



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

**Dinámica de acumulación de materia seca en semillas de maíz
(*Zea mays* L.) en estadios tempranos del desarrollo.**

MARTÍN BARRETO

TRABAJO FINAL PARA OBTENER EL TITULO DE
**Especialista en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas
y Forrajeras**

Director: Cairo, Carlos

Co-Director: Camelio, Horacio

(2020)

Este Trabajo Final es presentado como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Especialista en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas y Forrajeras de la Universidad Nacional de Rosario y no ha sido previamente presentado para la obtención de otro título en esta u otra Universidad. El mismo contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en las localidades de Venado Tuerto, Necochea y Jesús María durante el período comprendido entre los meses de septiembre a mayo de la campaña 2015-2016, con la dirección de Carlos Cairo, Horacio Camelio y Martín Barreto

Director: Cairo, Carlos

Co-Director: Camelio, Horacio

Expuesto públicamente el 2020

AGRADECIMIENTOS

- A la Compañía en la cual trabajo Syngenta Agro S.A. y sus gerentes, Estanislao Sestak y Federico Zaffaroni, que me dieron la oportunidad de realizar esta especialización.
- A mi director de tesis, Carlos Cairo a mi co-director Horacio Camelio.
- A Alicia Morant por la ayuda y gran predisposición en todo momento.
- A Celina Beltrán por la ayuda analítica de los resultados.
- A Marlon Pardo por las intervenciones en el desarrollo del trabajo.
- A mis colegas, Matías Paino, José Moles, Marcelo Crossio y Fabián Colombo quienes me ayudaron en las tomas de muestras en las diferentes zonas de estudios en los momentos más cruciales.
- Y finalmente a toda mi familia por darme fuerzas para finalizar este trabajo.

RESUMEN

La estimación del rendimiento es un proceso que toda empresa productora de semillas ejecuta previo a la cosecha. Es importante estimar con la mayor precisión posible el rendimiento del cultivo en relación con lo logrado realmente, tanto para adecuar estrategias comerciales como para planificar la logística de la producción, previendo condiciones climáticas, de almacenamiento, movimiento y entrega de semillas. El objetivo del presente trabajo fue analizar la dinámica de la acumulación de materia seca (AMS) entre los estadios de grano pastoso (GP) y madurez fisiológica (MF) en un híbrido de maíz (*Zea mays* L.). Luego a partir de este análisis desarrollar un método sencillo para estimar el rendimiento alcanzado en el estadio de MF, utilizando variables registradas en estadios tempranos del desarrollo reproductivo.

Se llevó a cabo un ensayo para analizar la AMS en estadios temprano de llenado utilizando una línea de maíz perteneciente a la empresa Syngenta Agro "GM 8", en 3 localidades y 5 sitios de repeticiones, Necochea (Ne.) en 2 sitios, Jesús María (J.M.) en 2 sitios y Venado Tuerto (V.T.) en un sitio. Se recolectaron muestras de espigas desde el estadio de GP (R4) con una humedad de 50-48%, hasta MF (R6) con humedad de 36-35%, estadio que coincide con el momento de cosecha. A cada una de las muestras se les determinó el contenido de humedad al momento de recolección, y luego del secado se determinó el peso seco de 1000 semillas. Se utilizó el método Dumkies para evaluar las cinco localidades buscando un modelo que recoja la relación entre el tiempo y la materia seca (MS) expresada en gr/m². En función de los resultados obtenidos a través del análisis de regresión lineal en cada sitio, se puede decir que el patrón es similar ya que la relación entre las variables en estudio es lineal y positiva para el intervalo fenológico estudiado. Sin embargo, entre las localidades existen diferencias cuando se comparan los parámetros de las pendientes de la regresión lineal. El modelo solo fue posible utilizarlo en la localidad de V.T. debido a la cantidad de datos obtenidos en el periodo registrado de AMS, que corresponde a 26 días con una humedad inicial de 49,7%, un peso inicial de 181 gr/m², una humedad final de 35,3% y un peso final de 314,7

gr/m². La disminución diaria de humedad fue de 1,8%/día y la AMS de 6,9 gr/m²/día. A pesar de que el híbrido utilizado fue el mismo para todas las localidades, se hace necesario calcular los parámetros de la regresión a fin de desarrollar el método predictivo en cada una de las mismas. Para ajustar y mejorar el modelo propuesto en este trabajo y obtener estimaciones más confiables, es necesario que en el futuro se tengan en cuenta factores determinantes como, variabilidad de ambientes y estandarización de la metodología de muestreo. Los valores obtenidos con el modelo se acercaron más al valor real obtenido en planta.

ABSTRACT

Yield estimation is a process that every seed production company carries out prior to harvest. It is important to estimate the yield of the crop in relation to what is actually achieved as accurately as possible, both to adapt commercial strategies and to plan the logistics of production, anticipating weather conditions, storage, movement and delivery of seeds. The objective of this work was to analyze the dynamics of dry matter accumulation (DMA) between the stages of pasty grain (GP) and physiological maturity (MF) in a corn hybrid (*Zea mays* L.). Then from this analysis to develop a simple method to estimate the yield achieved at the MF stage, using variables recorded in early stages of reproductive development.

A trial was conducted to analyze MSA in early stages of filling using a corn line belonging to Syngenta Agro "GM 8", in 3 locations and 5 replication sites, Necochea (Ne.) in 2 sites, Jesus Maria (J.M.) in 2 sites and Venado Tuerto (V.T.) in one site. Spike samples of ear were collected from GP stage (R4) with 50-48% moisture, to MF (R6) with 36-35% moisture, which is the stage that coincides with harvest time. The moisture content of each sample was determined at the time of collection, and then after drying dry weight of 1000 seeds was calculated. The Dumkies method was used to evaluate the five localities looking for a model that collects the relationship between time and dry matter (DM) expressed in gr/m². Depending on the results obtained through the linear regression analysis in each site, it can be said that, the pattern is similar since the relationship between the variables under study is linear and positive for the phenological interval studied. However, there are differences between the localities when comparing the parameters of the slopes of the linear regression. It was possible to use the model only in the V.T. locality due to the amount of data obtained in the recorded period of AMS, which corresponds to 26 days with an initial moisture of 49.7%, an initial weight of 181 gr/m², a final moisture of 35.3% and a final weight of 314.7 gr/m². The daily humidity decrease was 1.8%/day and the AMS was 6.9 gr/m²/day. Although the hybrid used was the same for all the

localities, it is necessary to calculate the parameters of the regression in order to develop the predictive method in each of the localities.

In order to adjust and improve the model proposed in this work and obtain more reliable estimates, it is necessary that in the future determining factors such as, variability of environments and standardization of the sampling methodology are taken into account. The values obtained with the model were closer to the real value obtained in the plant.

ÍNDICE

Contenido

| | |
|--|-----------|
| AGRADECIMIENTOS | 3 |
| RESUMEN | 4 |
| ABSTRACT | 6 |
| ÍNDICE | 8 |
| ANEXOS | 9 |
| GLOSARIO: | 10 |
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| CRECIMIENTO Y DESARROLLO | 16 |
| ETAPAS DE DESARROLLO DEL MAÍZ | 16 |
| <i>ETAPA DE GRANO PASTOSO (R4)</i> | 17 |
| <i>ETAPA DE GRANO DENTADO (R5)</i> | 18 |
| <i>MADUREZ FISIOLÓGICA (R6)</i> | 18 |
| HIPÓTESIS | 19 |
| OBJETIVOS: | 19 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 19 |
| <i>Sitios experimentales</i> | 19 |
| <i>Materiales</i> | 20 |
| <i>Muestreo</i> | 21 |
| <i>Determinaciones</i> | 22 |
| <i>Estimación tradicional</i> | 23 |
| <i>Diseño experimental</i> | 23 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 24 |
| CONCLUSIONES | 27 |
| RECOMENDACIONES | 28 |
| BIBLIOGRAFÍA: | 36 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|----------|--|----|
| Figura 1 | ESPIGAS EN ESTADIO R3-R4, MOMENTO EN DONDE SE REALIZAN LAS ESTIMACIONES DE RENDIMIENTO TEMPRANAS (FUENTE: LOTE DE PRODUCCIÓN 2015-2016). | 13 |
| Figura 2 | DIAGRAMA ESQUEMÁTICO ILUSTRANDO LOS MODELOS UTILIZADOS PARA DESCRIBIR EL DESARROLLO DEL CONTENIDO DE PS Y EL CONTENIDO DE AGUA DEL GRANO DURANTE EL LLENADO DE GRANO. CONTENIDO DE PS DEL GRANO (LÍNEA COMPLETA) Y EL CONTENIDO DE AGUA DEL GRANO (LÍNEA PUNTEADA) DURANTE EL LLENADO DEL GRANO. LAS LETRAS I Y B MUESTRAN LOS PARÁMETROS ESPECÍFICOS DEL MODELO UTILIZADOS PARA DETECTAR CAMBIOS EN LA RELACIÓN ENTRE LA PÉRDIDA DE AGUA Y LA DEPOSICIÓN DE BIOMASA DURANTE EL LLENADO TARDÍO DEL GRANO: I REPRESENTA LA TASA DE PÉRDIDA DE AGUA DEL NÚCLEO DEL MÁXIMO CONTENIDO DE AGUA A LA MF Y B REPRESENTA EL CRECIMIENTO DEL GRANO DURANTE EL PERÍODO EFECTIVO DE LLENADO DEL GRANO (TOMADO DE GAMBÍN ET AL. 2006). | 15 |
| Figura 3 | EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DE SEMILLAS DONDE SE MUESTRA EL MOMENTO ÓPTIMO PARA LA RECOLECCIÓN DE ESPIGAS. A PARTIR DE MF LA SEMILLA ALCANZA SU MÁXIMA CALIDAD Y LUEGO ESTE ATRIBUTO DECLINA POR DIFERENTES FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS. (TOMADO Y MODIFICADO DE ANDREWS Y CABRERA 1996). | 16 |
| Figura 4 | DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS A CAMPO PARA ESTIMAR RENDIMIENTO. | 21 |
| Figura 5 | A. HUMEDÍMETRO DICKEY JHON GAC2100; B. CONTADOR DE SEMILLAS PFUFFER PARA CONTABILIZAR NÚMERO DE SEMILLAS; C. ZARANDAS PARA SEPARAR MATERIAL INERTE. | 22 |
| Figura 6 | BALANZA DIGITAL OHASUS | 22 |
| Figura 7 | Pendientes para las 3 localidades y sitios en estudio. | 25 |
| Figure 8 | Fase lineal de acumulacion de MS y parámetros de la regresion estimada para VT. | 27 |

