



**MAÍZIFICANDO
CONCIENCIA**
XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

Ecofisiología y manejo del cultivo

8, 9 y 10 de Noviembre
Pergamino, BA
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Ministerio de Economía
Argentina

2022





HERRAMIENTAS DIGITALES EN EL CONTEO DE PLANTAS DE MAÍZ, UNA MEJORA EN EL METODO Y ESTANDARIZACION REGIONAL

Molinari, S ¹; Ingrassia, H ¹; Lotano, J ¹; Peralta, N ¹; Carmeis, A¹ ; Castellano, A ¹.

¹ Bayer Argentina, Fontezuela, Buenos Aires, Argentina.

Santiago.molinari@bayer.com; Hernan.ingrassia@bayer.com; Javier.lotano@bayer.com;

Nahuel.peralta@bayer.com; Antonio.carmeis@bayer.com; Agustin.castellano@bayer.com

DIGITAL TOOLS FOR CORN STAND COUNT, AN IMPROVEMENT IN THE METHODOLOGY AND REGIONAL STANDARIZATION.

Abstract

Plant density is a key factor when it comes to yield determination in corn (*Zea mays L*) fields. A better understanding of the environments helps to recommend the optimum plant density in each farmer field. Final stand count is a key evaluation even in early stages (V2-V4). In strip trials with farmers technology the plant densities go from 5 pl/m² to 10,5 pl/m². In small plot where the interaction of plant densities and nitrogen availability is studied, the numbers go from 4 pl/m² to 16 pl/m². Having an unique and trustful method is not only desirable but also necessary. Human plant count can take from 4 to 8 hours in the field, when replacing it with Digital Stand count can spend only up to 1 hour of field task, more important, in the strip trials instead of using average of different zones, these new tools allow us to have the Stand count of the entire Field Trial. The addition of digital tools such as Unmanned Aerial System (UAS), drones, with algorithms and images processing, has proved to increase the accuracy and decrease the variability across regions.

Palabras claves

Maíz, Densidad de plantas, Herramientas digitales, UAS

Keywords

Corn, Plant Density, Digital Tools, UAS



Introducción

El maíz (*Zea mays L*) es uno de los cultivos más sensibles a los patrones de siembra y a la uniformidad incluso en etapas tempranas del desarrollo. El método más difundido para determinar el número de plantas logradas, es la inspección visual a campo, pero esta tarea insume demasiado tiempo, atención y puede contener sesgos subjetivos (Varela et al. 2018). El desarrollo y posicionamiento de los híbridos se basa en muchos años de estudios a campo y la exploración de un amplio rango de ambientes a lo largo de todas las zonas productivas del país. Para la determinación del rendimiento se deben considerar prácticas principales como la elección del genotipo, la densidad poblacional y fecha de siembra. Para maximizar la producción, la densidad de plantas debería ser ajustada para cada combinación de genotipo y ambiente, y reducir al mínimo los efectos de adversidades tanto bióticas como abióticas. Todos los cultivos difieren en su respuesta a la variación de la densidad de plantas y esto se debe al efecto de dos mecanismos: la capacidad del cultivo para interceptar radiación solar (plasticidad vegetativa) y la plasticidad reproductiva de los individuos. El maíz posee una capacidad limitada para compensar una baja densidad de plantas debido a una menor plasticidad vegetativa y reproductiva (Cox, 1996). Por lo tanto, es mandatorio, para cada ensayo conducido a campo, contar con el número de plantas de maíz logradas posterior a la siembra.

En los últimos años, ha habido un gran número de avances aplicados a la agricultura tradicional y con fines muy diversos. La tecnología disponible nos permite avanzar en la automatización de procesos para aumentar las eficiencias operacionales dentro de los equipos que conducen investigaciones a campo. Los UAS (Unmanned Aerial Systems), o también denominados popularmente como “Drones”, son una herramienta que ayudan a conseguir resultados de manera ágil, facilitando, agilizando y permitiendo hacer con mayor exactitud la tarea del conteo de plantas a campo, por ejemplo y obteniendo información con mayor detalle y con menores errores (Kulbaki et al., 2018). Este punto hace que su utilización en la agricultura de precisión y equipos de desarrollo sea cada vez más frecuente. En general, la implementación de UAS en la agricultura se ha enfocado en la extracción de información a nivel de canopeo.

