

EXPERIENCIA DEL INTA EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE UN HÍBRIDO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

NOTA TÉCNICA

Nevio Bonilla Morales¹, Josselyne Aguilar López²

RESUMEN

Experiencia del INTA en la producción de semilla de un híbrido de maíz (*Zea mays* L.). La producción de híbridos de maíz es una actividad que se realiza en las instituciones públicas de investigación y en la empresa privada de semillas, como respuesta a la demanda constante de nuevos materiales para los agricultores en muchos países. En el caso del INTA, a partir del año 2014, se llevó a cabo el desarrollo de un programa de producción de híbridos de maíz, considerando aspectos como: i) la experiencia técnica y administrativa en la producción de semilla de maíz desde los años 60; ii) el material genético disponible para tal efecto, ya que se cuenta con al menos cuatro híbridos ya validados en las zonas maiceras de Costa Rica y iii) la amplia experiencia profesional del recurso humano involucrado. En este sentido, se realizó la multiplicación de las líneas que componen el híbrido triple de maíz de grano blanco denominado Orosi, cuyo pedigrí es CML500/CML498//CML494. Dichas líneas fueron solicitadas al Centro Internacional de Mejoramiento en Maíz y Trigo (CIMMYT) con sede en Texcoco, México. El híbrido mencionado fue evaluado en Costa Rica durante los años 2010 y 2015 y se destacó por su óptimo desempeño en las zonas donde se evaluó. Posteriormente fue validado de 2015 a 2017 con igual resultado. En la actualidad, se cuenta con aproximadamente 200 kg de semilla producto del trabajo realizado en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez (EEEJN), ubicada en Cañas, Guanacaste. Este documento pretende mostrar la experiencia generada al respecto y los resultados obtenidos durante el período mencionado.

Palabras clave: Líneas puras, caracterización, descriptores, cruzamientos, surco macho, surco hembra, desespigue.

Key words: Pure lines, characterization, descriptors, crosses, male furrow, female furrow, detasseling.

¹ Encargado de investigación en el cultivo de maíz. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). Costa Rica.

Contacto: nbonilla@inta.go.cr.

² Estudiante de pregrado. Universidad Técnica Nacional (UTN), Sede Cañas.

Contacto: jaguilarlopez@hotmail.com

Bonilla: Experiencia del INTA en la producción de semilla de un híbrido de maíz

INTRODUCCIÓN

La semilla de buena calidad, producto de la investigación y desarrollo de híbridos, representa el insumo estratégico por excelencia que permite sustentar las actividades agrícolas, contribuyendo significativamente a mejorar su producción en términos de calidad y rentabilidad. No se puede desligar ese componente genético, es decir, el híbrido del vehículo que lo transporta, la semilla. Al respecto, debe indicarse que una semilla de buena calidad por sí misma no garantiza un comportamiento satisfactorio en el campo, si no tiene a su vez el componente genético adecuado para responder ante determinada condición.

La buena calidad de la semilla no es sólo responsabilidad de quien la produce, sino también de los programas de mejora genética, que son los encargados de brindar la semilla genética o básica de las nuevas variedades. Es labor importante de la parte estatal (Ministerios de Agricultura, Institutos de Investigación y Universidades) suministrar los documentos oficiales con la descripción básica de cada variedad y el personal técnico para la capacitación, producción y fiscalización del proceso de producción de semilla.

Ciertamente, el proceso técnico y metodológico que permite ofrecer un flujo constante de semilla a los productores de maíz requiere de una importante inversión de tiempo, recursos económicos y humanos. Sin embargo, la evidencia en los países de la región mesoamericana indica que con los ajustes pertinentes se puede realizar un abordaje adecuado, a fin de contar con un programa de producción de híbridos que considere la magnitud de este, tanto en volumen como en recursos a invertir.

