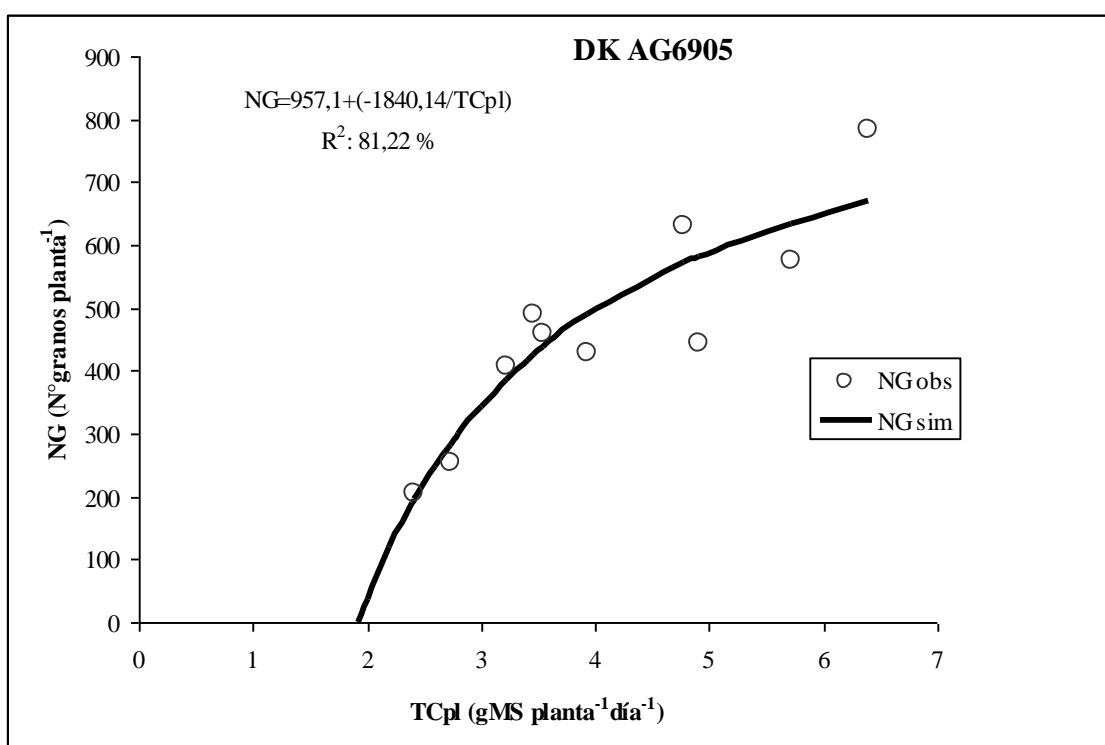


Figura 4. Relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos en el híbrido de maíz Dekalb AG6905 (material experimental), creciendo sin restricciones de Nitrógeno. Cada punto representa el promedio de tres repeticiones.

Como se puede apreciar en la Tabla 1 los umbrales de TCpl para fijar granos estimados, difieren para cada material en particular. Así el DK 747MGRR2 presentó el umbral más bajo y el DK 190MGRR2 el más alto, sin embargo estadísticamente no presentaron diferencia (Tabla 3). En general, para todos los genotipos utilizados el umbral se halla cercano a 2 g d⁻¹, valor superior a los esperados tomando como referencia los trabajos de Andrade *et al.* (1999) y Echarte (2003), en los cuales los umbrales de TCpl día⁻¹ para fijar granos fueron de 1 g d⁻¹ y de 0,5 a 1 g d⁻¹ respectivamente. De acuerdo a lo planteado por Echarte (2003), el mejoramiento genético del maíz conlleva implícito una mejor tolerancia al

estrés individual, como consecuencia de un menor umbral en la tasa de crecimiento por planta. No obstante, estos resultados no permiten corroborar esta aseveración. Es posible que la elevada variabilidad obtenida en su estimación, como consecuencia de la necesidad de emplear métodos destructivos (determinación de la biomasa), dificulte su valoración y por lo tanto resulte difícil evaluar estadísticamente si una TCpl de 1 g d⁻¹ es diferente de una TCpl de 2 g d⁻¹.

Tabla 1. Umbrales de tasa de crecimiento por planta (gMS planta⁻¹día⁻¹) requeridos para la fijación de granos, de los híbridos DK 190MGRR2, DK 747MGRR2, DK 670MGRR2, AG 6905 y AF 7002.

	DK 190 MGRR2	DK 747 MGRR2	DK 670 MGRR2	AG 6905	AF 7002
Umbral de TCpl para fijar granos	1,98	1,54	1,78	1,92	1,77

Para el híbrido AF 7002 (Figura 5) el parámetro *a* tuvo un valor de 877,45 y *b* de -1548,5 la ecuación: $877,45 + (-1548,5 / TCpl)$ explica con un R² del 80,49% la relación entre TCpl y el NG por planta del material estudiado.

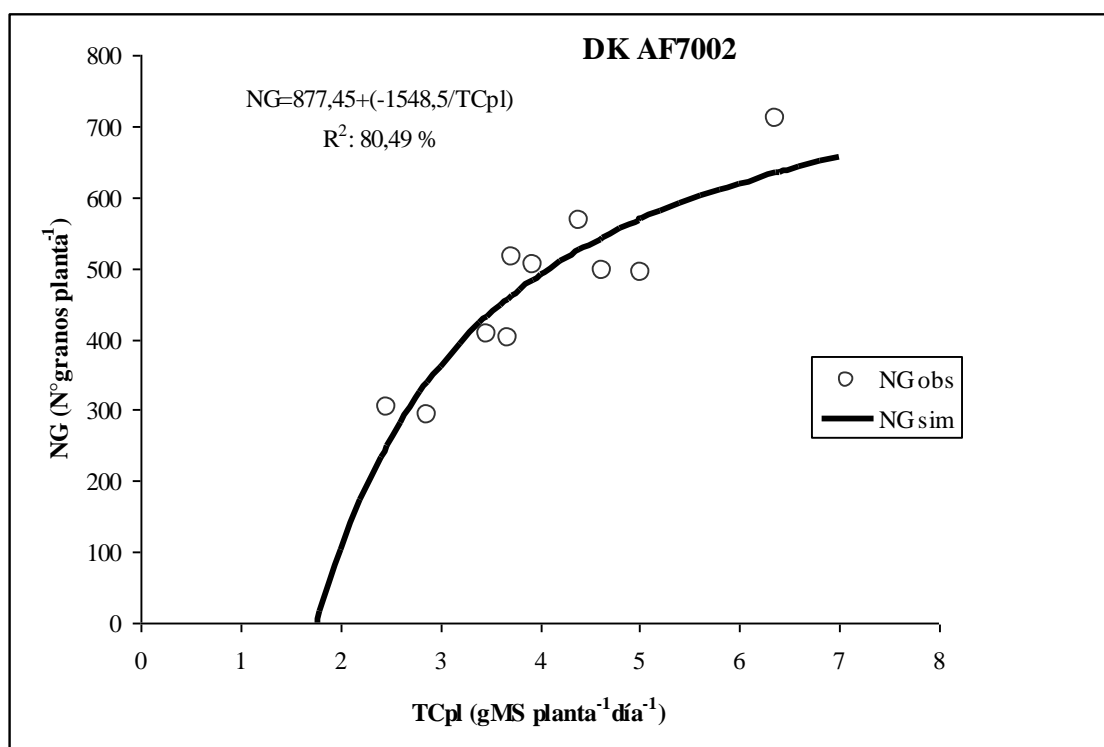


Figura 5. Relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos en el híbrido de maíz Dekalb AF7002 (material experimental), creciendo sin restricciones de Nitrógeno. Cada punto representa el promedio de tres repeticiones.

La primera observación gráfica de la relación entre el NGP y la TCpl (Figuras 1, 2, 3, 4, y 5), permite analizar cuáles son los motivos que determinan su forma. Es decir, por qué los primeros aumentos de TCpl son nulos, no producen granos, por qué si la tasa de crecimiento sigue aumentando se comienzan a determinar cada vez más granos hasta un punto donde los nuevos incrementos en la TCpl producen menos efecto en el NG final por planta. La primera porción de la curva (sin producción de granos) implica que el valor umbral de la TCpl para fijar granos es alto comparado con los cultivos de soja y girasol (Vega *et al.*, 2001) dicha situación se explica porque: 1) la espiga es una estructura axilar relegada en floración, sometida a la dominancia de la panoja y el tallo (Andrade *et al.*, 1999), 2) la aparición de los estigmas se retrasa en relación con la liberación del polen (Tollenaar, 1977) y 3) los beneficios de la esterilidad masculina para fijar granos bajo condiciones de estrés (Uhart y Andrade, 1995) apoyan esta conclusión.

Continuando con la parte baja de la curva, estudios previos (Andrade *et al.*, 1999) indican que, ante disminuciones en la TCpl debido a la alta densidad de plantas o a las malas condiciones ambientales, se reduce la partición de biomasa a espiga; en otras palabras, mientras menos recursos hay disponibles para la planta menos le destina esta a la espiga, explicando por qué la caída del NGP, a medida que se reduce la TCpl, es curvilínea y no lineal. Si se analiza la parte alta de la curva se puede apreciar un achatamiento o “Plateau”, pues si la planta crece mucho porque le sobran recursos no pueden seguir fijando estructuras reproductivas debido a las limitaciones morfogénicas en la primera espiga y además los valores del umbral para el crecimiento de la segunda mazorca son altos (Maddonni, 2011).