En este trabajo se intenta demostrar que las herramientas digitales, en particular el uso de UAS en ensayos de investigación y desarrollo, tienen un alto potencial para poder reemplazar ciertas metodologías tradicionales de evaluaciones a campo, reduciendo tiempo de las tareas, disminuyendo la variabilidad inter-localidad y estandarizando la metodología.

Materiales y Métodos:

Durante la campaña 2021-2022 se llevaron adelante 3 experimentos sembrados mecánicamente, 2 ensayos de micro parcelas en Pergamino y General Villegas, totalizando en 2400 parcelas (2.08 metros x 8.6 m) y 1 ensayo en franja (91.64m x 360m) en Trenque Lauquen con un espaciamiento de 52 centímetros entre surcos. Figura 1 y 2 del diseño experimental campo, micro parcelas y franja respectivamente.

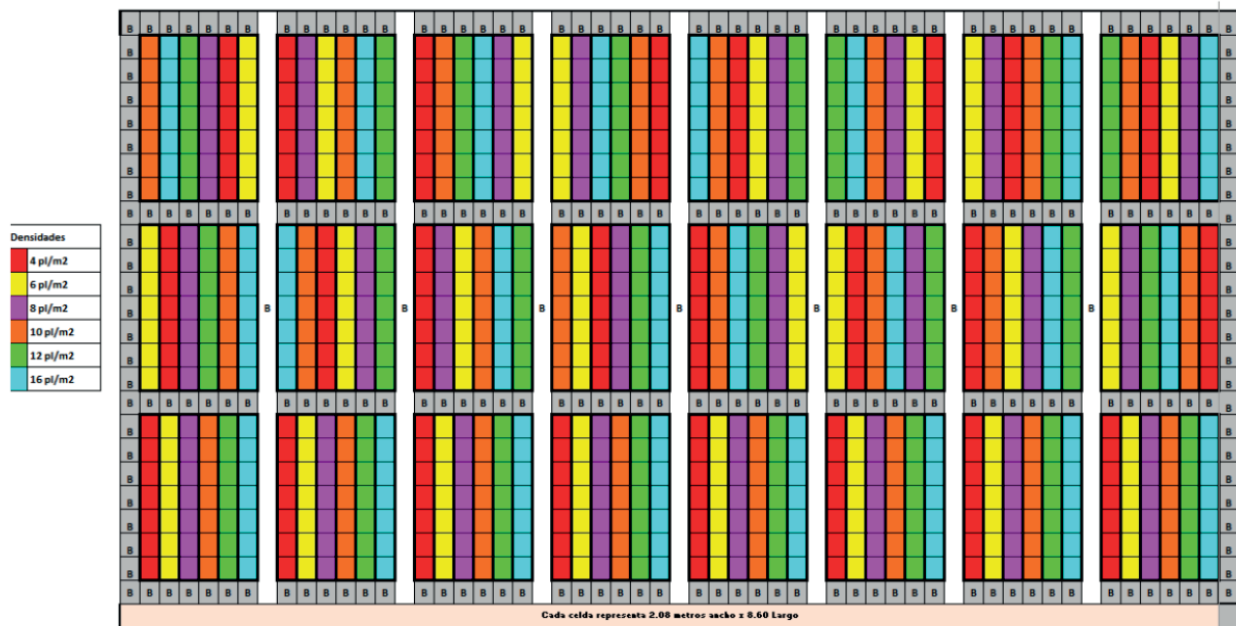


Figura 1. Grafica de diseño experimental ensayo micro parcelas para las localidades de Pergamino y General Villegas. Cada celda tiene 2.08 metros x 8.60 metros de largo.

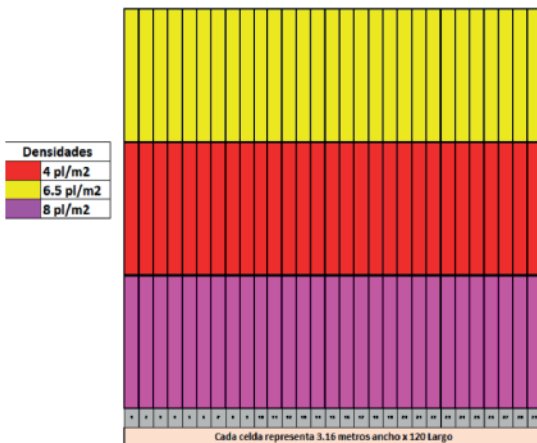


Figura 2. Grafica de diseño experimental ensayo en franjas para la localidad de Trenque Lauquen. Cada celda tiene 3.16 metros x 120 metros de largo.