LISTA DE TABLAS

| | | |
|----------|--|----|
| Tabla 1. | Estados vegetativos y reproductivos del maíz. | 17 |
| Tabla 2. | Descripción de los distintos ambientes de ensayo. | 20 |
| Tabla 3. | Información de siembra para los ensayos realizados. | 20 |
| Tabla 4. | Relación entre las humedades, pesos, AMS/día y disminución de humedad para cada sitio. | 24 |
| Tabla 5 | Cantidad de muestreos y R ² para cada localidad | 25 |

ANEXOS

| | |
|----------|----|
| Anexo 1: | 29 |
| Anexo 2: | 35 |

GLOSARIO:

‰: Por ciento.

AMS: Acumulación de materia Seca.

ASNM: Altura sobre el nivel del mar.

AT: Amplitud térmica.

°C: Grados Centígrados

DAP: Fosfato di amónico

FS: Fecha de siembra

GD: Grados Días

GM8: Grupo de madurez 8 (Madurez relativa de 121 días).

GP: Grano Pastoso.

Gr/m²: Gramos/metro cuadrado.

gr: Gramos.

H: Horas.

H°: Humedad.

Ha: Hectárea

J.M.: Jesús María

Kg: Kilogramo.

m: Metros

m²: Metro cuadrado.

MF: Madurez fisiológica.

min: Minutos

mm: Milímetros.

MS: Materia seca.

N°: Numero.

NDVI: Normalized difference vegetation index

Ne.: Necochea

P1000: Peso de mil

Pf: Peso final

Pi: Peso Inicial

PP: Precipitaciones.

PS: Peso Seco.

qq/ha: Quintales/hectárea

R: Etapa reproductiva.

T: Toneladas.

T° base: temperatura base.

T° máx: temperatura máxima diaria.

T° me: Temperatura media.

T° mín: temperatura mínima diaria.

TT: Tiempo térmico

UT: Umbral térmico

V.T.: Venado Tuerto

V: Etapa vegetativa.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*, L.), es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, es una de las especies más cultivadas en el mundo, es una planta completamente domesticada, no crece en forma salvaje y no puede sobrevivir en la naturaleza, siendo completamente dependiente de los cuidados del hombre (Wilkes, 1985; Galinat, 1988; Dowswell, Paliwal y Cantrell, 1996).

Su producción ocupa el tercer lugar luego del trigo y el arroz, se cultiva para grano o ensilado en casi 179 millones de hectáreas en todo el mundo. En la última década, el área total de maíz aumentó más de un 20 % a nivel global (USDA, 2016).

Es previsible que la demanda de maíz como alimento humano y animal, crezca en las próximas décadas en los países en desarrollo a una tasa mayor a la de trigo y arroz. (Byerlee y Saad, 1993).

Por ello, la producción de maíz desempeña un papel importante en la agricultura mundial, tanto a nivel económico como agronómico. En la campaña 2014/15 Argentina se ubicó en el sexto lugar en producción a nivel mundial, donde el primer lugar fue ocupado por EEUU con una producción total de 382 millones de T, 35,9 % del total mundial (GEA, 2015).

El área sembrada en el país fue de 7,26 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 82,4 qq/ha, obteniéndose una producción total de 51,5 millones de T (BCR, 2019).

La semilla es un insumo estratégico y el primero de la cadena de valor agropecuaria, contraponiéndose al “grano”, el cual es el último de la cadena primaria.

La industria semillera tanto a nivel mundial como en Argentina, nacida en esta última hace más de 90 años, tienen como misión fundamental desarrollar variedades nuevas, distintas, uniformes y estables; cuyas semillas mantengan la pureza genética, calidad intrínseca y que mejoren características tales como la productividad, adaptación de ciclo,

resistencia a enfermedades e insectos y adaptación a diferentes condiciones agroecológicas.

Todo este desarrollo tiene como finalidad, ofrecerle al productor una semilla que le permita mejorar sus rindes y explorar nuevas fronteras productivas. Parte de esto, como el aumento de la productividad en los cultivos, viene principalmente de la mano del mejoramiento genético y la biotecnología (BCR, 2015).

En la producción de semilla es importante que la liberación del polen y la emergencia de los estigmas sucedan al mismo tiempo para garantizar una correcta polinización. (Battani, A, 2015).

Posterior a la polinización, en etapas tempranas (R3-R4) del estadio



Figura 1 ESPIGAS EN ESTADIO R3-R4, MOMENTO EN DONDE SE REALIZAN LAS ESTIMACIONES DE RENDIMIENTO TEMPRANAS (FUENTE: LOTE DE PRODUCCIÓN 2015-2016).

reproductivo se realizan estimaciones de rendimiento (Figura 1). Estas juegan un papel muy importante, ya que se debe asignar un valor estimado al rendimiento de un lote.

La construcción de una metodología simple, reproducible y confiable de estimación de rendimiento es fundamental para planificar la logística de cosecha y mantener la calidad de la semilla.

La heterogeneidad de ambientes dentro del lote dificulta la estimación, pudiendo disminuir la precisión de la estimación si no es tomada en cuenta en el muestreo. En algunas regiones, ésta es la principal fuente de error en cualquier procedimiento de estimación de rendimientos. Se necesita estimar el rendimiento del cultivo de manera confiable, anticipada y

oportuna. Esto tiene influencia en la gestión de las actividades de cosecha, almacenamiento, transporte y comercialización, permitiendo optimizar la eficiencia y la rentabilidad de las inversiones, así como minimizar riesgos económicos. (Vicente-Serrano, 2006).

El rendimiento del maíz está determinado principalmente por el número de plantas por m^2 , número de espigas por plantas y el número final de granos por espigas logrados por m^2 (Andrade et al., 1996).

La estimación temprana de rendimiento en R3-R4 es compleja, ya que el cultivo está en llenado de grano y la interrupción y/o disminución del crecimiento relacionada con el estrés aún es posible en este momento (Escala de Ritchie y Hanway, 1982).

Resultaría de mucho valor contar con herramientas predictivas sencillas y específicas para obtener una estimación más acertada de los rendimientos de los materiales pertenecientes a la empresa. Es crucial saber cuál es la correlación entre registros logrados en estadios fenológicos tempranos del crecimiento de semillas y la cantidad de Kg de maíz desgranado de las espigas, y cómo se ven afectadas estas estimaciones tempranas de rendimiento en las diferentes zonas de producción.

La MS del grano de maíz se acumula a diferentes tasas de crecimiento durante el periodo de llenado, es decir, lento al principio y al final, y rápida en la parte media. En la primera etapa, R2, el grano crece en tamaño, pero la tasa de llenado de MS es baja y elevada en H° en la segunda etapa R3-R4, el llenado de granos es máximo, y en la tercera etapa R5, la misma disminuye gradualmente hasta llegar a ser nula en R6, acompañada de una importante pérdida de humedad. Esto muestra que la relación del contenido de humedad en las semillas es un indicador en el progreso del crecimiento del grano (Swank et al., 1987; Schnyder and Baum, 1992; Borrás and Westgate, 2006).

El porcentaje de humedad (medido en base de peso fresco) disminuye a lo largo del llenado de grano, como se muestra en la Figura 2. Mientras se produce la AMS lineal en el periodo comprendido entre fecundación y MF, la disminución del porcentaje de humedad es más evidente

después de alcanzar este último estadio; no obstante, también ocurre en todo el periodo efectivo del llenado de grano. Dentro de cada especie, los granos de diferentes genotipos y ambientes alcanzan el máximo PS o MF a un valor de contenido de humedad relativamente constante (Egli y TeKrony, 1997; Saini y Westgate, 2000).