En los híbridos estudiados, como ya se expresó anteriormente, la respuesta del NGP a tasas de crecimiento superiores a 4 g d^{-1} disminuye, pero dicha reducción no es tan marcada como sí lo es la fuerte caída en el número de granos fijados, como consecuencia de la disminución de la TCpl cuando las plantas crecen en un ambiente con escasos recursos disponibles por planta, por ejemplo debido a densidad elevada. Esta situación, que es coincidente con lo expuesto por Andrade *et al.* (1999), sugiere que debe determinarse la densidad óptima para los genotipos en cada ambiente, a los fines de evitar pérdidas de rendimiento por situaciones de estrés o desperdiciar la posibilidad de explorar niveles de rendimiento mayores en ambientes que promueven altas TCpl durante el período de floración femenina. Conocer la relación entre el NGP y la TCpl de cada híbrido servirá, justamente, para estimar la densidad óptima para cada híbrido en particular.

Observando los gráficos de los híbridos evaluados (Figuras 1, 2, 3, 4, y 5) resulta importante destacar que la relación entre NGP y la TCpl luego del umbral para fijar granos (ordenada al origen) y antes del Plateau, se asemeja a un cultivo de soja donde el número de

granos por individuo está asociado directa y linealmente con la TCpl (Vega *et al.*, 2000). Como fue planteado anteriormente Echarte (2003) señala que la selección de nuevos híbridos implica una mejora genética en la tolerancia al estrés. Si bien no se pudo encontrar mejoras en los umbrales de TCpl para fijar granos en los híbridos actuales evaluados en éste trabajo la pendiente entre el NGP y la TCpl (similar a la de soja) indica una gran estabilidad productiva de éstos nuevos híbridos lo cual puede asociarse a su mejor tolerancia al estrés. Similares explicaciones pueden utilizarse para comprender por qué el número de granos y el rendimiento de los nuevos materiales son menos susceptibles a incrementos o disminuciones en la densidad de plantas o a fallas en la emergencia (Echarte *et al.*, 2000), en otras palabras, en éstos híbridos la relación entre el rendimiento por unidad de superficie y la densidad de plantas adquiere una forma menos curvada con lo cual variaciones en la densidad normal de siembra tiene moderados efectos sobre el rendimiento, es decir mayor estabilidad.

Dentro de los híbridos analizados, DK 747MGRR2 obtuvo el umbral más bajo de TCpl para fijar granos, pero al comparar estadísticamente dicho umbral no se obtuvieron diferencias significativas entre híbridos (Tabla 3). Posiblemente éste material, toleraría aumentos en la densidad de siembra sin que esto signifique incrementos en la cantidad de plantas estériles. En otras palabras, los máximos rendimientos del genotipo se obtendrían con altas densidades, pues aumentos de la TCpl por encima de $3,3 \text{ g d}^{-1}$ producen incrementos menores en el NGpl (ver anexo 4) y por consiguiente debemos lograr que la mayoría de las plantas crezcan a razón de 3 g d^{-1} aumentando la cantidad de plantas por superficie.

Un concepto muy importante es que la relación NGP - TCpl estimada permite explicar la pérdida de rendimiento producida por diferencias en el crecimiento entre las plantas de un stand. La desuniformidad entre plantas puede deberse a retrasos en la germinación (desuniformidad temporal) o por una mala distribución de semillas durante la siembra (desuniformidad espacial), ambas situaciones generan plantas dominantes (de mayor TCpl) y plantas dominadas (de menor TCpl). Las plantas dominadas y más bajas de un cultivo, se alargan de forma rápida, presentando menores ganancias de peso y tallos de menor diámetro, lo que reduce la capacidad de almacenamiento de sólidos solubles en esos tejidos, principalmente sacarosa, deprimiendo su rendimiento (Evans, 1975). Las principales razones por las cuales las plantas con emergencia tardía producen menos es porque no tienen la capacidad de competir por luz, agua y nutrientes con respecto a plantas vecinas mejor establecidas, generándose en el stand plantas dominadas y dominantes desde las primeras etapas de crecimiento.

Si dentro de un stand las TCpl son muy distintas (plantas dominantes y dominadas), por la relación curvilínea estudiada se tiene la posibilidad de que algunas plantas queden

estériles o fijen pocos granos (TCpl menores a 2 g d^{-1}) y que las más competidoras (TCpl mayores a 4 g d^{-1}) no lleguen a compensar la pérdida en la fijación de granos. De los híbridos analizados el DK 747MGRR2 presenta un bajo umbral para fijar granos con lo cual hay más chances de que las plantas dominadas no sean estériles, otorgándole una cierta tolerancia a la desuniformidad comparado con otros materiales. Sin embargo la forma peculiar de la curva evidencia que tener plantas creciendo a razón de 2 g d^{-1} y otras a 4 g d^{-1} no es lo mismo que todas (hipotéticamente) crezcan a 3 g d^{-1} , motivos que sobran para explicar porque: el rendimiento se reduce a medida que aumenta la variabilidad entre plantas (Tollenaar y Wu, 1999).

En la Figura 6 se puede apreciar la relación entre el NGP y la TCpl estimada para los cinco híbridos estudiados. A nivel gráfico las mayores diferencias entre híbridos se ven en la parte alta de la curva, es decir, número potencial de granos y forma de la curva. Sin embargo, es importante destacar las pequeñas diferencias gráficas en el umbral de TCpl para producir granos

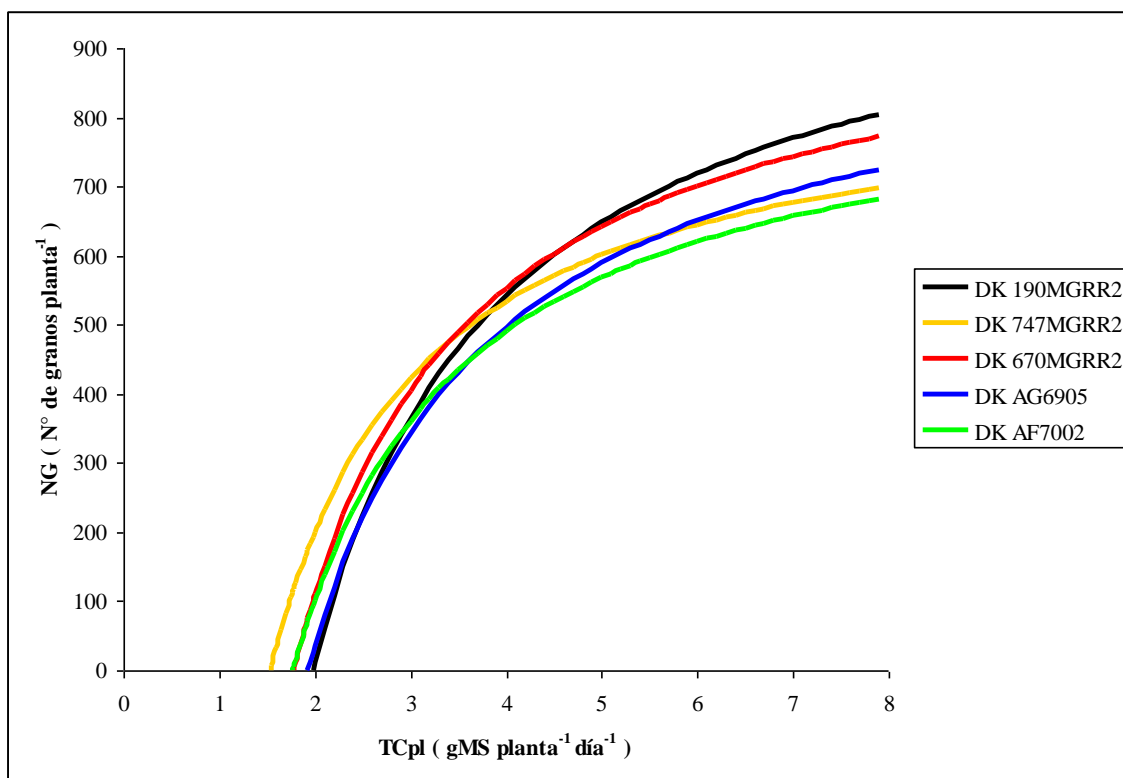


Figura 6. Comparación gráfica de la relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos estimada para los híbridos de maíz DK 190MGRR2, DK 747MGRR2, DK 670MGRR2, AG6905 (material experimental) y AF7002 (material experimental), creciendo sin restricciones de Nitrógeno.

Si centramos la atención únicamente en los valores de los parámetros a y b expuestos en la Tabla 2, se aprecia que a medida que a se acrecienta el umbral para fijar granos disminuye y el NGP potencial se amplía. Si b aumenta (es menos negativo) el umbral para fijar granos disminuye y crece el número de granos (ordenada al origen menor). Por consiguiente el híbrido que tenga un alto valor de los parámetro a y b será el más tolerante y con mayor potencial de rendimiento. Entre los híbridos estudiados el DK 190MGRR2 tiene el valor más alto de a (1071,98) y el híbrido DK 747MGRR2 el mayor valor de b (-1333,55), sin embargo este ultimo híbrido presenta ventajas pues, tiene un valor algo menor del parámetro a (867,14) pero el primero posee un muy bajo valor de b (-2119,87) motivo por el cual si la elección del material se basara en el valor de los parámetros de la ecuación, el DK 747MGRR2 es un compromiso entre tolerancia y potencial de producción.

Tabla 2. Valores de los parámetros a y b para cada uno de los híbridos estudiados (DK 190MGRR2, DK 747MGRR2, DK 670MGRR2, AG 6905 y AF 7002) con sus respectivos valores p , estimados a través de regresión no lineal. Nivel de significancia $p < 0,05$.

	DK 190MGRR2		DK 747MGRR2		DK 670MGRR2		DK AG6905		DK AF7002	
	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$
A	1073,27	<0,0001	867,16	<0,0001	996,99	<0,0001	957,56	<0,0001	879,18	<0,0001
B	-2124,94	0,0002	-1333,68	0,0021	-1775,44	0,0013	-1842,86	0,0004	-1555,56	0,0004

Para determinar diferencias entre los genotipos evaluados, respecto a los parámetros a y b , se procedió a evaluar si los parámetros de cada material eran estadísticamente distintos; utilizando la función lineal $NGP = a + (b * (1/TCpl))$, que deriva de la función utilizada $NGP = a + (b / TCpl)$, se comparó los parámetros a (ordenada al origen) y b (pendiente) entre los distintos híbrido testeados (ver Anexo 3).