El experimento consistió en contar la totalidad de plantas por parcela, a través de la metodología tradicional, consistiendo en el conteo humano a campo, 1200 parcelas por sitio (General Villegas y Pergamino), cada uno de estos tuvo evaluadores diferentes. Las diferentes densidades se encontraban distribuidas aleatoriamente, que iban desde 4, 6, 8, 10, 12 y 16 plantas/m², con 21 repeticiones cada una. El estadio del cultivo para realizar las mediciones con vuelos de UAS fue V2-V3.

El ensayo en franja atravesó el lote en el sentido de mayor variabilidad, contaba con 3 densidades diferentes, plantadas por productor y su maquinaria. Las densidades exploradas en estos experimentos (Loma, Media Loma y Bajo) fueron de 4 y 6,5 pl/m² en los ambientes más marginales del lote, a 8 pl/m² en el de mayor potencial. En este caso el estadio para el vuelo fue V4, al tratarse de densidades menores. Para este ensayo en franja, otro evaluador fue seleccionado y se realizaron 3 sub-muestras en cada ambiente, de 290 m² cada una, por la complejidad que implicaba contar la totalidad de la superficie.



Durante el mes de diciembre se realizaron 3 vuelos, previo al vuelo, en cada ensayo se colocaron puntos de control en el suelo, GCP por sus siglas en inglés (Ground Control Points) tomando las coordenadas con un GPS (Global Position System) de precisión en el centro de los mismos (corrección < 3cm de error), para la construcción de grillas y posterior construcción de parcelas digitales. Se recolectaron en promedio 2300 imágenes para la creación de ortomosaicos. El UAS utilizado, para las misiones de aproximadamente 50 min de vuelo efectivo, fue Phantom® 4, de la firma DJI, con cámara RGB.

Para la comparación entre los distintos métodos de conteo de plantas de maíz se realizó un análisis de regresión lineal simple a través del programa estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2013).

Resultados y Discusión:

En la Tabla 1, se pueden ver los valores de correlación que se encontraron, en General Villegas y Pergamino, entre el conteo de plantas a través de UAS y la metodología tradicional, arrojando valores de 0.852 y 0.968 respectivamente (Figura 3, Tabla 1).

Sabiendo que el conteo humano también posee errores, algunas fuentes de estos errores comunes en las evaluaciones realizadas por personas son, variabilidad y capacidades intrínsecas de cada individuo, preferencia inconsciente de cada evaluador por determinados valores, estructura de planta y diferencias en su tamaño, tiempo tomado para realizar la evaluación, daltonismo (Bock et al. 2010). Se procedió a realizar una comparación entre la cantidad de semillas implantadas por la maquinaria, dato disponible y determinado por los sensores en los tubos de bajadas de la sembradora, afectándose ese número por el valor de Poder Germinativo (PG) promedio. Si bien no se trata del número final de plantas emergidas, es una aproximación más cercana a la realidad. Con esta estimación de semillas implantadas los valores de correlación encontrados fueron de 0.960 y 0.836 (Figura 4, Tabla 1) para el conteo tradicional en Pergamino y General Villegas respectivamente. Para el conteo a través de UAS los valores fueron menos variables, y más certeros 0.988 y 0.956 (Figura 5, Tabla 1).

Para el ensayo de franjas el valor de correlación entre la densidad de plantas contadas mediante el método tradicional y UAS fue de 0.956. Cuando comparamos la estimación de semillas plantadas afectadas por PG, la correlación fue de 0.972 con el conteo tradicional y 0.975 el conteo a través de UAS (Figura 6, Tabla 1).

Tabla 1. Coeficiente de Correlación (CC) para las tres localidades ensayadas.