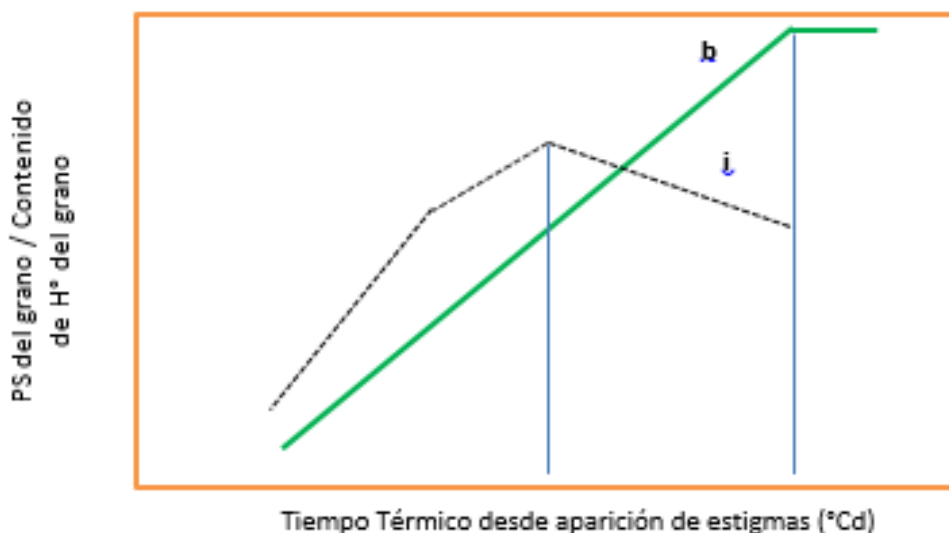


Figura 2 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO ILUSTRANDO LOS MODELOS UTILIZADOS PARA DESCRIBIR EL DESARROLLO DEL CONTENIDO DE PS Y EL CONTENIDO DE AGUA DEL GRANO DURANTE EL LLENADO DE GRANO. CONTENIDO DE PS DEL GRANO (LÍNEA COMPLETA) Y EL CONTENIDO DE AGUA DEL GRANO (LÍNEA PUNTEADA) DURANTE EL LLENADO DEL GRANO. LAS LETRAS I Y B MUESTRAN LOS PARÁMETROS ESPECÍFICOS DEL MODELO UTILIZADOS PARA DETECTAR CAMBIOS EN LA RELACIÓN ENTRE LA PÉRDIDA DE AGUA Y LA DEPOSICIÓN DE BIOMASA DURANTE EL LLENADO TARDÍO DEL GRANO: I REPRESENTA LA TASA DE PÉRDIDA DE AGUA DEL NÚCLEO DEL MÁXIMO CONTENIDO DE AGUA A LA MF Y B REPRESENTA EL CRECIMIENTO DEL GRANO DURANTE EL PERÍODO EFECTIVO DE LLENADO DEL GRANO (TOMADO DE GAMBIN ET AL. 2006).

La semilla de maíz híbrida está técnicamente lista para ser cosechada (Figura 3) cuando esta ha alcanzado la MF (R6) y se ha formado la capa negra en el punto de inserción en la espiga. Justo en este momento la semilla presenta su mejor calidad fisiológica; de allí, a medida que pasa el tiempo y es sometida a varias fuerzas externas, comienza a declinar dicha calidad. La cosecha de la semilla debe ser muy cuidadosa a fin de evitar algún tipo de contaminación de espigas (Jugenheimer, 1985; Singh, 1987).

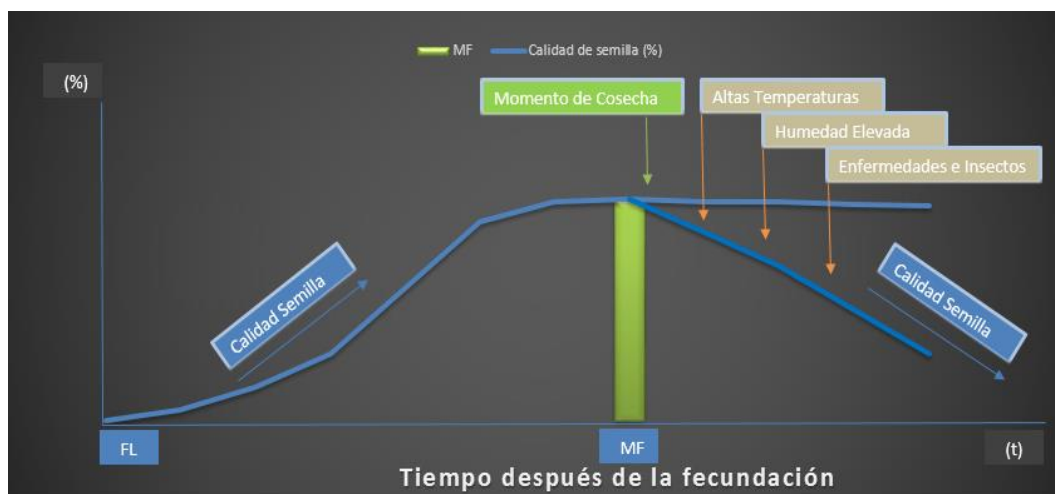


Figura 3 EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DE SEMILLAS DONDE SE MUESTRA EL MOMENTO ÓPTIMO PARA LA RECOLECCIÓN DE ESPIGAS. A PARTIR DE MF LA SEMILLA ALCANZA SU MÁXIMA CALIDAD Y LUEGO ESTE ATRIBUTO DECLINA POR DIFERENTES FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS. (TOMADO Y MODIFICADO DE ANDREWS Y CABRERA 1996).

Crecimiento y desarrollo

El crecimiento es un aumento irreversible de tamaño, peso, número de células y está determinado por distintos factores bióticos y abióticos. El desarrollo es la progresión de una etapa a otra etapa más avanzada de la planta, corresponde a cambios de tipo cualitativos. La radiación solar es un aporte fundamental para el crecimiento y desarrollo de la planta y toda disminución de radiación solar puede limitar el rendimiento del cultivo. (Maddonni y Otegui, 1996).

Etapas de desarrollo del maíz

Es importante describir precisamente el desarrollo para dividir las etapas vegetativas (V) y reproductivas (R). El uso de este sistema marca etapas fisiológicas definidas en el desarrollo de la planta. El tiempo que el maíz requiere para pasar de una etapa de desarrollo a otra depende de la cantidad de calor acumulado (Gilmore & Rogers, 1958).

El método más común que se utiliza para esto es el de Grados días de crecimiento (GD), este método se basa en el uso de temperaturas centígradas mínimas y máximas para el crecimiento y el desarrollo, cuya fórmula es la siguiente:

$$GD: (T^{\circ} \text{máx.} + T^{\circ} \text{mín.})/2 - T^{\circ} \text{base};$$

Dónde:

$T^{\circ} \text{máx.}$: temperatura máxima diaria, ($^{\circ}C$);

T° mín.: temperatura mínima diaria, (°C);

T° base: temperatura base, 10 (°C).

La temperatura del aire es uno de los factores del ambiente de mayor importancia en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. La acción positiva de este factor en el crecimiento y desarrollo de las plantas, se mide a través de la acumulación de temperaturas a partir de un umbral térmico (UT) o temperatura base, igual a 10 °C para el maíz en general y en particular también para las líneas pertenecientes a la empresa. Si por cuestiones climáticas la temperatura media (T° me) es inferior a la temperatura base en la suma de grados días, no hay avance en el proceso fisiológico analizado (Lamelas et al., 1993).

La escala fenológica más utilizada para describir el desarrollo del cultivo de maíz es la de Ritchie y Hanway (1982) (Tabla 1).

Tabla 1. Estados vegetativos y reproductivos del maíz.

| ETAPAS VEGETATIVAS | ETAPAS REPRODUCTIVAS |
|-----------------------------|------------------------------|
| VE Emergencia | R1 Aparición de los estigmas |
| V1 Primera hoja | R2 Ampolla |
| V2 Segunda hoja | R3 Grano lechoso |
| V3 Tercera hoja | R4 Grano pastoso |
| V(n) Enésima hoja | R5 Grano dentado |
| VT Aparición de las panojas | R6 Grano maduro |

Etapa de grano pastoso (R4)

En la etapa R4 los granos tienen alrededor del 70% de H°. El color de la espiga (rojo claro o rojo oscuro) comienza a desarrollarse y es específico del híbrido. El estrés durante esta etapa no hace que se interrumpa el crecimiento de los granos, pero puede reducir la tasa de acumulación de almidón y el peso del grano promedio.

Etapa de grano dentado (R5)

La etapa R5 representa casi la mitad del tiempo de desarrollo reproductivo; el embrión de la semilla esta morfológicamente madura.

Los granos tienen alrededor del 55 % de H°, y acumularon alrededor del 45% del total de su MS (Mahanna et al., 2014). El estrés durante esta etapa dará como resultado una menor acumulación de almidón y peso del grano.

Madurez fisiológica (R6)

En R6 la H° de los granos es de aproximadamente el 35%, los mismos se consideran maduros fisiológicamente y han alcanzado su peso seco máximo. El estrés en esta etapa no tiene un impacto significativo en el rendimiento.