Como se puede apreciar en la Tabla 3 sólo el parámetros b del híbrido DK 190MGRR2 (b : -2119,87) difiere estadísticamente del parámetro b del híbrido DK 747MGRR2 (b : -1333,55), al 5% de probabilidad (ver Anexo 5). Por esa razón la relación entre el NGP y la TCpl de los 5 híbridos evaluados, se graficó por separado: los 3 que no mostraron diferencias estadísticas (Figura 7) y los 2 que sí la mostraron (Figura 8).

En la Figura 7 se presenta la relación entre el NGP y la TCpl para tres de los cinco híbridos evaluados. Gráficamente, las tres curvas son muy similares, sólo difieren en la pendiente, pues el corte con el eje x , es decir el umbral de tasa de crecimiento por planta para fijar granos, no presenta diferencia alguna a simple vista. En general, las pendientes de los tres híbridos son similares, de hecho estadísticamente no son diferentes. En teoría, el material DK 670MGRR2 presentaría un Plateau menos marcado y el mayor número

potencial de granos, características que le conferirían poder mantener un elevado NGP aún en bajas densidades de siembra.

Tabla 3. Valor p de los test para la hipótesis, de los parámetros a (ordenada al origen) y b (pendiente). En verde $p \leq 0,05$; en amarillo $0,05 > p \leq 0,10$ y en rojo $p \geq 0,1$. Nivel de significancia $p < 0,05$.

PENDIENTE					
PRUEBA DE HIPOTESIS [0 1]					
	DK 190MGRR2	DK 747MGRR2	DK 670MGRR2	DK AG6905	DK AF7002
DK 190MGRR2		0,0421	0,3148	0,4153	0,1174
DK 747MGRR2			0,1819	0,1286	0,4926
DK 670MGRR2				0,8553	0,5639
DK AG6905					0,3781

ORDENADA AL ORIGEN					
PRUEBA DE HIPOTESIS [1 0]					
	DK 190MGRR2	DK 747MGRR2	DK 670MGRR2	DK AG6905	DK AF7002
DK 190MGRR2		0,0709	0,4623	0,2766	0,0834
DK 747MGRR2			0,1748	0,329	0,9082
DK 670MGRR2				0,7295	0,307
DK AG6905					0,3854

Los resultados obtenidos en este trabajo y que se exponen en la Figura 7, permiten sugerir, para los tres materiales, siembras de mediana y baja densidad (de 70.000 a 50.000 pl ha⁻¹, respectivamente), pues en altas densidades muchas plantas estarán creciendo cercano a 2 g d⁻¹, durante la etapa de floración, y por ende no fijarán granos. Más específicamente se recomienda el DK 670MGRR2 en una densidad de siembra media en lotes con alta disponibilidad de recursos, y el mismo híbrido sembrado en bajas densidades en ambientes más rigurosos en los que se puede aprovechar la plasticidad que posee el material.

En la Figura 8 se muestran las relaciones entre el NGP y la TCpl para los híbridos DK 747MGRR2 y DK 190MGRR2, que presentaron diferencias estadísticas en la pendiente de ésta relación, no ocurriendo ello con la ordenada al origen. Ambos genotipos poseen similares umbrales de TCpl para fijar granos, si bien se aprecian diferencias en la Figura 8 las mismas no son estadísticamente significativas (ver Tabla 3). La principal diferencia encontrada entre estos híbridos es la pendiente de la relación NGP vs. TCpl, lo cual indica que en ambientes con escasos recursos por planta, ya sea por elevada densidad de siembra o por condiciones ambientales desfavorables, ambos genotipos generarán una producción similar. A medida que la oferta de recursos por planta aumente, por una disminución en la densidad o una mejora en el ambiente productivo, se producirá una respuesta diferencial entre ambos híbridos siendo el DK 190MGRR2 el material que mejor explore la mayor

oferta ambiental puesto que su Plateau se produce a un mayor nivel productivo. En estas condiciones es factible que el DK 747MGRR2 por encima de $3,5 \text{ g d}^{-1}$ pierda eficiencia en fijar granos comparado con el material DK 190MGRR2. Posiblemente la mayor prolificidad en la producción de espigas de éste último, explique su mayor productividad individual.

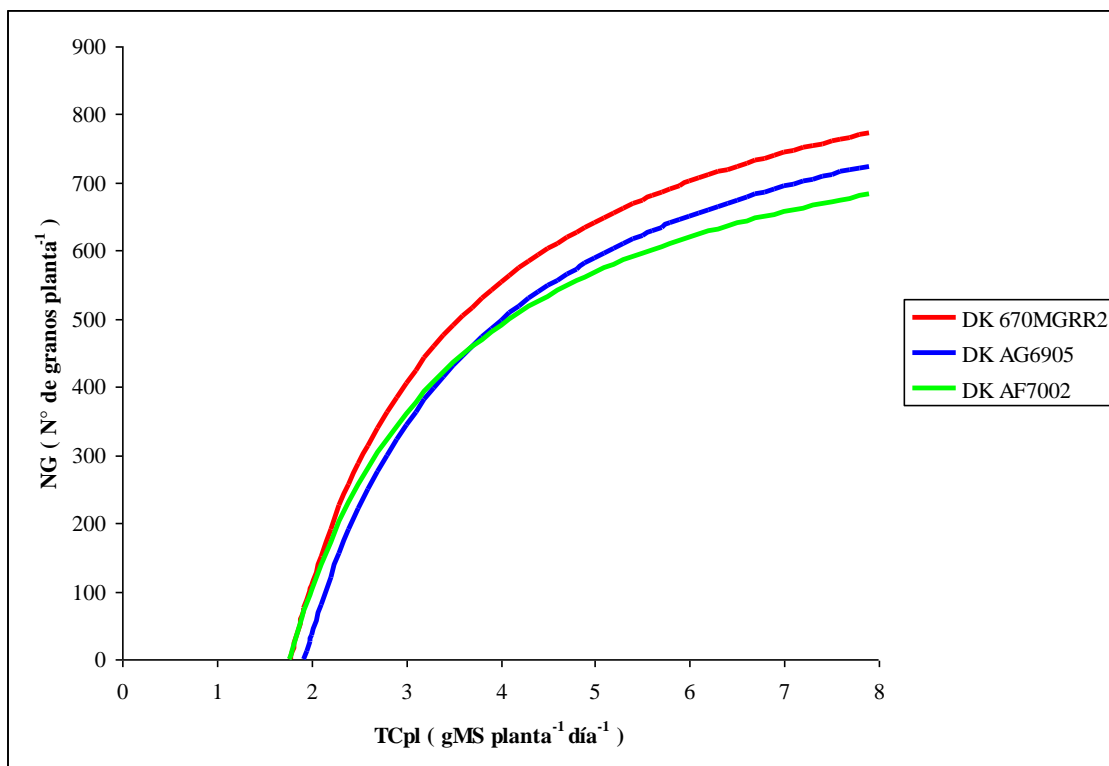


Figura 7. Comparación gráfica de la relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos estimada para los híbridos de maíz DK 670MGRR2, DK AG6905 (material experimental) y DK AF7002 (material experimental), creciendo sin restricciones de Nitrógeno.

Resumiendo, la Figura 8 evidencia el comportamiento diferencial de dos híbridos, lo cual permite aconsejar diferentes materiales genéticos para ambientes disímiles. Por lo tanto, en condiciones de escasos recursos por planta, ambos genotipos pueden ser empleados indistintamente, mientras que si los recursos por planta aumentan se recomendaría emplear el DK 190MGRR2 por su mayor capacidad productiva. No obstante si se selecciona para un ambiente determinado una densidad subóptimas por su mayor capacidad productiva individual el DK 190MGRR2 permitirá obtener en estas condiciones un mayor rendimiento en grano. La gran estabilidad productiva de este híbrido explica por qué, en las últimas campañas agrícolas, haya sido el más sembrado en la República Argentina.*

* Comunicación personal: Ingeniero Agrónomo Pablo Talano

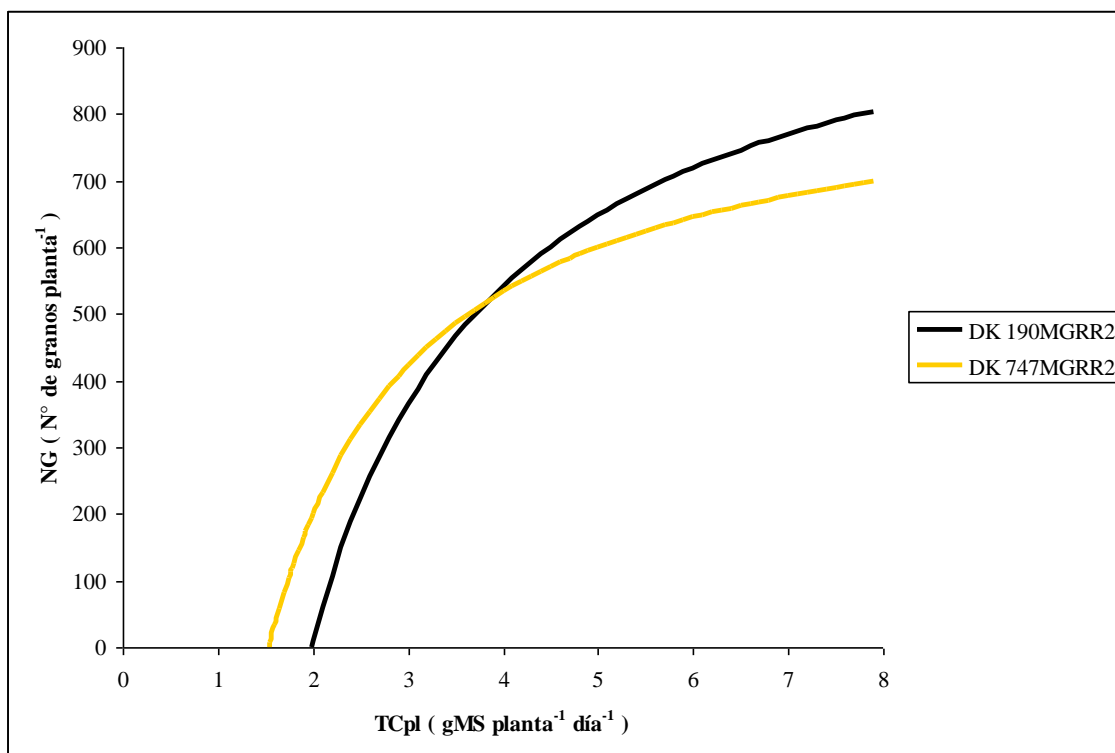


Figura 8. Comparación gráfica de la relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos estimada para los híbridos de maíz DK 190MGRR2 y DK 747MGRR2, creciendo sin restricciones de Nitrógeno.