Localidad	Tipo de Ensayo	CC (Humano vs Conteo UAS)	CC (Humano vs semillas implantadas)	CC (UAS vs semillas implantadas)
Pergamino	Micro Parcelas	0.968*	0.960*	0.988*
General Villegas	Micro Parcelas	0.852*	0.836*	0.956*
Trenque Lauquen	Franja	0.956*	0.972*	0.975*

Representan * : p-valor < 0.001

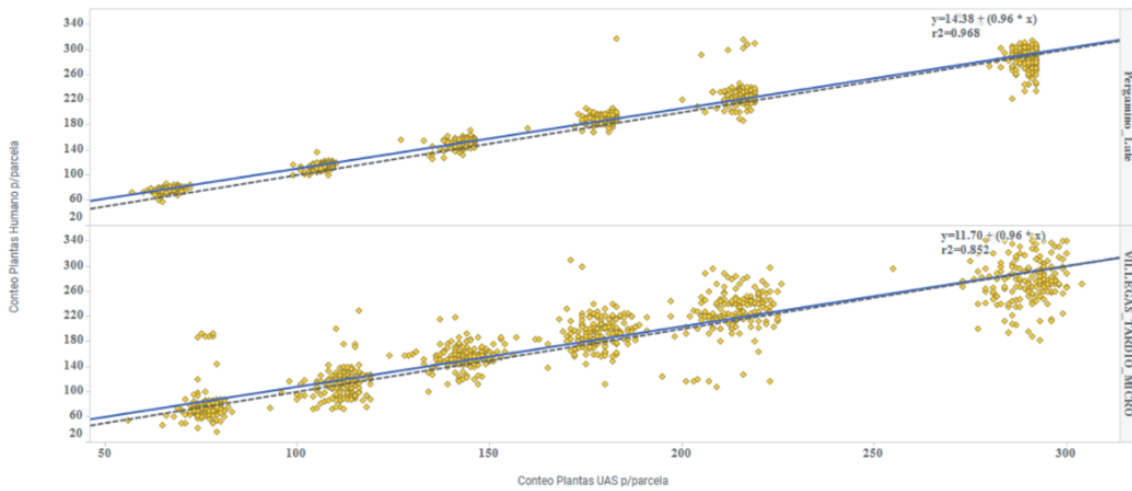


Figura 3. Grafica de análisis regresión lineal entre el conteo de plantas de maíz en las parcelas (17.88m²) por el método tradicional humano y conteo a través de UAS para las localidades de Pergamino (a) y General Villegas (b).

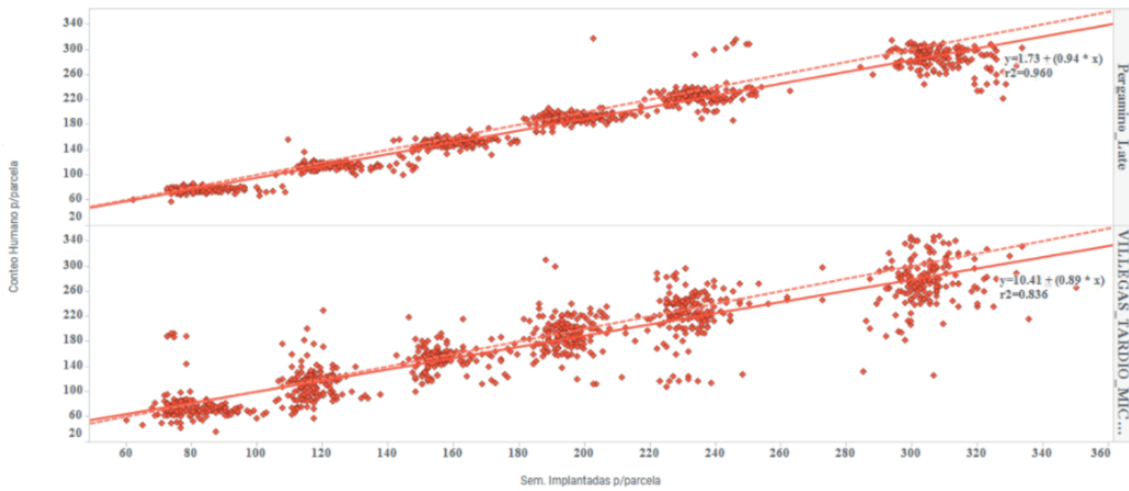


Figura 4. Grafica de análisis regresión lineal entre el conteo de plantas de maíz en micro parcelas (17.88 m²) por el método tradicional humano y conteo de semillas implantadas afectadas por PG, en las localidades de Pergamino (a) y General Villegas (b).