Existen numerosos trabajos que documentan la importancia de los recursos genéticos del maíz, en este sentido la estimación de la diversidad genética en los bancos de germoplasma es un gran indicador para los programas de mejoramiento genético sobre todo en el germoplasma tropical de maíz. Evidentemente dicha estimación debe contemplar variedades criollas o nativas, de polinización libre y líneas de mejoramiento o híbridos. Los alelos únicos que se pudieran encontrar en cada grupo de germoplasma mencionado representan una gran reserva de recursos genéticos desconocidos para el fitomejoramiento del maíz e implicaciones para un programa de desarrollo de nuevos cultivares (Warburton *et al.* 2008; Alimari *et al.* 2016).

Además, la investigación en maíz en el trópico se ha iniciado más tarde, ha tenido un proceso más lento, los recursos y facilidades han sido limitados y finalmente que la base genética estrecha con que se ha trabajado ha limitado a los diferentes programas nacionales. Existen dos factores que explican los logros de los programas de maíz más exitosos: el germoplasma desarrollado y adoptado por los agricultores para uso en sus fincas y la disponibilidad de semillas de alta calidad (Alimari *et al.* 2016; Wang *et al.* 2017).

El factor variación o variabilidad es muy importante para un fitomejorador. Las metas fundamentales en el fitomejoramiento son alto rendimiento y calidad del producto, ampliar la adaptabilidad al entorno climático y edáfico y la tolerancia o la resistencia

a plagas y enfermedades de importancia económica de un cultivo determinado. Para lograr eso se utilizan las variaciones genéticas entre plantas, de manera que el éxito en una adaptación adecuada a las condiciones agroecológicas está circunscrito al rango que abarca la base genética medida como variabilidad genética. Todo esto implica que dicha variabilidad es la fuente para abordar muchos problemas en fitomejoramiento y que se encuentra dentro de los recursos fitogenéticos (Ulukan 2011; Rotar *et al.* 2015; Wang *et al.* 2017).

El rendimiento (producción de grano seco por unidad de superficie) es la característica más importante en la mejora de maíz, así mismo, es el objetivo más complejo con que tiene que trabajar el mejorador ya que está determinado por la expresión e interacción de numerosos genes que afectan todos los procesos vitales de la planta. La adaptación es una característica igualmente compleja dado que considera muchas y diferentes respuestas de la planta (Romay *et al.* 2008).

El poder identificar el germoplasma de interés a mejorar, es un componente clave de cualquier esfuerzo de mejoramiento participativo por sus implicaciones en los impactos sobre el bienestar social y la diversidad genética. Cuando la selección de germoplasma se basa sólo en la perspectiva de los especialistas en recursos genéticos, se pueden ignorar los rasgos y los materiales que son importantes para cultivar en las comunidades. Estas selecciones pueden ser menos valiosas para los agricultores, lo que limita el impacto de los esfuerzos de mejoramiento participativo en sus medios de vida. Sin embargo, los resultados también indican que confiar únicamente en las perspectivas de los hogares agrícolas puede conducir a menor diversidad. La elección de las poblaciones basadas únicamente en cualquiera de las perspectivas implica un costo social, ya sea en términos de diversidad o en términos de bienestar de los agricultores (Cervantes 2015; Rotar *et al.* 2015; Alimari *et al.* 2016).

El desarrollo de variedades o híbridos superiores de maíz puede lograrse siguiendo diferentes estrategias o métodos de selección en el proceso de mejoramiento genético. Entre ellos pueden citarse: a) selección por pedigrée o genealógica, b) selección recurrente; c) selección recurrente recíproca; d) selección recurrente utilizando marcadores moleculares, entre otros. Otra forma de conceptualizar las metodologías de mejoramiento sería en dos grupos: (a) esquemas de selección recurrente para mejoramiento de las poblaciones y (b) desarrollo de líneas puras e híbridos (Wang *et al.* 2017).