Talano *et al.*, (2010) trabajando con los híbridos DK 190MGRR y DK 670MGRR2 y con similares métodos de muestreos que en el presente trabajo, estimó para el material DK 190MGRR2 el valor del parámetro a en 788 y de b en -1026 (en el presente estudio $a = 1073,27$ y $b = -2124,94$) y para el híbrido DK 670MGRR2 obtuvo $a = 583$ y $b = -424$ mostrando una gran diferencia con los valores obtenidos en este trabajo ($a = 996,99$ y $b = -1775,44$). Si se grafica (ver Anexo 6) para cada material la relación entre el NGP y la TCpl que estimó Talano *et al.* (2010), y la que se expuso en el presente estudio se aprecian curvas muy distintas a pesar de que se trabajó con el mismo genotipo. Dicho escenario denota la complejidad del proceso para obtener los datos con los que se construyen las curvas y la dificultad para obtener resultados absolutos consistentes año tras año. Por tal motivo, es importante resaltar que todas las recomendaciones técnicas que se exponen en este trabajo surgen de la interpretación de los datos obtenidos pudiendo o no coincidir con otros autores.

CONCLUSIONES

Entre los 5 genotipos comparados en este trabajo se concluye que, sólo entre el DK 190MGRR2 y DK 747MGRR2, las relaciones entre el número de granos por planta y la tasa de crecimiento por planta son diferentes. Por lo tanto, existen diferencias entre algunos híbridos, en esta relación, y se confirma parcialmente la hipótesis planteada.

Los híbridos DK 190MGRR2 y DK 747MGRR2 al diferir en la relación NGP-TCpl, las recomendaciones de uso también son distintas. Es decir, en condiciones de escasos recursos por planta, ambos genotipos pueden ser empleados indistintamente, mientras que si los recursos por planta aumentan se recomendaría emplear el DK 190MGRR2 por su mayor capacidad productiva.

Es primordial aclarar que la relación NGP-TCpl de los materiales DK 670MGRR2, AG 6905 y AF 7002 si bien presentaban diferencias gráficas, sus parámetros no fueron estadísticamente diferentes, es posible que exista cercanía genética entre estos materiales.

Durante el transcurso de este trabajo de investigación se pudo apreciar la importancia que tiene conocer la relación NGP-TCpl como sustento de explicación a un sinnúmero de variables que afectan el cultivo de maíz como son: la densidad, el estrés, la desuniformidad entre plantas, la disponibilidad de recursos y por supuesto la elección del genotipo.

La relación estudiada entre NGP y la TCpl expone las características intrínsecas de cada genotipo. Motivo por el cual, conocer esa relación en los híbridos de maíz, sería de gran importancia para los asesores técnicos.

Además, sería recomendable que en los catálogos de los semilleros se presente para cada híbrido la relación entre el NGP y TCpl aparte de la actualmente ofrecida a técnicos y productores, ya que esta relación evidencia los atributos más importantes de cada genotipo. No obstante, y dada la complejidad de esta determinación, se aconseja que los responsables de efectuarla sean instituciones oficiales (Ej. INTA o Universidades).

Para concluir y parafraseando a Campbell y Madden (1990) quienes señalaron que “la curva de progreso de una enfermedad en el tiempo, es su firma”, se puede afirmar que *la curva que relaciona el número de granos por planta con la tasa de crecimiento de las mismas, es la firma del híbrido.*

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ANDRADE, F.H.; A. CIRILO; S. UHART Y M. OTEGUI. 1996. *Ecofisiología del cultivo de maíz*. (1^{ra} ed.). Ed. La Barrosa, Balcarce, Buenos Aires. 292p
- ANDRADE, F.H.; C. VEGA; S. UHART; A. CIRILO; M. CANTARERO Y O. VALENTINUZ. 1999. Kernel Number determination in Maize. *Crop Sci.* 39: 453-459.
- ANDRADE, F.H.; L. ECHARTE; R. RIZZALLI; A. DELLA MAGGIORA Y M. CASANOVAS. 2002. Kernel Number Prediction in Maize under Nitrogen or Water Stress. *Crop Sci.* 42: 1173–1179.
- ANDRADE, F.H. 2005. SAFV, Sociedad Argentina de Fisiología Vegetal. Archivo de publicaciones. En: <http://www.safv.com.ar/Andrade0705.pdf>. Consultado: 15-11-2009.
- CAMPBELL, C.L. Y MADDEN, L.V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley and Sons, NY. 532 pp.
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- EDMEADES, G.O. Y T.B. DAYNARD. 1979. The relationship between final yield and photosynthesis at flowering in individual maize plants. *Can. J. Plant Sci.* 59:585-601.
- ESCÓBAR SALAS, F. 2005, corresponsal del Servicio Informativo de la OEI (Organización de Estados Iberoamericanos). UVA (Union Vegetariana Argentina). Tras las huellas del origen del Maíz. En: www.uva.org.ar/zeamayz.html. Consultado: 10-11-2009.
- ECHARTE, L., C. VEGA, F.H. ANDRADE Y S.A. UHART. 1998. Relación entre el número de granos fijados y la tasa de crecimiento por planta en híbridos de maíz de las últimas tres décadas en Argentina. **Actas XXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal**. Mar del Plata 23/09/1998.
- ECHARTE, L., S. LUQUE, F.H. ANDRADE, V.O. SADRAS, A. CIRILO, M.E. OTEGUI Y C.R.C. VEGA. 2000. Response of maize kernel number to plant density in Argentinean hybrids released between 1965 and 1995. *Field Crops Res.* 68: 1-8.

- ECHARTE, L. 2003. *Determinación del rendimiento en híbridos de maíz liberados en Argentina en distintas décadas*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 146p.

- EVANS, L.T. 1975. *Fisiología de los cultivos*. Editorial Hemisferio Sur. ISBN 950-504-262-0.

- FAOSTAT permite el acceso a más de 3 millones de series cronológicas y de datos con relación a la alimentación y agricultura. En: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>. Consultado: 26-11-2009.

- GAMBÍN, B.L Y L. BORRÁS. 2010. Resource distribution and the trade-off between seed number and seed weight: a comparison across crop species. *Annals of Applied Biology*. Vol. 156 p. 91 - 102

- GARCÍA, F.O. 2011. Balances de carbono y de nutrientes: buscando el equilibrio en la agricultura del Cono Sur. **II Simposio Nacional de Agricultura**. Acassuso - Buenos Aires, Argentina. p: 135-147

- JACOBS, B.C. Y C.J. PEARSON. 1991. Potential yield of maize, determined by rates of growth and development of ears. *Field Crops Res.* 27:281–298.

- JARSÚN, B., J.A. GORGAS, E. ZAMORA, H. BOSNERO, E. LOVERA, A. RAVELO y J.L. TASSILE. 2003. Los Suelos. Nivel de reconocimiento Escala 1:500000. Agencia Córdoba Ambiente S.E. EEA INTA Manfredi.

- KINIRY, J.R. Y J.T. RITCHIE. 1985. Shade-sensitive interval of kernel number of maize. *Agron. J.* 77: 711-715.

- HAVLIN, J.L.; KISSEL, D.E.; MADDUX, L.D.; CLAASSEN, M.M. Y LONG, J.H. 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 448-452.

- MADDONNI, G. 2011. *Bases funcionales y genéticas de la respuesta al stress en el cultivo de Maíz*. Trabajo presentado en: Congreso Mundo Soja Maíz. Puerto Madero – Buenos Aires 07/06/2011.

- MENÉNDEZ, F. J. Y M. OLMOS. 2006. MAIZAR. AIANBA (Asociación de Ingenieros Agrónomos del Norte de la Provincia de Buenos Aires) Efectos de la

desuniformidad espacial sobre el rendimiento de cultivos de maíz sembrados con diferentes densidades. En: www.maizar.org.ar/vertext.php?id=219. Consultado: 15-11-2009.

- PAPAROTTI, O. F. Y O. R. VALENTINUZ. 2004. Inta Paraná. Rendimiento Potencial y Tolerancia al Estrés en Maíz. En: www.inta.gov.ar/PARANA/info/documentos/produccionvegetal/maiz/analisis_economico/renpot_maiz.htm. Consultado: 22-11-2009.

- PEDROL, H.; J. CASTELLARÍN Y F. SALVAGIOTTI. 2004. Sustentabilidad y diversificación de riesgos productivos. *IdiaXXI* 6: 141-146

- PEÑA ZUBIATE, C.A Y A. D'HIRIART. 1992. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja Buena Esperanza. INTA. Gobierno de la Provincia de San Luís. 75p. 4 mapas.

- RITCHIE S.W. Y J.J. HANWAY 1982. **How a corn plant develops**. Iowa State University of Science and Technology. Spetial Report 48. Cooperative Extension Service Ames, Iowa.