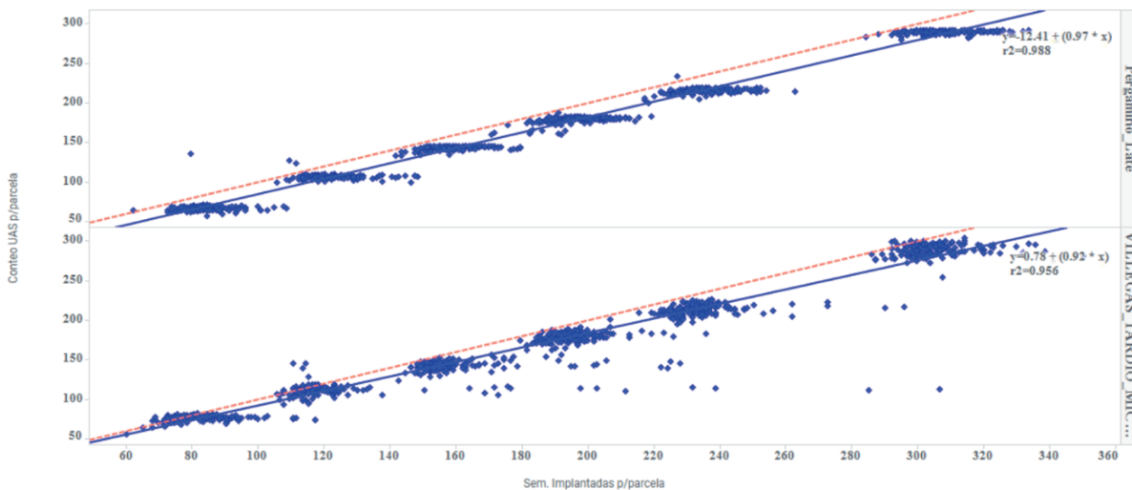


Figura 5. Grafica de análisis regresión lineal entre el conteo de plantas de maíz en micro parcelas (17.88m²) por el método UAS y el conteo de semillas implantadas afectadas por PG, en las localidades de Pergamino (a) y General Villegas (b).