La duración de cada una de las etapas del ciclo ontogénico del maíz presenta gran variabilidad en función del genotipo y el ambiente (Ellis y col., 1992 a y b).

La duración del período entre la floración y la MF para un genotipo dado depende, esencialmente, de la temperatura a través de su efecto sobre la tasa de llenado del grano (Cirilo y Andrade, 1996; Kiniry y Bonhomme, 1991). En consecuencia, la duración de la etapa dependerá del peso final que puede lograr el grano y de la velocidad en alcanzarlo en función de la temperatura. No obstante, situaciones ambientales desfavorables que determinen una insuficiente provisión de asimilados a los granos, pueden limitar su peso final adelantando la formación de la capa de abscisión (Cirilo y Andrade, 1996).

El intervalo fenológico de maíz donde la tasa de acumulación de MS es máxima (relación lineal en el tiempo) es R4-R6. Si la relación es lineal y se mantiene en todo el intervalo, tomando valores de PS al inicio de R4 y repitiendo este procedimiento por un corto periodo de tiempo se puede tener una referencia de la tasa diaria (constante de la recta). Si luego se multiplica la tasa obtenida por la duración del período que se puede estimar conociendo el tiempo térmico (TT) del material, se puede obtener un estimado del peso seco final.

Hipótesis

Dado que la relación entre el tiempo y la AMS es lineal en el intervalo fenológico R4-R6, se pueden registrar datos de PS de semillas a intervalos regulares al inicio de la feno-fase, calcular la tasa de acumulación de materia seca e inferir luego el rendimiento final que se logrará completado el intervalo R4-R6.

Objetivos:

Analizar la dinámica de la AMS entre los estadios de GP y MF, en un híbrido de maíz (*Zea mays* L.) y a partir de este análisis establecer un método mediante un modelo matemático para mejorar la estimación del rendimiento en híbridos de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios experimentales

El trabajo de campo se llevó a cabo en tres localidades Necochea (Ne.), Jesús María (J.M.) y Venado Tuerto (V.T.), con 5 sitios experimentales.

- Necochea: Establecimiento Amalur, lote Al 7 (Sitio 1) y Al 9 (Sitio 2)
- Jesús María: Establecimiento El Arenal, lote EL A (sitio 3) y Establecimiento La Araucana, lote La A (sitio 4)
- Venado Tuerto: Establecimiento Carmen, lote V.T. (sitio 5)

La superficie de los lotes donde se llevaron a cabo los ensayos osciló entre 40 y 120 has. Cada uno tuvo una lámina de agua diaria de 10 mm a través de riego por aspersión mediante equipos Pivot, desde floración hasta grano Pastoso (R4), momento de mayor importancia para la viabilidad del grano en desarrollo.

En la Tabla 2 se detalla la información de las diferentes condiciones donde se realizaron los ensayos.

Tabla 2. Descripción de los distintos ambientes de ensayo.

| Sitio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------|----------------------------------|---|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Lote | AL 7 | AL 9 | EL A | La A | V.T. |
| Localidad | Ne. | Ne. | J.M. | J.M. | V.T. |
| Coordenadas | 38°26'50.23" S 58°36'58.41" W | 38°28'51" S 58°36'75.46" W | 30°55'23" S 64°01'48" W | 30° 55' 21.33" S 64°01'53.08" W | 34°12'49" S 62°04'37" W |
| a.s.n.m. | 13 | 13 | 533 | 482 | 118 |
| Promedios PP anuales (mm) | 796 | 796 | 756 | 756 | 845 |
| Temperatura media anual | 13,6°C | 13,6°C | 15,5°C | 15,5°C | 16,3°C |
| Amplitud térmica (AT) | 10,3°C | 10,3°C | 14,9°C | 14,9°C | 16,4°C |
| Suelos | Argiudol Típico Serie Ne | Argiudol Típico Serie Ne - inclusión Pe | Franco arcilloso, Clase I | Franco limoso | Hapludol Petrocálcico |

Materiales

El material utilizado corresponde a la línea endocriada de maíz CJ14 de grupo 8, (Grupo de Madurez relativa: 121 días a la madurez) perteneciente a la empresa Syngenta Agro S.A.

En la tabla 3 se describen las actividades agronómicas realizadas al momento de la siembra para los distintos sitios experimentales.

Tabla 3. Información de siembra para los ensayos realizados.

| Sitio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Lote | AL 7 | AL 9 | EL A | La A | V.T. |
| FS Hembra | 31/10/2015 | 14/11/2015 | 25/12/2015 | 31/12/2015 | 30/11/2015 |
| Semillas logradas por metro lineal. | 7,0 | 6,8 | 4,9 | 5,1 | 4,7 |
| Distancia entre surcos (m) | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 |

Muestreo

Para la metodología de muestreo se siguió el protocolo establecido por la compañía para la estimación de rendimiento.

Para cada sitio experimental, los puntos de muestreo definidos para estimar el rendimiento se ubicaron a no menos de 50 m de los límites del lote, y el número de muestras fue de una cada cinco hectáreas, no siendo menos de 10 muestras por sitio. Se determinó la cantidad espigas primarias en dos surcos contiguos (10 m²) y se extrajeron tres espigas de cada uno de los surcos. De estas seis espigas se descartó la de mayor y menor tamaño, a las restantes se les contabilizó y promedió el número de granos. (Figura 4)

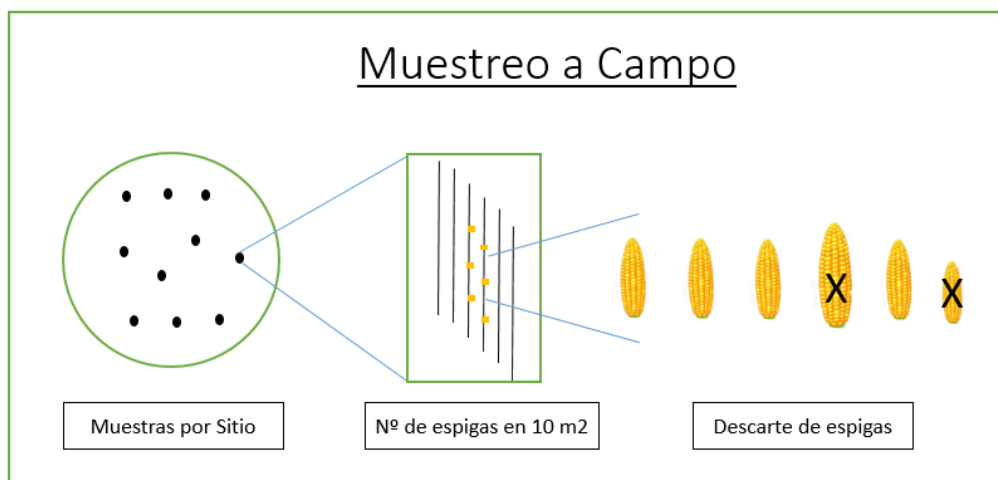


Figura 4 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS A CAMPO PARA ESTIMAR RENDIMIENTO.

Para la evolución de AMS y disminución de humedad, se eligieron tres puntos fijos de muestreo representativos en todo el Sitio. En cada uno de los puntos fijos se cosecharon 12 espigas primarias, estas muestras se tomaron cada 48 h. Tal frecuencia se cumplió solo en la localidad de V.T.; en las otras localidades se intentó relevar de la misma manera, pero debido a las condiciones climáticas en el momento del muestreo, no se pudo efectuar en el período mencionado.

El procedimiento para recolectar los datos mencionados en el párrafo anterior con una humedad desde 50 hasta 35% se realizó entre 12 y 26 días dependiendo de cada sitio. (Como se muestra más adelante en Tabla 4)

Determinaciones

Las temperaturas máximas y mínimas durante el ciclo del cultivo fueron registradas con estación meteorológica que censó datos cada 15 min.

Al llegar las espigas a una humedad de 14% en promedio en las celdas secadoras, se continuó con el desgranado y luego se pasó el material por una zaranda (Figura 5c), con el objetivo de separar todo tipo de impurezas, restos de espigas y granos dañados.

Luego de desgranar las espigas se determinó el contenido de humedad de los granos mediante un Humedímetro Dickey John GAC2100 (Figura 5a). Así mismo se calculó el número de granos con un contador de Semilla PFEUFFER (Figura 5b)

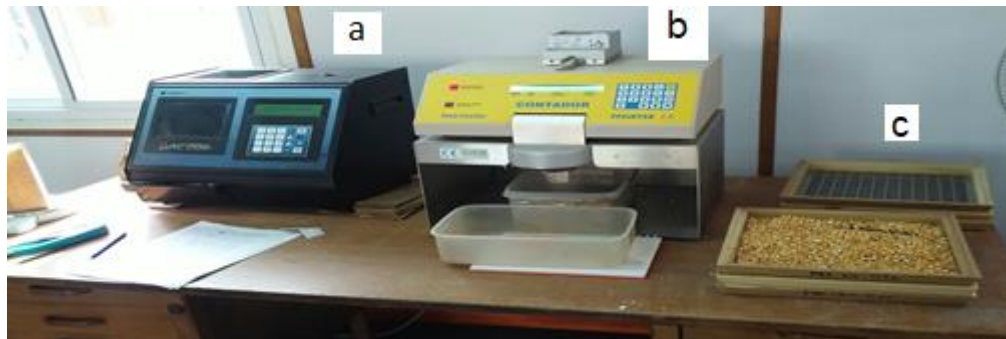


Figura 5 A. HUMEDÍMETRO DICKEY JHON GAC2100; B. CONTADOR DE SEMILLAS PFUFFER PARA CONTABILIZAR NÚMERO DE SEMILLAS; C. ZARANDAS PARA SEPARAR MATERIAL INERTE.