- ROBINSON, C.; CRUSE, R. Y KOHLER, R. 1994. Soil management pp. 109-134. En J. Hatfield y D. Karlen (ed.). Sustainable agricultura systems. Lewis Pub. Boca Raton, Florida, EE.UU.

- SCHUSSLER, J. R. Y M. E. WESTGATE. 1991. Maize Kernel Set at Low water potential: I. Sensitivity to reduced assimilates during early kernel growth. *Crop Sci.* 31: 1189-1195

- SIIA (Sistema Integrado de Información Agropecuaria). En: <http://www.siiia.gov.ar/index.php/series-por-tema/agricultura>. Consultado: 28-07-2011.

- STUDDERT, G. Y H. ECHEVERRÍA. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 1496-1503.

- TALANO, P.; G. ESPÓSITO Y G. BALBOA. 2010. Diferencias en el comportamiento ecofisiológico de híbridos modernos de maíz frente al estrés hídrico. **IX Congreso Nacional de Maíz**. Rosario - Santa Fe, Argentina. p: 142-143.

- TOLLENAAR, M. 1977. Sink-source relationships during reproductive development in maize. A review. *Maydica.* 22: 49-85.

- TOLLENAAR, M.; L. M. DWYER Y D. W. STEWART. 1992. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. *Crop Sci.* 32: 432-438.

- TOLLENAAR, M. Y J. WU. 1999. Yield Improvement in Temperate Maize is Attributable to Greater Stress Tolerance. *Crop Sci.* 6: 1597-1604.

- UHART, S. A Y F. H. ANDRADE. 1995. Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon-nitrogen interaction on kernel number and grain yield. *Crop Sci.* 35:1384-1389

- VEGA, C.R.C. 1997. *Número de granos por planta en soja, girasol y maíz en función de las tasas de crecimiento por planta durante el período crítico de determinación del rendimiento.* Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

- VEGA C., F. ANDRADE, V.O. SADRAS Y S. UHART. 2000. Seed number as a function of growth a comparative study in soybean, sunflower and maize. *Crop Sci.* 41: 748-754.

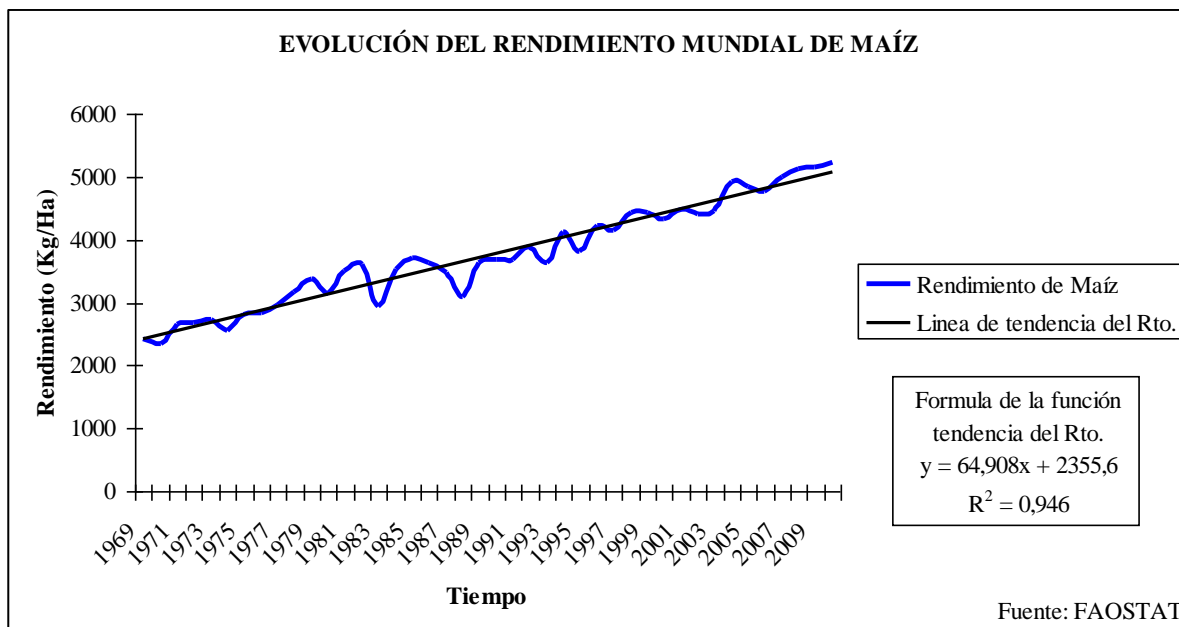
- VEGA, C.R.C., F.H. ANDRADE, V.O. SADRAS, S.A. UHART Y O.R. VALENTINUZ 2001. Seed number as a function of growth. A comparative study in soybean, sunflower and maize. *Crop Sci.* 41: 748-754.

- WATSON, S.A. 1988. Corn marketing processing and utilization. En: DUDLEY, J.W. Y G.S. SPRAGUE (eds.) **Corn and corn improvement** (3ª ed.). American Society of Agronomy, Inc. Publishers. Madison, Wisconsin, USA. Series Agronomy N° 18.

ANEXOS

Anexo 1

Informes estadísticos sobre el cultivo de maíz



Serie histórica (1969-2010): rendimiento de Maíz a nivel mundial

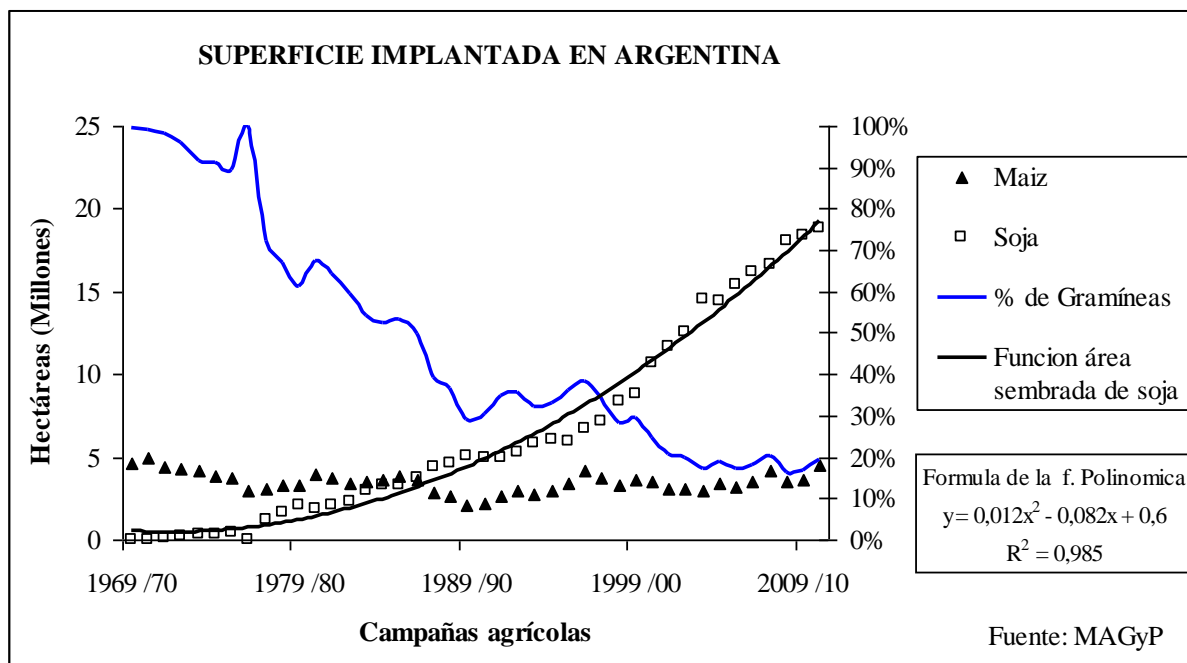
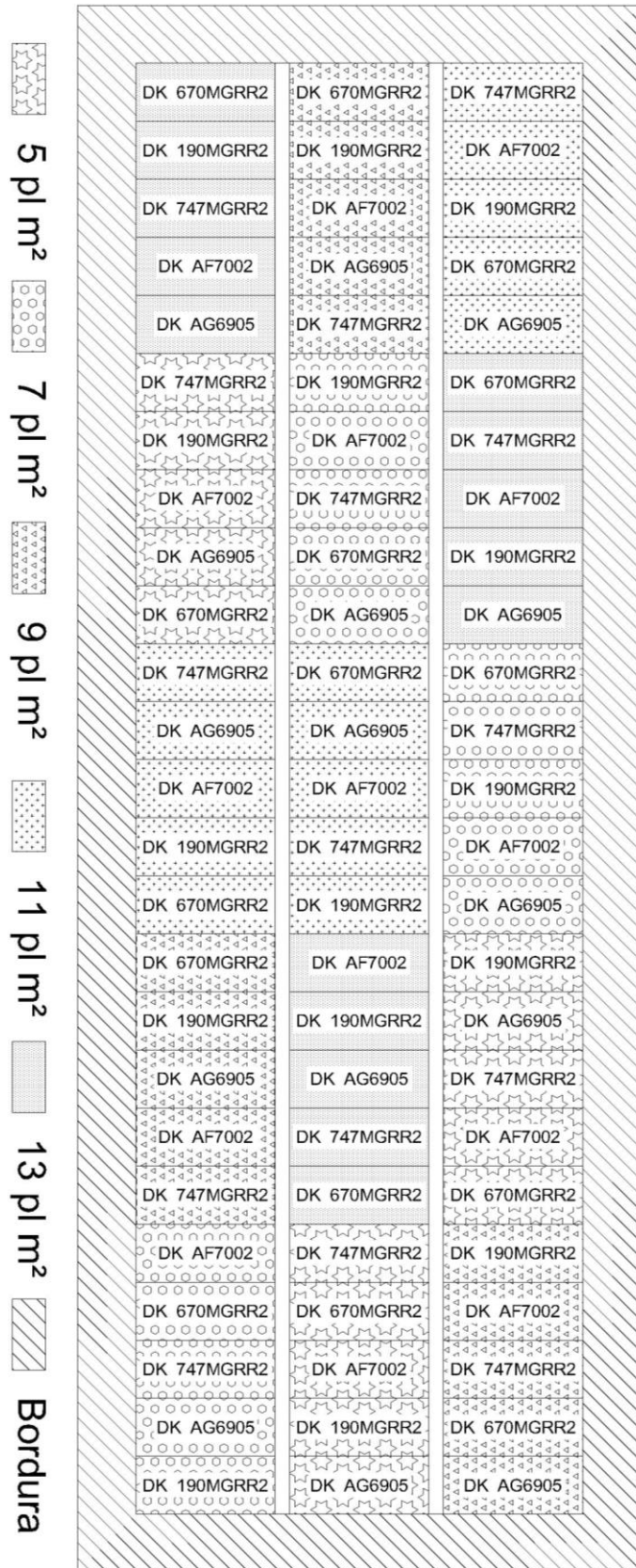