Uno de los aspectos relevantes en el manejo de un programa de mejoramiento genético lo constituye, la ampliación oportuna de la base genética del germoplasma a disposición de los fitomejoradores. Para este proceso, se requiere contar con relevantes y suficientes datos de campo (agronómicos, morfológicos, génicos, fisiológicos y moleculares). Estos datos deben contar con un amplio y contrastante rango de ambientes en los cuales se han evaluado los genotipos de interés. De esta manera, los procesos de introgresión del germoplasma serán más efectivos aprovechando al máximo posible las habilidades combinatorias general y específica y los rasgos de adaptación del germoplasma de interés, para así determinar los

sintéticos y las líneas más promisorias (Reif *et al.* 2010; Sher *et al.* 2012, Abuali *et al.* 2012; Rotar 2015; Zhang *et al.* 2015).

La liberación de híbridos modernos de maíz, tolerantes a factores adversos, bióticos y abióticos, contribuye a reducir las pérdidas poscosecha. Un adecuado entendimiento de los aspectos fisiológicos correlacionados con el rendimiento y la incorporación de índices de selección más eficientes en las metodologías de mejoramiento para ambientes adversos, han mejorado las técnicas de selección (Córdova *et al.* 2002; Sayadi *et al.* 2016; Ziyomo *et al.* 2012; Cooper *et al.* 2014; Dordas *et al.* 2015; Papathanasiou *et al.* 2015; Meseke *et al.* 2013).

La calidad de la semilla híbrida reside principalmente en los métodos de producción, tanto en el cumplimiento a las normas técnicas que aseguran la calidad, como en la implementación de un manejo agronómico adecuado. Mientras la producción de semilla de las variedades de polinización abierta es relativamente directa, la producción de semilla híbrida requiere prácticas de campo adicionales que son vitales para el éxito.

El objetivo general fue consolidar el proceso de multiplicación y cruzamiento de un híbrido triple de maíz de grano blanco proveniente de las líneas CML 500, CML 498 y CML 494. Los objetivos específicos fueron: 1) Realizar la multiplicación de las líneas CML 500, CML 498 y CML 494 en lotes aislados; 2) Establecer lotes de cruzamiento de las líneas que conforman un híbrido triple de maíz de grano blanco tanto en etapa intermedia como en la conformación final; 3) Realizar una descripción de los caracteres indicativos de cada línea, del híbrido intermedio y del híbrido triple final.

MATERIALES Y METODOS

La producción de semilla híbrida necesariamente requiere al menos la cruce de un progenitor femenino con uno masculino en campos aislados. De manera que, desde el inicio de la producción de semilla híbrida la identidad y el arreglo de las poblaciones progenitoras determina el resultado final.

En el caso particular de este trabajo, el híbrido Orosi está compuesto por una combinación específica de tres líneas progenitoras, donde las líneas CML 500, CML 498 y CML 494 son respectivamente un progenitor hembra inicial (receptora de polen) y dos progenitores macho (proveedores de polen). Así mismo con un híbrido intermedio producto de la hibridación de CML500 y CML 498 que resulta el productor de la semilla del híbrido triple al ser cruzado con la línea CML 494.

El manejo de campo de ambos progenitores es también determinante y requiere trabajo para el momento de la siembra, la eliminación de plantas fuera de tipo, la remoción de las flores masculinas de la hembra antes de la liberación del polen, separar la cosecha de la semilla de la hembra y un cuidadoso desembolso y procesamiento de la semilla para mantener la calidad de esta.

El proceso mencionado tiene una naturaleza secuencial y dependiente lo que significa que cualquier error en las etapas tempranas tiene un impacto significativo en las etapas siguientes y los errores o problemas importantes pueden conducir a un fracaso completo o la no aprobación del lote de semilla como tal.

Tanto para la producción de semilla híbrida de híbridos triples y dobles, se debe producir la crusa simple respectiva antes que se realice la crusa híbrida final. El número de producciones de aislamiento de componentes para las distintas clases de semillas para cada tipo de híbrido varía del 5 al 7.

Se establecieron lotes de multiplicación de semilla de las líneas CML 500, CML 498 y CML 494 en lotes aislados partiendo de 50 semillas por cada material. Este proceso se realizará en dos ocasiones para cada línea.