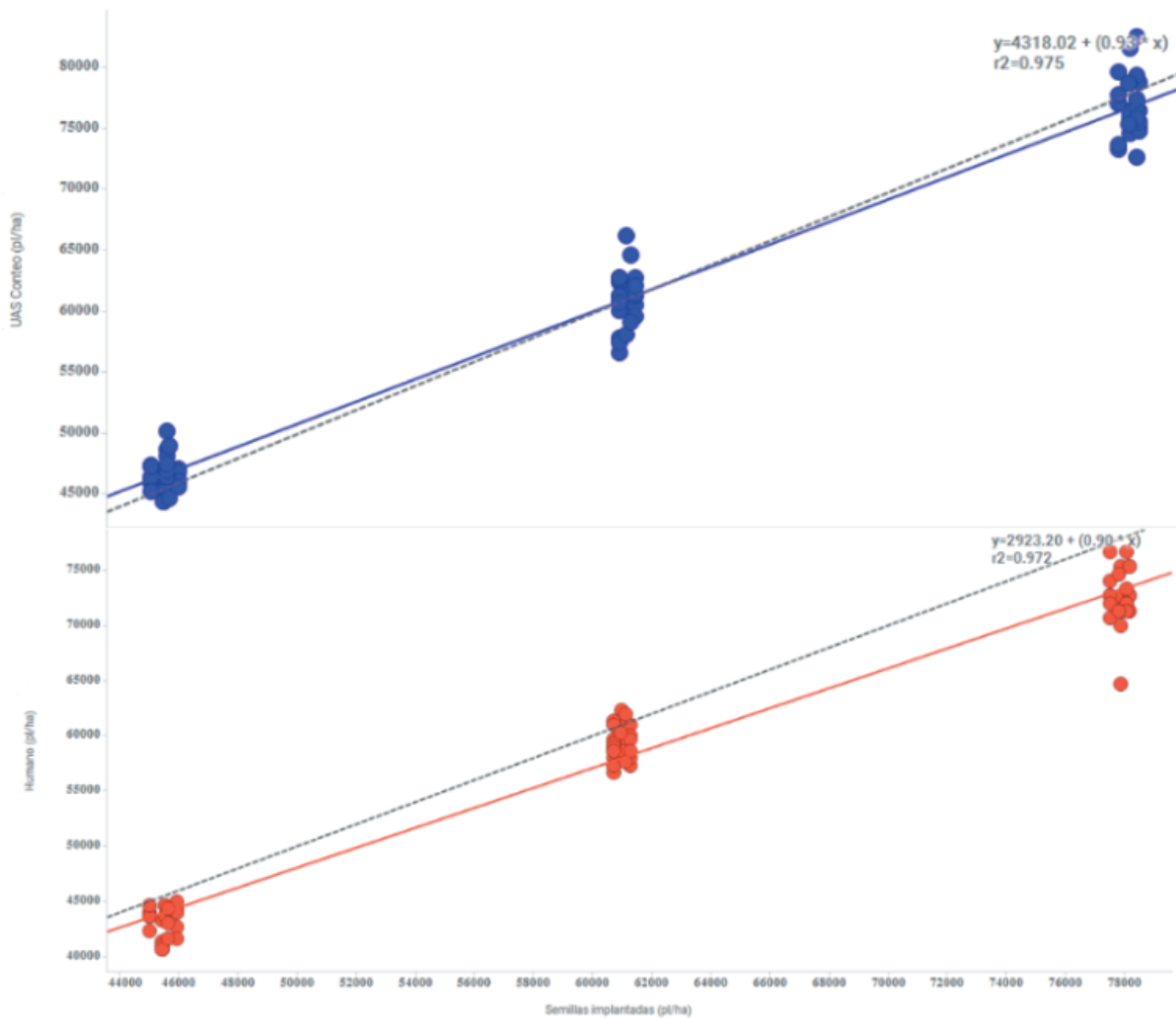


Figura 6. Grafica de análisis regresión lineal para el conteo de plantas de maíz en ensayo de franjas a través de UAS (a) y Conteo Tradicional Humano (b) vs las semillas implantadas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos, muestran que el uso de UAS ayuda a estandarizar y disminuir la variabilidad, a través de las diferentes regiones, en la metodología de conteo de plantas en los ensayos a campo. La correlación de los valores obtenidos, en diferentes situaciones, estimula a un reemplazo de la metodología tradicional por diferentes factores.

Por una parte, la operación a campo se reduce en un 87.5% en tiempo (8 horas versus 60 min) para un ensayo de 4 hectáreas. Otra virtud, es la disponibilidad de nuevas capas de información sobre la uniformidad del cultivo implantado como métricas de vigor, cobertura de surcos, salteos, doble golpes, coeficiente de variación, desvío estándar, entre otros. Todo a partir del mismo vuelo realizado en las etapas tempranas del cultivo, evidenciando la eficiencia por la incorporación de UAS a campo.

Cabe mencionar, luego de diferentes comparaciones, que no todos los algoritmos o metodologías de análisis digitales presentan estabilidad de conteo, en especial cuando las densidades implantadas superan las 10 pl/m². Incluso cuando las imágenes procesadas, son las mismas.



La digitalización está abriendo un nuevo universo, ayudando a generar procesos, vincular diferentes fuentes de datos y se ha convertido sin lugar a duda, en una necesidad. Nos ayuda a seguir aprendiendo, ser más eficientes y por, sobre todo, hace posible la mejora continua en la generación de conocimiento.

Agradecimientos

En especial los equipos de operaciones MDO y MDRs ConoSur por llevar adelante las investigaciones a campo, el compromiso, dedicación y enfoque en la generación de información de calidad incluyendo las nuevas herramientas digitales.

Al equipo de Field Testing Breeding por el soporte y transferencia en los vuelos realizados.



Referencias bibliográficas

Bock, C. H.; Poole, G. H.; Parker, P. E. & Gottwald, T. R. 2010. Plant Disease Severity Estimated Visually, by Digital Photography and Image Analysis, and by Hyperspectral Imaging, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 29:2, 59-107.

Cox W.J. 1996. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. *Agron. J.* 88:489-496.

Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C.W. 2013. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Kulbacki, M.; Segen, J.; Knieć, W.; Klempous, R.; Kluwak, K.; Nikodem, J.; Kulbacka, J.; Serester, A. 2018. Survey of Drones for Agriculture Automation from Planting to Harvest. In: INES 2018-22nd International Conference on Intelligent Engineering Systems, pp. 353-358. IEEE 2018.

Varela, S.; Dhodda, P.R.; Hsu, W.H.; Prasad, P.V.V.; Assefa, Y.; Peralta, N.R.; Griffin, T.; Sharda, A.; Ferguson, A.; Ciampitti, I.A. 2018. Early-Season Stand Count Determination in Corn via Integration of Imagery from Unmanned Aerial Systems (UAS) and Supervised Learning Techniques. *Remote Sens.* 2018, 10, 343.