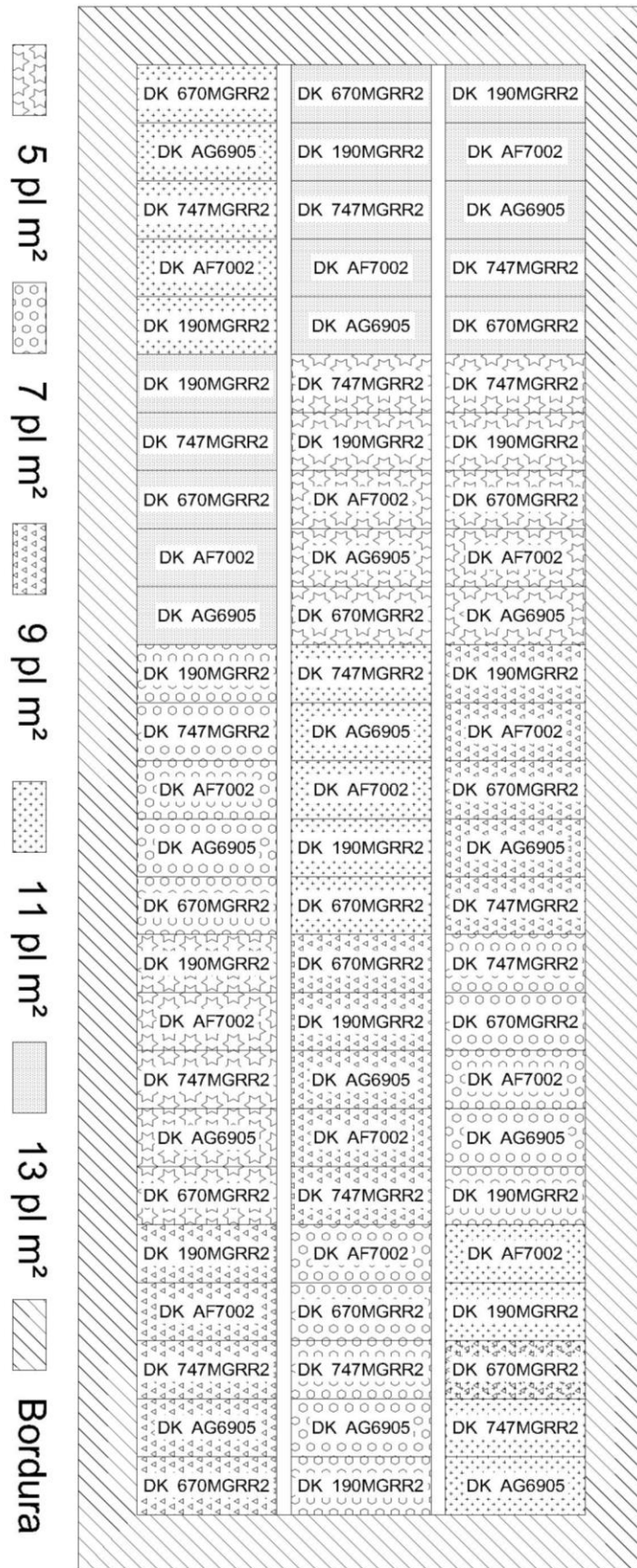
Gráfico comparativo de la evolución del área implantada en soja y maíz, a nivel Nacional (1969-2011). También se muestra como fue cambiando, a través del tiempo, la presencia de gramíneas en las rotaciones.

Anexo 2. Esquema gráfico del diseño experimental utilizado en cada ensayo

Anexo 2.1. Ensayo 1, establecimiento “Los Almendros”



Anexo 2.2. Ensayo 2, establecimiento “El Tapayo”



Anexo 3. Resultados de los parámetros a y b estimados con el programa INFOSTAT (2011).

Tabla A.3.1. Tabla comparativa donde se muestra la notable similitud entre los valores obtenidos para los parámetros a y b por regresión No Lineal vs. regresión Lineal. Además se exponen las salidas de Infostat correspondientes.

PARÁMETROS PARA CADA HÍBRIDO USANDO REGRESIÓN NO LINEAL
 $[NGP = a + (b / TCpl)]$

	DK 190MRRR2		DK 747MRRR2		DK 670MRRR2		DK AG6905		DK AF7002	
	Valor	$P =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$
A	1073,27	<0,0001	867,16	<0,0001	996,99	<0,0001	957,56	<0,0001	879,18	<0,0001
B	-2124,9	0,0002	-1333,7	0,0021	-1775,4	0,0013	-1842,9	0,0004	-1555,6	0,0004

PARÁMETROS PARA CADA HÍBRIDO USANDO REGRESIÓN LINEAL
 $[NGP = a + (b *(1/ TCpl))]$

	DK 190MRRR2		DK 747MRRR2		DK 670MRRR2		DK AG6905		DK AF7002	
	Valor	$P =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$
A	1071,98	<0,0001	867,14	<0,0001	996,01	<0,0001	957,1	<0,0001	877,45	<0,0001
B	-2119,9	0,0002	-1333,6	0,0021	-1770,6	0,0014	-1840,1	0,0004	-1548,5	0,0004

Tabla A.3.1.1. Tabla con los resultados del análisis de la regresión no lineal del híbrido DK 190MGRR2.

Modelo NG $a + (b/TCPP)$

Variable	N	CMEror	AIC	BIC	Iteración
NG	10	4614,15	93,72	94,33	3

Parámetros	Cota inf.	Cota sup.	Val.Ini.	Estimación	E.E.	T	p-valor
A	-1E30	1E30	1,0E-03	1073,27	98,61	10,88	<0,0001
B	-1E30	1E30	1,0E-03	-2124,94	326,48	-6,51	0,0002

Matriz de correlación de las estimaciones

	A	B
A	1,00	-0,98
B	-0,98	1,00

Tabla A.3.1.2. Tabla con los resultados del análisis de la regresión no lineal del híbrido DK 747MGRR2.

Modelo NG a+(b/TCPP)

Variable	N	CMError	AIC	BIC	Iteración
NG	10	4176,89	92,73	93,33	2

Parámetros	Cota inf.	Cota sup.	Val.Ini.	Estimación	E.E.	T	p-valor
A	-1E30	1E30	1,0E-03	867,16	86,49	10,03	<0,0001
B	-1E30	1E30	1,0E-03	-1333,68	298,79	-4,46	0,0021

Matriz de correlación de las estimaciones

	A	B
A	1,00	-0,97
B	-0,97	1,00

Anexo 3.1.3. Tabla con los resultados del análisis de la regresión no lineal del híbrido DK 670MGRR2.

Modelo NG a+(b/TCPP)

Variable	N	CMError	AIC	BIC	Iteración
NG	10	9879,76	101,34	101,94	3

Parámetros	Cota inf.	Cota sup.	Val.Ini.	Estimación	E.E.	T	p-valor
A	-1E30	1E30	1,0E-03	996,99	108,71	9,17	<0,0001
B	-1E30	1E30	1,0E-03	-1775,44	369,46	-4,81	0,0013

Matriz de correlación de las estimaciones

	A	B
A	1,00	-0,96
B	-0,96	1,00

Tabla A.3.1.4. Tabla con los resultados del análisis de la regresión no lineal del híbrido DK AG6905.

Modelo NG a+(b/TCPP)

Variable	N	CMError	AIC	BIC	Iteración
NG	10	6086,17	96,49	97,10	2

Parámetros	Cota inf.	Cota sup.	Val.Ini.	Estimación	E.E.	T	p-valor
A	-1E30	1E30	1,0E-03	957,56	86,89	11,02	<0,0001
B	-1E30	1E30	1,0E-03	-1842,86	313,29	-5,88	0,0004

Matriz de correlación de las estimaciones

	A	B
A	1,00	-0,96
B	-0,96	1,00

Tabla A.3.1.5. Tabla con los resultados del análisis de la regresión no lineal del híbrido DK AF7002.

Modelo NG a+(b/TCPP)

Variable	N	CMEror	AIC	BIC	Iteración
NG	10	3406,70	90,69	91,29	4

Parámetros	Cota inf.	Cota sup.	Val.Ini.	Estimación	E.E.	T	p-valor
A	-1E30	1E30	1,0E-03	879,18	73,58	11,95	<0,0001
B	-1E30	1E30	1,0E-03	-1555,56	270,18	-5,76	0,0004

Matriz de correlación de las estimaciones

	A	B
A	1,00	-0,97
B	-0,97	1,00

Tabla A.3.1.6. Tabla con los resultados del análisis de la regresión lineal del híbrido DK 190MGRR2.

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
NG	10	0,84	0,82	7666,45	116,51	117,42

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows
const	1071,98	98,39	845,08	1298,87	10,89	<0,0001	
1/TCPP	-2119,87	325,61	-2870,74	-1369,00	-6,51	0,0002	38,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	195483,82	1	195483,82	42,39	0,0002
1/TCPP	195483,82	1	195483,82	42,39	0,0002
Error	36896,77	8	4612,10		
Total	232380,59	9			

Tabla A.3.1.7. Tabla con los resultados del análisis de la regresión lineal del híbrido DK 747MGRR2.