Posteriormente se estableció un lote de cruzamiento para la conformación del híbrido intermedio donde se establecerán las líneas CML 500 (línea receptora) y CML 498 (línea donadora de polen) en un arreglo 4:2, es decir dos surcos de la línea CML 498 flanqueando cuatro surcos de las líneas CML 500, de manera que se asegure la polinización de cada bloque del arreglo mencionado. De igual manera para la producción del híbrido triple se estableció un lote de cruzamiento, donde el híbrido intermedio (receptor) y la línea CML 494 (donador de polen) en un arreglo 4:2, dos surcos del donador flanqueando cuatro surcos del receptor. A continuación, se presenta una figura que ejemplifica dicho arreglo para ambos casos mencionados:

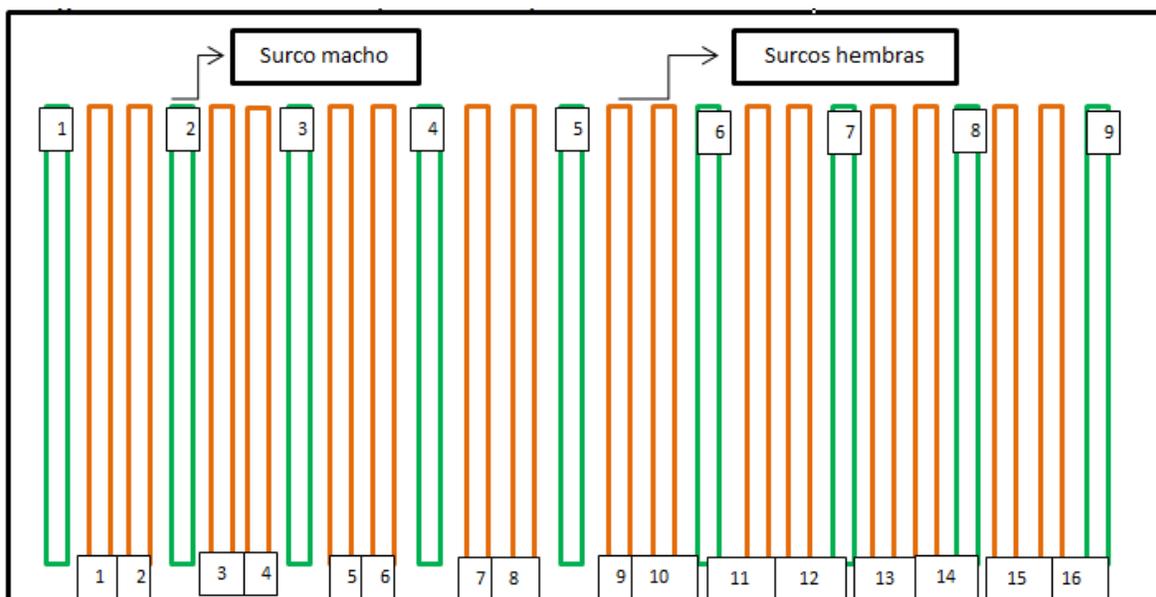


Figura 1. Plano de la distribución de los surcos hembra y macho para el cruzamiento de las líneas CML 500 y CML 498 que conforman la crusa intermedia del híbrido y para el cruzamiento del híbrido intermedio y la línea CML 494. Orosi. 2017.

En el lote de cruzamiento tanto del híbrido intermedio como del híbrido triple final, se realizarán las prácticas agronómicas de manejo del cultivo del maíz de manera conocida, de acuerdo con las recomendaciones técnicas del INTA. La siembra de los surcos hembra se realizó dos días antes que los surcos macho, de manera que se facilite tanto la labor de desespigue como la polinización cruzada entre macho y hembra. El desespigue se realizó previo al despliegue o aparición de la hoja bandera (última hoja previo a la floración) en los surcos hembra, eliminando en este caso la flor masculina (superior) de los mismos. De esta forma, el cruzamiento sería entre los surcos macho y hembra únicamente.