Para la determinación del peso seco de los granos (12% H°), se colocaron las espigas recolectadas en cada sitio dentro de bolsas de poliamida rotulada para cada muestreo en particular; en un principio se dejaron protegidas a temperatura ambiente para disminuir el contenido de humedad, luego se llevaron y ubicaron en celdas secadoras en V.T. para lograr disminuir el remanente de humedad.

Finalmente, las semillas se pesaron en una balanza digital OHASUS: Modelo NVL 2000/1 con precisión de 1 gr (Figura 6).



Figura 6 BALANZA DIGITAL OHASUS

Con los datos promedios de granos por espigas, espigas por m^2 (Valor de campo) y P1000 semillas se obtuvo el valor de gr/m^2 .

Estimación tradicional

El método habitual de estimación realizado en producción para determinar el rendimiento, establece el número de semillas brutas/ha, tomando en cuenta los protocolos de muestreo descritos anteriormente y el peso de 1000 semillas histórico.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un diseño en bloques (localidades). Se empleó el método Dummies para evaluar las cinco localidades buscando un modelo que vincule la relación entre el peso de mil semillas por m^2 y el tiempo para estimar un valor de predicción. Este método consiste en transformar una variable discreta en continua para poder cuantificar su efecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 4 se muestran los datos obtenidos de las diferentes variables en el período transcurrido entre GP y MF para cada sitio.

Tabla 4. Relación entre las humedades, pesos, AMS/día y disminución de humedad para cada sitio.

| Localidad | Necochea | | Jesús María | | Venado Tuerto |
|--|----------|----------|-------------|-------------|---------------|
| | Lote | AI 7 | AI 9 | EI A | La A |
| Sitio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fecha Inicio | 24-02-16 | 09-03-16 | 19-04-16 | 14-04-16 | 09-03-16 |
| Días hasta cosecha | 20 | 16 | 13 | 12 | 26 |
| H° Inicial | 49.0 | 49.4 | 46.2 | 42.9 | 49.7 |
| H° Final | 33.8 | 38.0 | 37.6 | 37.3 | 35.3 |
| Diferencia de H° | 15.2 | 11.4 | 8.6 | 5.6 | 14.4 |
| Dismi. (%H°/día) | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 2.1 | 1.8 |
| PI* (gr) | 127.7 | 154.7 | 196.6 | 168.4 | 133,6 |
| PF* (gr) | 224.6 | 236,4 | 217.7 | 185.6 | 314.7 |
| AMS en el intervalo GP-MF (gr/m ²) | 96.8 | 81,7 | 21.1 | 17.2 | 181,1 |
| Tasa de AMS (gr/m ² /día) | 4.8 | 5.1 | 1.6 | 1.4 | 6.9 |

PI*: Peso Inicial PF*: Peso Final

En cuanto a la AMS, se puede observar que los valores varían para cada sitio. Esto puede deberse a que el peso está determinado por el genotipo y el ambiente (Temperatura, humedad, heliofania, pluviometría, etc.), un estrés hídrico en el llenado de granos o disminuciones en la captación de la radiación, pueden arrojar menores rendimientos (Satorre y otros 2003).

Igualmente, las diferencias en el peso de mil semillas pueden ser atribuidas tal y como se muestra en las pendientes de la figura 7, tanto a los ambientes en cada localidad determinados por diferentes latitudes, por ende distinta radiación solar incidente y temperatura; como al no cumplimiento de los protocolos de muestreo que no se realizaron debidamente cada 48 hs por adversidades climáticas en los sitios de Jesús María y Necochea.

Figura 7 Pendientes para las 3 localidades y sitios en estudio.

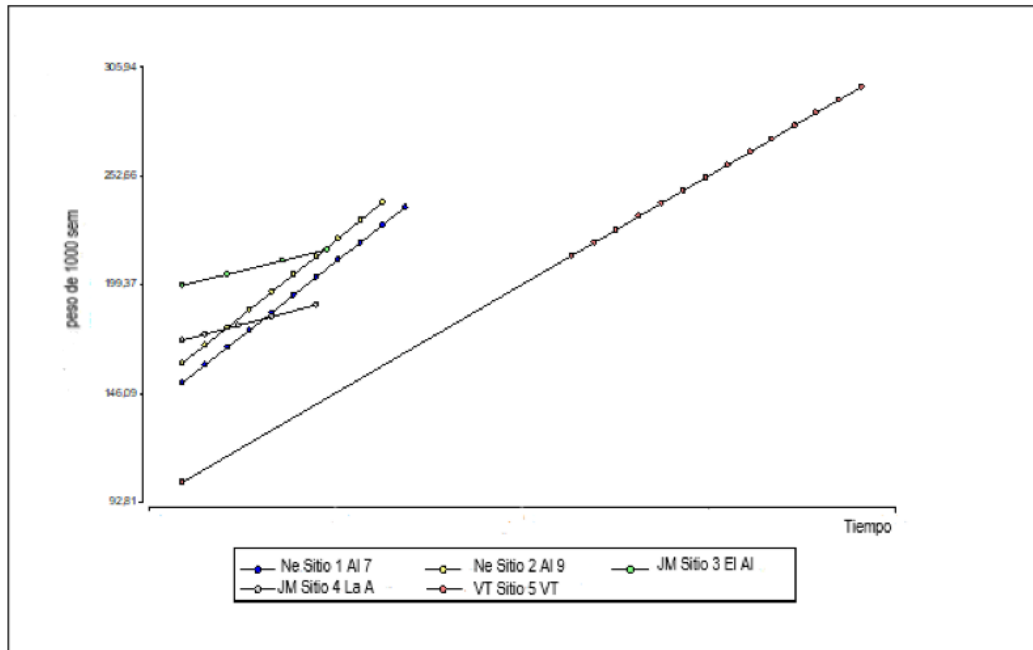


Tabla 5 Cantidad de muestreos y R^2 para cada localidad

| Localidad | Cantidad de muestreos | R^2 |
|-----------|-----------------------|-------|
| V.T. | 14 | 0.93 |
| Ne. | 8 | 0.91 |
| J.M. | 5 | 0.79 |

Otra característica determinante en cada localidad se describe en la Tabla 5, donde se pueden observar los diferentes R^2 , obteniendo mayor confiabilidad en el ajuste de la recta en las localidades de VT y Ne. La cual en la primera, se cumplió con rigor la metodología de muestreos seguida de Ne con el 57% de la cantidad de muestreos estipulados.

En la tabla (6), se observa que el modelo utilizado arrojó valores predictivos de rendimiento diferentes al obtenido por el método tradicional.

Tabla 6. Rendimientos estimados para cada método en comparación al real en planta de procesamiento.

| Localidad | Sitio | Rendimiento Estimado Tradicional Kg/ha | Rendimiento estimado con Formula Kg/ha | Rendimiento planta procesamiento (12%H°) Kg/ha | Diferencia (%) Estimado formula y planta | Diferencia (%) Estimado Tradicional y planta |
|-----------------|-------|--|--|--|--|--|
| Necochea AL7 | 1 | 6133.00 | 2617.00 | 3709.93 | 29 | -65 |
| Necochea AL9 | 2 | 6552.00 | 2473.00 | 4233.88 | 42 | -55 |
| Jesús María EIA | 3 | 5158.00 | 1865.00 | 3256.92 | 43 | -58 |
| Jesús María LaA | 4 | 4973.00 | 1825.00 | 3538.96 | 48 | -41 |
| Venado Tuerto | 5 | 2976.00 | 3035.00 | 3465.33 | 12 | 14 |

El método tradicional arroja una aproximación sobrevalorada del dato real de cosecha, en comparación del modelo propuesto, que mostró valores por debajo del real, permitiendo estimar el rendimiento con datos más precisos como en el caso de VT.

Los resultados consolidados del rendimiento estimado con la fórmula y el real para V.T. explican con un alto porcentaje de certeza la predicción del modelo propuesto. En esta localidad fue posible recopilar datos con la frecuencia planificada. Esto podría explicar la mayor precisión lograda en la estimación.

Como se menciona anteriormente el método tradicional de predicción a campo arroja valores estimados por encima del 40% en promedio. Según lo descrito por Lauer, Joe (2002), la uniformidad del cultivo influye en la precisión de cualquier técnica de estimación de rendimiento. Cuanto menos uniforme sea el campo, mayor será el número de muestras que se deben tomar para estimar el rendimiento del campo. La falta de uniformidad podría ser la causa de la falta de precisión en la estimación. Hay una línea fina entre muestrear áreas dispares del campo

y muestrear al azar dentro de un campo para no sesgar injustamente las estimaciones de rendimiento hacia arriba o hacia abajo

A partir de los resultados obtenidos es posible confirmar, que en el caso del ensayo realizado, la relación entre las variables evaluadas es lineal, por lo que los parámetros de la regresión podrían utilizarse para un valor predictivo y adaptarse mejor al híbrido o entorno particular.