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
NG	10	0,71	0,68	5731,55	115,53	116,44

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows
const	867,14	86,55	667,56	1066,73	10,02	<0,0001	
1/TCPP	-1333,55	298,97	-2022,96	-644,13	-4,46	0,0021	18,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	83186,33	1	83186,33	19,90	0,0021
1/TCPP	83186,33	1	83186,33	19,90	0,0021
Error	33447,99	8	4181,00		
Total	116634,31	9			

Tabla A.3.1.8. Tabla con los resultados del análisis de la regresión lineal del híbrido DK 670MGRR2.

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
NG	10	0,74	0,71	19753,49	124,15	125,06

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows
const	996,01	108,67	745,43	1246,60	9,17	<0,0001	
1/TCPP	-1770,63	369,00	-2621,55	-919,71	-4,80	0,0014	21,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	227976,47	1	227976,47	23,02	0,0014
1/TCPP	227976,47	1	227976,47	23,02	0,0014
Error	79210,77	8	9901,35		
Total	307187,24	9			

Tabla A.3.1.9. Tabla con los resultados del análisis de la regresión lineal del híbrido DK AG6905.

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
NG	10	0,81	0,79	9581,02	119,27	120,18

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows
const	957,10	86,75	757,06	1157,13	11,03	<0,0001	
1/TCPP	-1840,14	312,58	-2560,95	-1119,33	-5,89	0,0004	31,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	210652,56	1	210652,56	34,66	0,0004
1/TCPP	210652,56	1	210652,56	34,66	0,0004
Error	48627,17	8	6078,40		
Total	259279,73	9			

Tabla A.3.1.10. Tabla con los resultados del análisis de la regresión lineal del híbrido DK AF7002.

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
NG	10	0,80	0,78	6632,14	113,52	114,43

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados [DK 7002]

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows
const	877,45	73,48	708,01	1046,88	11,94	<0,0001	
1/TCPP	-1548,50	269,63	-2170,27	-926,72	-5,74	0,0004	30,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) [DK 7002]

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	112818,12	1	112818,12	32,98	0,0004
1/TCPP	112818,12	1	112818,12	32,98	0,0004
Error	27365,06	8	3420,63		
Total	140183,18	9			

Anexo 4. Tabla comparativa de la eficiencia para fijar granos (calculada como NGP/TCpl) de los híbridos DK 190MGRR2, DK 747MGRR2, DK 670MGRR2, AG6905 y AF 7002.

TCpl	DK 190MGRR2		DK747MGRR2		DK 670MGRR2		DK AG6905		DK AF7002	
	<i>a</i>	NG/ TCpl	867,14	NG/ TCpl	996,01	NG/ TCpl	957,1	NG/ TCpl	877,45	NG/ TCpl
<i>b</i>	-2119,87		-1333,55		-1770,63		-1840,14		-1548,5	
1,6			34	21						
1,7			83	49						
1,8			126	70	12	7			17	10
1,9			165	87	64	34			62	33
2	12	6	200	100	111	55	37	19	103	52
2,1	63	30	232	111	153	73	81	38	140	67
2,2	108	49	261	119	191	87	121	55	174	79
2,3	150	65	287	125	226	98	157	68	204	89
2,4	189	79	311	130	258	108	190	79	232	97
2,5	224	90	334	133	288	115	221	88	258	103
2,6	257	99	354	136	315	121	249	96	282	108
2,7	287	106	373	138	340	126	276	102	304	113
2,8	315	112	391	140	364	130	300	107	324	116
2,9	341	118	407	140	385	133	323	111	343	118
3	365	122	423	141	406	135	344	115	361	120
3,1	388	125	437	141	425	137	364	117	378	122
3,2	410	128	450	141	443	138	382	119	394	123
3,3	430	130	463	140	459	139	399	121	408	124
3,4	448	132	475	140	475	140	416	122	422	124
3,5	466	133	486	139	490	140	431	123	435	124
3,6	483	134	497	138	504	140	446	124	447	124
3,7	499	135	507	137	517	140	460	124	459	124
3,8	514	135	516	136	530	139	473	124	470	124
3,9	528	135	525	135	542	139	485	124	480	123
4	542	136	534	133	553	138	497	124	490	123
4,1	555	135	542	132	564	138	508	124	500	122
4,2	567	135	550	131	574	137	519	124	509	121
4,3	579	135	557	130	584	136	529	123	517	120
4,4	590	134	564	128	594	135	539	122	526	119
4,5	601	134	571	127	603	134	548	122	533	119
4,6	611	133	577	125	611	133	557	121	541	118
4,7	621	132	583	124	619	132	566	120	548	117
4,8	630	131	589	123	627	131	574	120	555	116
4,9	639	130	595	121	635	130	582	119	561	115
5	648	130	600	120	642	128	589	118	568	114
5,1	656	129	606	119	649	127	596	117	574	113
5,2	664	128	611	117	656	126	603	116	580	111
5,3	672	127	616	116	662	125	610	115	585	110
5,4	679	126	620	115	668	124	616	114	591	109
5,5	687	125	625	114	674	123	623	113	596	108
5,6	693	124	629	112	680	121	629	112	601	107
5,7	700	123	633	111	685	120	634	111	606	106
5,8	706	122	637	110	691	119	640	110	610	105
5,9	713	121	641	109	696	118	645	109	615	104

Anexo 5. Resultados de las pruebas de Hipótesis para la ordenada al origen, parámetro a y la pendiente, parámetro b .

Tabla A.5.1. Resultados de la comparación estadística (prueba de hipótesis) entre el parámetro a de cada híbrido. También se exponen valores del parámetro a obtenido para cada híbrido a través de regresión lineal (ver Anexo 3).

ORDENADA AL ORIGEN					
PRUEBA DE HIPOTESIS [1 0]					
	DK 190MGRR2	DK 747MGRR2	DK 670MGRR2	DK AG6905	DK AF7002
DK 190MGRR2		0,0709	0,4623	0,2766	0,0834
DK 747MGRR2			0,1748	0,329	0,9082
DK 670MGRR2				0,7295	0,307
DK AG6905					0,3854

PARÁMETROS PARA CADA HÍBRIDO USANDO REGRESIÓN LINEAL

$$[NGP = a + (b *(1/ TCpl))]$$

	DK 190MRRR2		DK 747MRRR2		DK 670MRRR2		DK AG6905		DK AF7002	
	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$
A	1071,98	<0,0001	867,14	<0,0001	996,01	<0,0001	957,1	<0,0001	877,45	<0,0001
B	-2119,9	0,0002	-1333,6	0,0021	-1770,6	0,0014	-1840,1	0,0004	-1548,5	0,0004

Tabla A.5.1.1 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 190MGRR2 con el del híbrido DK 747MGRR2. Nivel de significancia $p < 0,05$.

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

	F.V.	const	1/TCPP	h
Coef.Comb.Lineal	1	1,00	0,00	867,14

Test para la hipótesis

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	19988,47		1	19988,47	4,33	0,0709

Tabla A.5.1.2 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 190MGRR2 con el del híbrido DK 670MGRR2. Nivel de significancia $p < 0,05$.

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

	F.V.	const	1/TCPP	h
Coef.Comb.Lineal	1	1,00	0,00	996,01

Test para la hipótesis

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	2749,19		1	2749,19	0,60	0,4623

Tabla A.5.1.3 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 190MGRR2 con el del híbrido DK AG6905. *Nivel de significancia $p < 0,05$.*

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const 1/TCPP		h
Coef.Comb.Lineal 1	1,00	0,00	957,10

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	6286,74	1	6286,74	1,36	0,2766

Tabla A.5.1.4 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 190MGRR2 con el del híbrido DK AF7002. *Nivel de significancia $p < 0,05$.*

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const 1/TCPP		h
Coef.Comb.Lineal 1	1,00	0,00	877,45

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	18026,95	1	18026,95	3,91	0,0834

Tabla A.5.1.5 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 747MGRR2 con el del híbrido DK 670MGRR2. *Nivel de significancia $p < 0,05$.*

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const 1/TCPP		h
Coef.Comb.Lineal 1	1,00	0,00	996,01

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	9268,90	1	9268,90	2,22	0,1748

Tabla A.5.1.6 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 747MGRR2 con el del híbrido DK AG6905. *Nivel de significancia $p < 0,05$.*

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const 1/TCPP		h
Coef.Comb.Lineal 1	1,00	0,00	957,10

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	4516,59	1	4516,59	1,08	0,3290

Tabla A.5.1.7 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 747MGRR2 con el del híbrido DK AF7002. Nivel de significancia $p < 0,05$.

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const	1/TCPP	h
Coef.Comb.Lineal	1	1,00	0,00
			877,45

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	59,28	1	59,28	0,01	0,9082

Tabla A.5.1.8 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 670MGRR2 con el del híbrido DK AG6905. Nivel de significancia $p < 0,05$.

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const	1/TCPP	h
Coef.Comb.Lineal	1	1,00	0,00
			957,10

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	1269,62	1	1269,62	0,13	0,7295

Tabla A.5.1.9 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 670MGRR2 con el del híbrido DK AF7002. Nivel de significancia $p < 0,05$.

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const	1/TCPP	h
Coef.Comb.Lineal	1	1,00	0,00
			877,45

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	11786,80	1	11786,80	1,19	0,3070

Tabla A.5.1.10 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK AG6905 con el del híbrido DK AF7002. Nivel de significancia $p < 0,05$.

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const	1/TCPP	h
Coef.Comb.Lineal	1	1,00	0,00
			877,45

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	5124,24	1	5124,24	0,84	0,3854

Tabla A.5.2. Resultados de la comparación estadística (prueba de hipótesis) entre el parámetro b de cada híbrido. También se exponen valores del parámetro b obtenido para cada híbrido a través de regresión lineal (ver Anexo 3).

PENDIENTE					
PRUEBA DE HIPOTESIS [0 1]					
	DK 190MGRR2	DK 747MGRR2	DK 670MGRR2	DK AG6905	DK AF7002
DK 190MGRR2		0,0421	0,3148	0,4153	0,1174
DK 747MGRR2			0,1819	0,1286	0,4926
DK 670MGRR2				0,8553	0,5639
DK AG6905					0,3781

PARÁMETROS PARA CADA HÍBRIDO USANDO REGRESIÓN LINEAL
[NGP = $a + (b *(1/ TCpl))$]

	DK 190MRRR2		DK 747MRRR2		DK 670MRRR2		DK AG6905		DK AF7002	
	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$	Valor	$p =$
A	1071,98	<0,0001	867,14	<0,0001	996,01	<0,0001	957,1	<0,0001	877,45	<0,0001
B	-2119,9	0,0002	-1333,6	0,0021	-1770,6	0,0014	-1840,1	0,0004	-1548,5	0,0004

Tabla A.5.2.1 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 190MGRR2 con el del híbrido DK 747MGRR2. Nivel de significancia $p < 0,05$.

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const	1/TCPP	h
Coef.Comb.Lineal 1	0,00	1,00	-1333,60

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	26892,89	1	26892,89	5,83	0,0422

Tabla A.5.2.2 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 190MGRR2 con el del híbrido DK 670MGRR2. Nivel de significancia $p < 0,05$.

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const	1/TCPP	h
Coef.Comb.Lineal 1	0,00	1,00	-1770,60

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	5306,64	1	5306,64	1,15	0,3147

Tabla A.5.2.3 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 190MGRR2 con el del híbrido DK AG6905. *Nivel de significancia $p < 0,05$.*

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const	1/TCPP	h
Coef.Comb.Lineal 1	0,00	1,00	-1840,10

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	3404,87	1	3404,87	0,74	0,4152

Tabla A.5.2.4 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 190MGRR2 con el del híbrido DK AF7002. *Nivel de significancia $p < 0,05$.*

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const	1/TCPP	h
Coef.Comb.Lineal 1	0,00	1,00	-1548,50

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	14201,36	1	14201,36	3,08	0,1174

Tabla A.5.2.5 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 747MGRR2 con el del híbrido DK 670MGRR2. *Nivel de significancia $p < 0,05$.*

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const	1/TCPP	h
Coef.Comb.Lineal 1	0,00	1,00	-1770,60

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	8935,26	1	8935,26	2,14	0,1819

Tabla A.5.2.6 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 747MGRR2 con el del híbrido DK AG6905. *Nivel de significancia $p < 0,05$.*

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const	1/TCPP	h
Coef.Comb.Lineal 1	0,00	1,00	-1840,10

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	12002,97	1	12002,97	2,87	0,1286

Tabla A.5.2.7 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 747MGRR2 con el del híbrido DK AF7002. Nivel de significancia $p < 0,05$.

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const 1/TCPP		h
Coef.Comb.Lineal 1	0,00	1,00	-1548,50

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	2161,37	1	2161,37	0,52	0,4926

Tabla A.5.2.8 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 670MGRR2 con el del híbrido DK AG6905. Nivel de significancia $p < 0,05$.

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const 1/TCPP		h
Coef.Comb.Lineal 1	0,00	1,00	-1840,10

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	350,95	1	350,95	0,04	0,8554

Tabla A.5.2.9 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK 670MGRR2 con el del híbrido DK AF7002. Nivel de significancia $p < 0,05$.

Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const 1/TCPP		h
Coef.Comb.Lineal 1	0,00	1,00	-1548,50

Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	3587,93	1	3587,93	0,36	0,5639

Tabla A.5.2.10 Comparación del parámetro a (constante u ordenada al origen) del híbrido DK AG6905 con el del híbrido DK AF7002. Nivel de significancia $p < 0,05$.

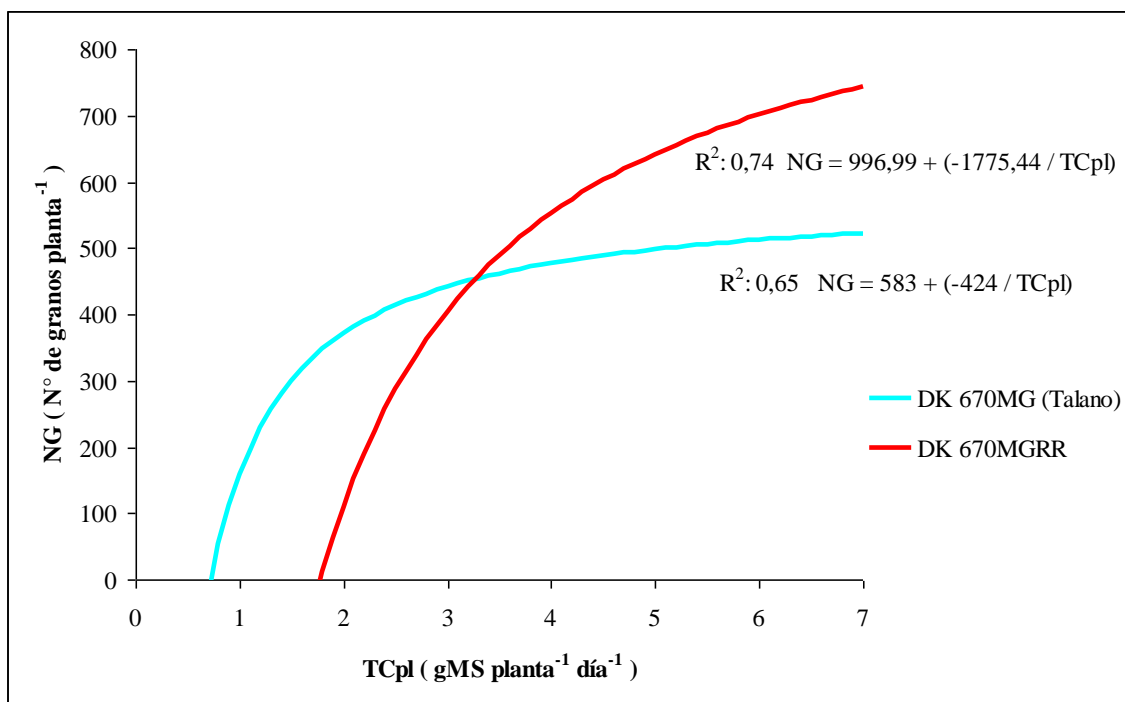
Matriz H y vector h de coeficientes para la hipótesis general $H_b=h$

F.V.	const 1/TCPP		h
Coef.Comb.Lineal 1	0,00	1,00	-1548,50

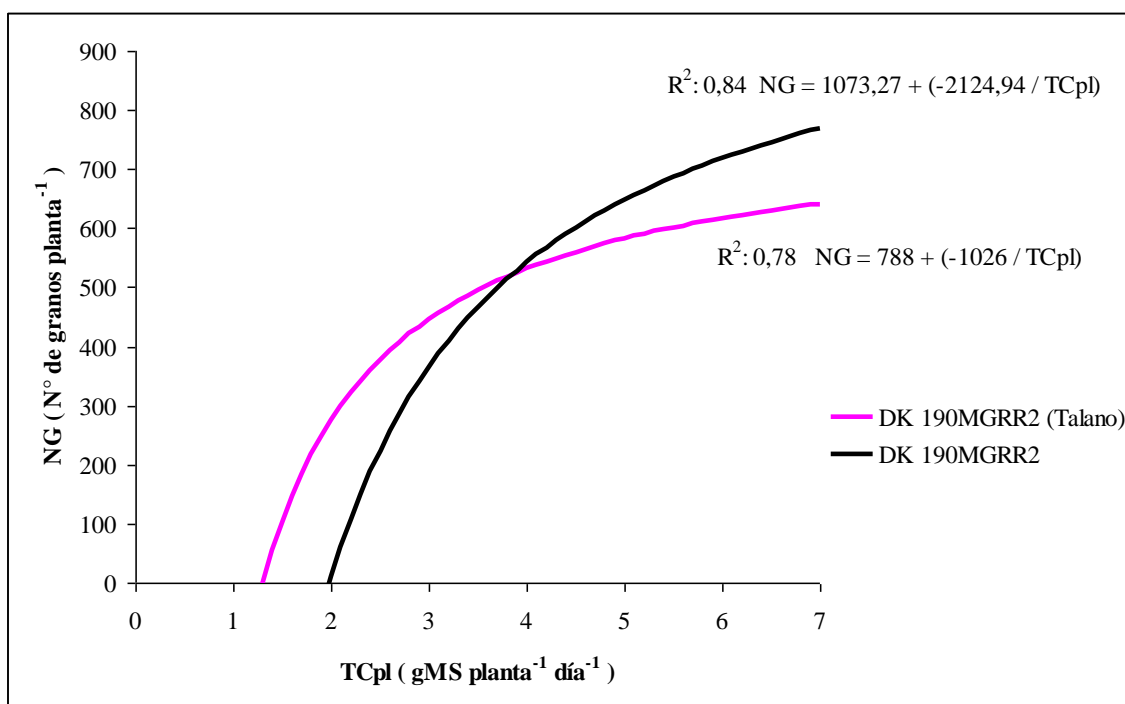
Test para la hipótesis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Hipótesis	5291,22	1	5291,22	0,87	0,3781

Anexo 6. Comparación gráfica entre los resultados obtenidos por Talano *et al.*, (2010) y los expuestos en la presente tesis de grado.



Relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos, estimada para el híbrido de maíz DK 670 por Talano en comparación con la relación obtenida para el mismo híbrido en el presente trabajo.



Relación entre el número de granos y la tasa de crecimiento por planta durante el periodo crítico para la definición de granos, estimada para el híbrido de maíz DK 190MGRR2 por Talano en comparación con la relación obtenida para el mismo híbrido en el presente trabajo.