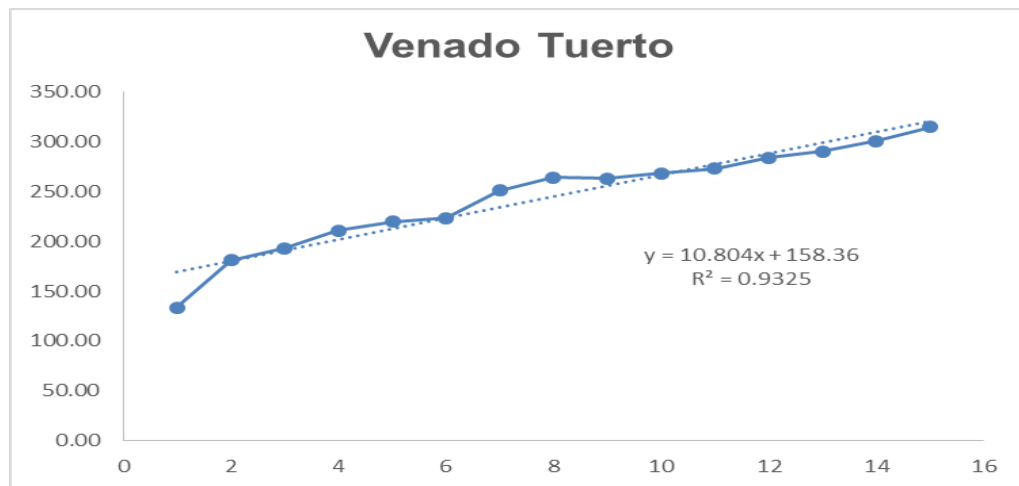


Figure 8 Fase lineal de acumulacion de MS y parámetros de la regresion estimada para VT.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados de los sitios se concluye que a pesar de haber utilizado un mismo híbrido en todas las localidades, haber conducido los ensayos bajo riego y haber realizado labores agronómicas similares; los distintos ambientes condicionan las respuestas en cuanto a la AMS, por lo que se asume que para cada sitio se debe realizar análisis independientes a fin de obtener parámetros propios de cada uno.

En definitiva, con algunos ajustes en la metodología como incorporación de mapas de NDVI (Normalized difference vegetation index) para ser más específicos los ambientes donde muestrear y analizar de manera separada cada localidad el método podría ser de mayor predicción y bastante sencillo de implementar.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una predicción climática para recolectar a tiempo las muestras en campo. Además, es necesario determinar por localidad y lote el punto, la cantidad y frecuencia de las muestras para obtener datos más precisos de MS.

Esto se podría realizar en un próximo trabajo donde uno de los objetivos sería, que mediante la clasificación de ambientes productivos por lote, permita establecer y ajustar el protocolo en cantidad y frecuencia de muestras.

Esto último lo podemos establecer dentro de los estadios críticos con seguimiento fenológico por híbrido, lote y localidad determinando así el momento adecuado para realizar los muestreos en los estadios críticos. Esto con la intención de estandarizar el protocolo de recolección.

Como propuesta metodológica para la estimación de rendimiento utilizando los parámetros de la regresión lineal entre la AMS por la población y la duración del intervalo fenológico GP-MF en días, se plantea iniciar los muestreos de MS cuando se defina el estadio fenológico de GP (considerado el día 1), realizar muestreos de MS en semillas a intervalos regulares (cada dos días) por 10 días (5 muestreos).

Anexo 1:

Análisis de regresión lineal entre localidades, donde se muestra que no existe paralelismo entre las diferentes localidades, pero si en cada uno de los sitios de las localidades.

Son 5 Localidades:

Sitio 1: AL 7

Sitio 2: AL 9

Sitio 3: EL A

Sitio 4: La A

Sitio 5: V.T.

Por lo tanto para estimar un modelo que recoja la relación entre el P1000 semillas y el tiempo en las 5 localidades se deben incluir 4 variables DUMKIES (Tantas como localidades menos 1) y las interacciones con el tiempo.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 t_i + \beta_2 D_1 + \beta_3 D_2 + \beta_4 D_3 + \beta_5 D_4 + \beta_6 D_1 t_i + \beta_7 D_2 t_i + \beta_8 D_3 t_i + \beta_9 D_4 t_i + \varepsilon_i$$

Dónde:

D1= 1 si es de la localidad AL 7 y 0 en otro caso

D2= 1 si es de la localidad AL 9 y 0 en otro caso

D3= 1 si es de la localidad EL A y 0 en otro caso

D4= 1 si es de la localidad La A y 0 en otro caso

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 t_i + \beta_2 D_1 + \beta_6 D_1 t_i + \varepsilon_i = (\beta_0 + \beta_2) + (\beta_1 + \beta_6) t_i + \varepsilon_i$$

Si es localidad AL 9:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 t_i + \beta_3 D_2 + \beta_7 D_2 t_i + \varepsilon_i = (\beta_0 + \beta_3) + (\beta_1 + \beta_7) t_i + \varepsilon_i$$

Si es localidad EL A:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 t_i + \beta_4 D_3 + \beta_8 D_3 t_i + \varepsilon_i = (\beta_0 + \beta_4) + (\beta_1 + \beta_8) t_i + \varepsilon_i$$

Si es localidad La A:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 t_i + \beta_5 D_4 + \beta_9 D_4 t_i + \varepsilon_i = (\beta_0 + \beta_5) + (\beta_1 + \beta_9) t_i + \varepsilon_i$$

Si es localidad V.T.:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 t_i + \varepsilon_i$$

Por lo tanto, la coincidencia de las 5 rectas de regresión se puede evaluar contrastando la significación de los coeficientes (beta 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)

Análisis de regresión lineal

| Variable | N | R ² | R ² Aj | ECMP | AIC | BIC |
|--------------|-----|----------------|-------------------|--------|---------|---------|
| Peso mil sem | 135 | 0,89 | 0,88 | 251,48 | 1116,81 | 1148,76 |

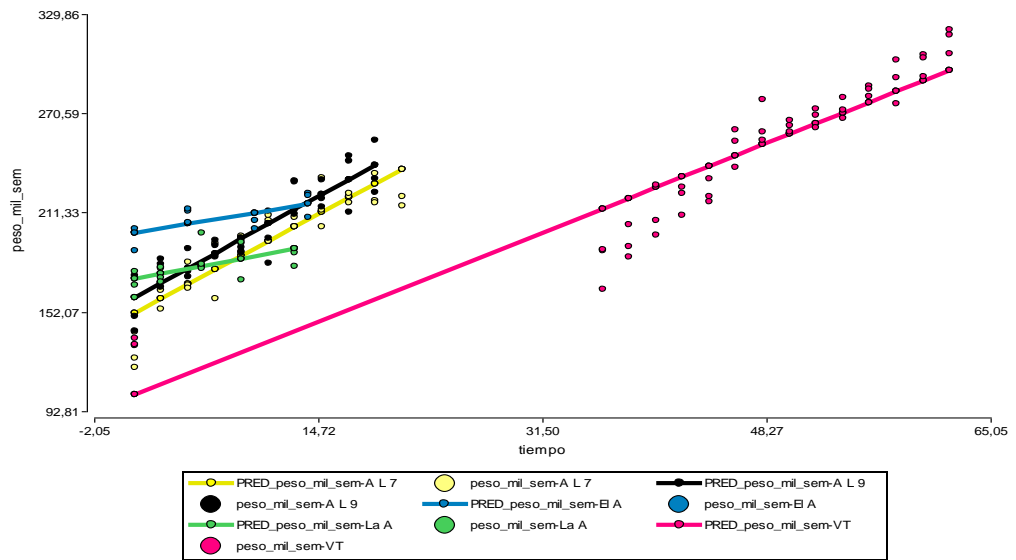
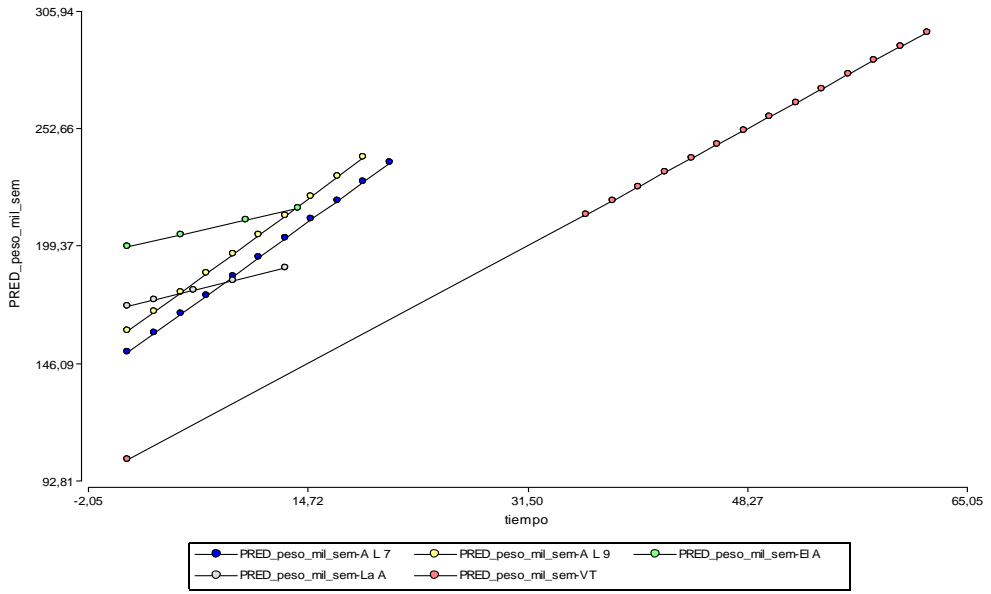
Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

| Coef | Est. | E.E. | LI (95%) | LS (95%) | T | p-valor | Cp | Mallows |
|------------|-------|-------|----------|----------|-------|---------|--------|---------|
| VIF | | | | | | | | |
| const | 99,32 | 7,26 | 84,95 | 113,69 | 13,68 | <0,0001 | | |
| tiempo | 3,18 | 0,15 | 2,88 | 3,48 | 20,99 | <0,0001 | 445,89 | 5,66 |
| AL 7 | 47,70 | 8,85 | 30,18 | 65,22 | 5,39 | <0,0001 | 37,80 | 9,29 |
| AL 9 | 57,08 | 9,00 | 39,27 | 74,89 | 6,34 | <0,0001 | 48,92 | 8,98 |
| EI A | 98,70 | 10,53 | 77,86 | 119,54 | 9,37 | <0,0001 | 96,13 | 5,77 |
| La A | 71,14 | 9,91 | 51,52 | 90,76 | 7,18 | <0,0001 | 60,11 | 6,23 |
| AL7 t | 1,12 | 0,43 | 0,28 | 1,97 | 2,63 | 0,0095 | 15,89 | 3,76 |
| AL9 t | 1,20 | 0,49 | 0,24 | 2,16 | 2,48 | 0,0146 | 15,10 | 3,72 |
| ELA t | -1,87 | 0,86 | -3,58 | -0,16 | -2,16 | 0,0325 | 13,65 | 3,21 |
| LaA t | -1,70 | 0,89 | -3,47 | 0,06 | -1,92 | 0,0578 | 12,65 | 3,09 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|-----------|-----|----------|--------|---------|
| Modelo. | 215699,75 | 9 | 23966,64 | 113,94 | <0,0001 |
| tiempo | 92632,07 | 1 | 92632,07 | 440,38 | <0,0001 |
| AL 7 | 6104,97 | 1 | 6104,97 | 29,02 | <0,0001 |
| AL 9 | 8462,42 | 1 | 8462,42 | 40,23 | <0,0001 |
| EI A | 8473,47 | 1 | 18473,47 | 87,82 | <0,0001 |
| La A | 10835,29 | 1 | 10835,29 | 51,51 | <0,0001 |
| AL7 t | 1459,08 | 1 | 1459,08 | 6,94 | 0,0095 |
| AL9 t | 1291,23 | 1 | 1291,23 | 6,14 | 0,0146 |
| ELA t | 983,54 | 1 | 983,54 | 4,68 | 0,0325 |
| LaA t | 771,47 | 1 | 771,47 | 3,67 | 0,0578 |
| Error | 26293,52 | 125 | 210,35 | | |
| Total | 241993,26 | 134 | | | |

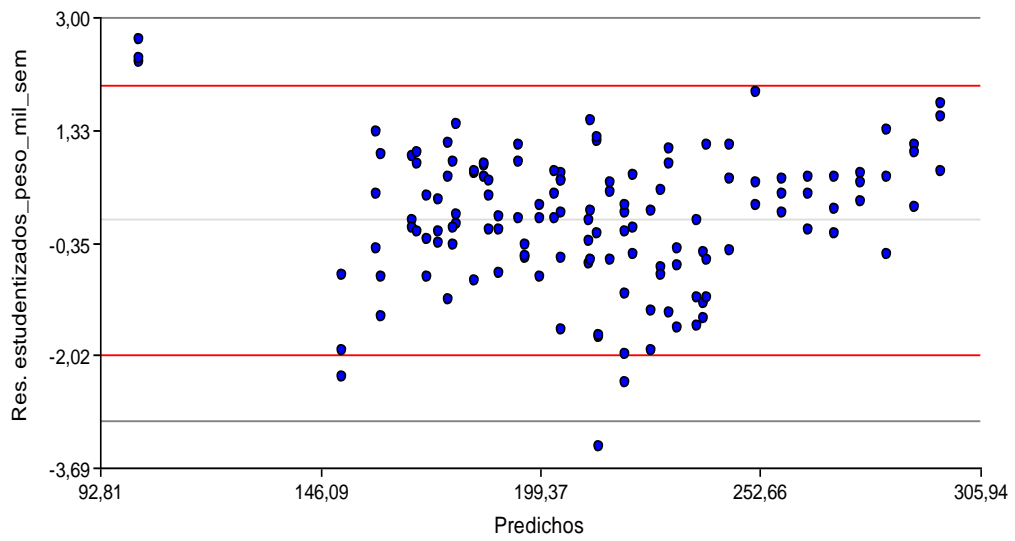
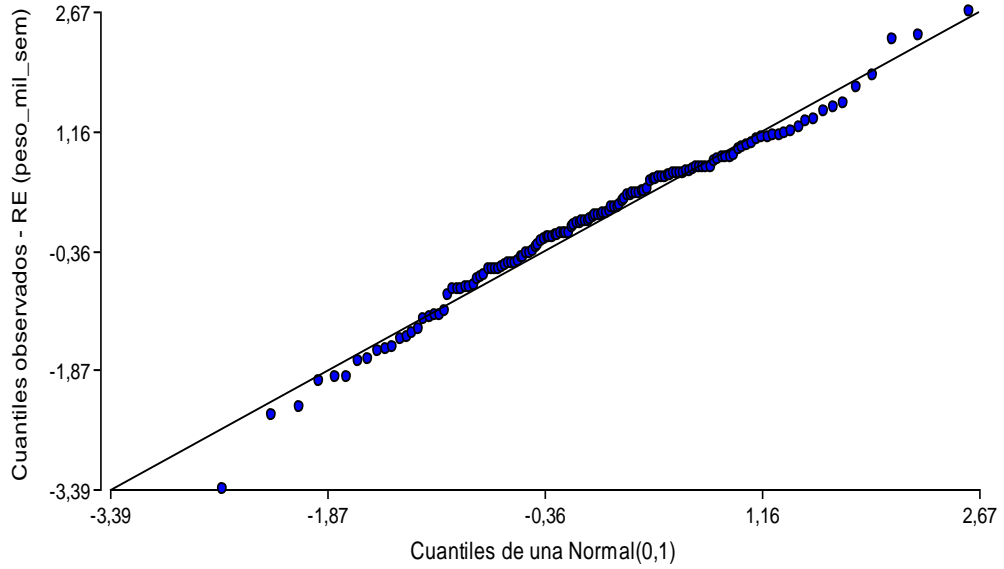
LA RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES (LA REGRESIÓN) NO ES LA MISMA EN CADA LOCALIDAD, NO EXISTE NI COINCIDENCIA NI PARALELISMO DE LAS 5 RECTAS DE REGRESIÓN.



Verificación de los supuestos:

Shapiro-Wilks (modificado)

| Variable | n | Media | D.E. | W* | p (Unilateral D) |
|-----------------|-----|---------|------|------|------------------|
| RE_peso_mil_sem | 135 | 3,4E-03 | 1,01 | 0,98 | 0,6608 |



SE ESTUDIA EL PARALELISMO DE LAS REGRESIONES DE AL7 Y AL9:

$$H_0) \beta_6 = \beta_7 \quad H_1) \beta_6 \neq \beta_7$$

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

| F.V. | const | tiempo | AL 7 | AL 9 | EI A | La A | AL7 t | AL9 t | ELA t | LaA t | h |
|------------------|-------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| Coef.Comb.Lineal | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | -1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Test para la hipótesis

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-----------|------|----|------|------|---------|
| Hipótesis | 3,41 | 1 | 3,41 | 0,02 | 0,8989 |

LAS RECTAS SON PARALELAS, ESTO INDICARÍA QUE LA RELACIÓN ENTRE EL PESO DE MIL SEMILLAS Y EL TIEMPO ES SIMILAR EN ESTAS DOS LOCALIDADES.

SE ESTUDIA EL PARALELISMO DE LAS REGRESIONES DE EL A Y LA A:

$$H_0) \beta_8 = \beta_9 \quad H_1) \beta_8 \neq \beta_9$$

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

| F.V. | const | tiempo | AL 7 | AL 9 | EI A | La A | AL7 t | AL9 t | ELA t | LaA t | h |
|------------------|-------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| Coef.Comb.Lineal | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | -1,00 | 0,00 |

Test para la hipótesis

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-----------|------|----|------|------|---------|
| Hipótesis | 3,76 | 1 | 3,76 | 0,02 | 0,8938 |

LAS RECTAS SON PARALELAS, ESTO INDICARÍA QUE LA RELACIÓN ENTRE EL PESO DE MIL SEMILLAS Y EL TIEMPO ES SIMILAR EN ESTAS DOS LOCALIDADES.

PARALELISMO ENTRE VT, AL7 Y AL9 COMPARACION DE LAS PENDIENTES DE VT (categoría de referencia), AL7 Y AL9

$$H_0) \beta_6 = \beta_7 = 0 \quad H_1) \text{al menos uno es diferente de } 0$$

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

| F.V. | const | tiempo | AL 7 | AL 9 | EI A | La A | AL7 t | AL9 t | EL A t | La A t | h |
|--------------------|-------|--------|------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|------|
| Coef.Comb.Lineal 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Coef.Comb.Lineal 2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Test para la hipótesis

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------------|---------|----|---------|------|---------|
| Coef.Comb.Lineal 1 | 1459,08 | 1 | 1459,08 | 6,94 | 0,0095 |
| Coef.Comb.Lineal 2 | 1291,23 | 1 | 1291,23 | 6,14 | 0,0146 |
| Hipótesis | 2476,97 | 2 | 1238,48 | 5,89 | 0,0036 |

NO SON PARALELAS LAS TRES RECTAS. LA RELACION DE LAS VARIABLES EN V.T. NO ES IGUAL QUE EN AL 7 Y AL 9

PARALELISMO ENTRE VT, EI A Y La A

COMPARACION DE LAS PENDIENTES DE V.T. (categ de referencia), EL A Y La A

$$H_0) \beta_8 = \beta_9 = 0 \quad H_1) \text{al menos uno es diferente de 0}$$

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

| F.V. | const | tiempo | AL 7 | AL 9 | EI A | La A | AL7 t | AL9 t | EL A t | La A t | h |
|--------------------|-------|--------|------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|------|
| Coef.Comb.Lineal 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| Coef.Comb.Lineal 2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 |

Test para la hipótesis

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Coef.Comb.Lineal 1 | 983,54 | 1 | 983,54 | 4,68 | 0,0325 |
| Coef.Comb.Lineal 2 | 771,47 | 1 | 771,47 | 3,67 | 0,0578 |
| Hipótesis | 1704,58 | 2 | 852,29 | 4,05 | 0,0197 |

Resumen paralelismo:

Los sitios AL 7 y AL 9 tienen la misma pendiente.

Los sitios EL A y La A tienen la misma pendiente.

El sitio de V.T. presenta pendiente diferente a las otras localidades.

Anexo 2:

Análisis de regresión lineal tomando la variable gr/m2 corregido a 12%^oH° para la localidad de V.T.

Análisis de regresión lineal

| <u>Variable</u> | <u>N</u> | <u>R²</u> | <u>R² Aj</u> | <u>ECMP</u> | <u>AIC</u> | <u>BIC</u> |
|------------------------------------|----------|----------------------|-------------------------|-------------|------------|------------|
| gr_m2 corregido 12% ^o H | 45 | 0,96 | 0,96 | 1578,16 | 1366,05 | 1398,01 |

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

| <u>Coef</u> | <u>Est.</u> | <u>E.E.</u> | <u>LI (95%)</u> | <u>LS (95%)</u> | <u>T</u> | <u>p-valor</u> | <u>CpMallows</u> | <u>VIF</u> |
|-------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|----------|----------------|------------------|------------|
| const V.T. | 165,70 | 18,28 | 129,52 | 201,87 | 9,06 | <0,0001 | | |
| tiempo V.T. | 5,30 | 0,38 | 4,55 | 6,05 | 13,91 | <0,0001 | 200,92 | 5,66 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| <u>F.V.</u> | <u>SC</u> | <u>gl</u> | <u>CM</u> | <u>F</u> | <u>p-valor</u> |
|-------------|------------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Modelo. | 4244964,80 | 9 | 471662,76 | 353,90 | <0,0001 |
| tiempo | 257812,02 | 1 | 257812,02 | 193,44 | <0,0001 |

BIBLIOGRAFÍA:

Andrade F.H., A.G. Cirilo, S.A. Uhart y M.E. Otegui. 1996. Eco fisiología del Cultivo de Maíz. Editorial La Barrosa-EEA Balcarce, CERBAS, INTA-FCA, UNMP (Eds.). Decalva Press. Buenos Aires. 292 pp.

Andrews C.H. y E.R. Cabrera 1995. Seed quality Bulletin 1033, Mississippi State University.

Battani, A. 2015. Corn and development, p. 1-8.

BCR, Febrero de 2019. Estimación Mensual Nacional Nro. ESP61.

Borrás, L., Westgate, M.E. 2006. Predicting maize kernel sink capacity early in development. Field crops Res. 95, 223-233.

Byerlee, D. & Saad, L. 1993. CIMMYT's economic environment to 2000 and beyond - a revised forecast. México, DF, CIMMYT.

Cirilo A.G. y F.H. Andrade. 1996. Sowing date and kernel weight in maize. Crop Sci., 36:325-331.

Dowswell, C.D., Paliwal, R.L. & Cantrell, R.P. 1996. Maize in the third world. Boulder, CO, USA, Westview Press.

Egli, D.B., TeKrony, D.M., 1997. Species differences in seed water status during seed maturation and germination. Seed Sci. Res. 21, 289-294.

Ellis R.H., R.J. Summerfield, G.O. Edmeades y E.H. Roberts. 1992 a. Photoperiod, leaf number, and the interval from tassel initiation to emergence in diverse cultivars of maize. Crop. Sci. 32:398-403.

Ellis R.H., R.J. Summerfield, G.O. Edmeades y E.H. Roberts. 1992 b. Photoperiod, temperature, and the interval from sowing to tassel initiation in diverse cultivars of maize. Crop. Sci. 32:1225-1232.

Galinat, W.C. 1988. The origin of corn. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. Corn and corn improvement, 3rd ed., p. 1-31. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.

Gambín, B.L., Borrás, L., Otegui, M.E., 2006. Source sink relations and kernel weight differens in maize temperate hybrids. Field Crops Res. 95 316-326.

GEA, 2016. Estimación mensual Nacional nro. Esp. 072. BCR.

- Gilmore, E. C., J. S. Rogers. 1958.** Heat Units as a Method of Measuring Maturity in Corn. *Agronomy Journal*, Vol. 50 No. 10, p. 611-615. College Station, TX.
- Jugenheimer, R.W. 1985.** Corn Improvement, seed production and uses. Malabar, PL., USA Robert E. Krieguer Publishing.
- Kiniry J.R. y R. Bonhomme. 1991.** Predicting maize phenology. In: Predicting crop phenology. Ed. T. Hodges. CRC Press. Boca Raton, Ann. Arbor. Boston. P. 115-131.
- Lamelas, C.M.; L.C. Suárez y A.J. Pascale, 1993.** Disponibilidades calóricas para los cultivos en la Provincia de Tucumán. *Rev. Industrial y Agrícola de Tucumán* 70 (1-2): 29-40.
- Lauer, Joe. 2002.** Methods for Calculating Corn Yield. *Agronomy Advice*, Univ. of Wisconsin-Madison. *Field Crops* 28:47-33
- Maddoni G.A y, M.E. Otegui. 1996.** Leaf area, light interception, and crop development in maize. *Field Crops Res.*, 48:81-87.
- Mahanna, B., B. Seglar, F. Owens, S. Dennis, and R. Newell. 2014.** Silage Zone Manual. DuPont Pioneer, Johnston, IA.
- Vicente-Serrano, S.M., Cuadrat-Prats, J.M., Romo, A. 2006** Early prediction of crop production using drought indices at different time-scales and remote sensing data: Application in the Ebro Valley (north-east Spain). *Int. J. Remote Sens.* 27, 511–518
- Ritchie J.T. y J.J. Hanway. 1982.** How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service, Ames, Iowa. Special Report N° 48.
- Saini, H.S., Westgate, M.E., 2000.** Reproductive development in grain crops during drought. *Adv. Agron.* 68, 59-96.
- Satorre E., Benech Arnold R., Slafer G., De la Fuente E., Miralles D., Otegui M., Savin R., 2003.** Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Facultad de Agronomía-Universidad de Buenos Aires. pp. 230-231.
- Schnyder, H., Baum, U., 1992.** Growth of the grain of wheat (*Triticum aestivum L.*). The relationship between water content and dry matter accumulation. *Eur J. Aragon.* 2, 51-57.
- Singh, J., Ed 1987.** Maize seed production and certification. New Delhi, AICMIP, IARI.

Swank, J.C., Egli, D.B., Pfeiffer, T.W., 1987. Seed growth characteristics of soybean genotypes differing in duration of seed fill. *Crop Sci.* 27, 85-89.

USDA, 2016. Panorama Agroalimentario Maíz 2016. 1-4 pp

Wilkes, H.G. 1985. Teosinte: the closest relative of maize revisited. *Maydica*, 30: 209-223.