Al final del ciclo de cultivo (entre madurez fisiológica y secado de la planta) se cosecharon los lotes de cruzamiento para el posterior acondicionamiento de la semilla producida. Se realizó un día de campo a fin de mostrar el híbrido final en julio-agosto 2018 y la liberación del híbrido triple CML 500 //CML 498/CML 494 en diciembre 2018. Así mismo se elaboró un trifoliado donde se indican las características del híbrido triple.

Datos del lote para la descripción de las tres líneas:

Se establecieron tres lotes donde se realizó la descripción de cada una de las líneas de maíz CM500, CM498 y CM494 cuyas dimensiones fueron 50,3 m de ancho, 49,6 m de largo con un total de área de 2494.8m² para cada lote. Cada lote constó de 20 surcos para cada línea y se sembraron de forma escalonada para evitar el cruzamiento entre los mismos.

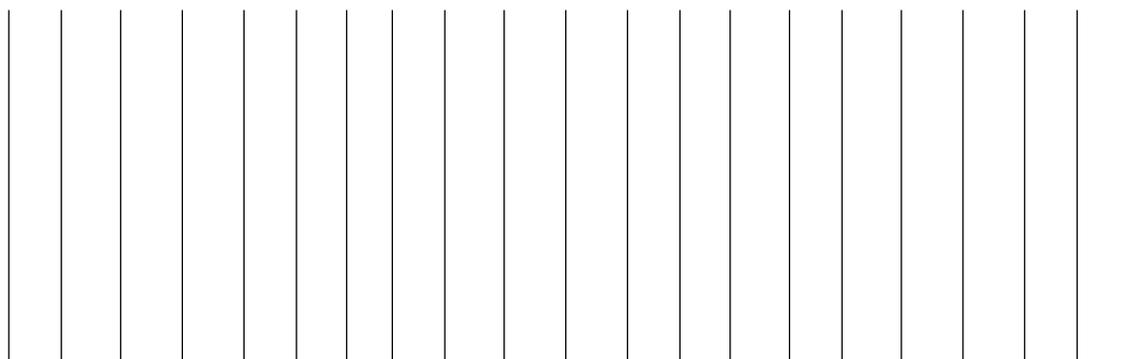


Figura 2. Figura 2. Plano de campo de los lotes para la descripción de las líneas CML 500, CML 498 y CML 494 que conforman el híbrido Orosi. 2018.

Para tomar las muestras representativas de cada lote, éste se dividió en tres bloques, el primero y el tercer bloque se eligieron para recolectar los datos de la caracterización de cada línea. El trabajo consistió en hacer la descripción varietal a una muestra de 116 plantas, por lo tanto, se eligieron 56 y 60 plantas de cada línea, para el primero y tercer bloque respectivamente, en el segundo bloque que corresponde a los surcos 08 al 14 y se seleccionaron 28 plantas a evaluar hasta terminar el ciclo, por surco se tomaron siete plantas a evaluar siempre.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1, se resumen los datos de los descriptores que se caracterizaron para cada una de las etapas de desarrollo del híbrido de grano blanco Orosi. Es importante indicar que, de acuerdo con los resultados obtenidos, se seleccionaron los siguientes descriptores como indicativos de la representatividad del híbrido y por ende como criterio para su identificación en un campo de semilla, esto a efectos de inscribir un lote para la producción de semilla de dicho material. Los descriptores seleccionados cumplen con la característica de mostrar un valor promedio alto (superior a 85) en la frecuencia o porcentaje de ocurrencia en la muestra de plantas evaluadas (ver cuadros y figuras de cada descriptor). Debido a este proceso de conformación del híbrido triple Orosi, se cuenta con 200 kg de semilla .

Descriptores indicativos :

Primera hoja (longitud, ancho, forma de la punta)

Ángulo de inserción de las hojas debajo de la mazorca superior

Ángulo entre la lámina y el tallo

Forma característica de la hoja

Ondulación del margen laminar de la hoja

Tallo (número de hijuelos por planta, longitud media de entrenudos inferiores, diámetro del tallo, longitud media de entrenudos superiores)

Grado de zigzagueo

Coloración de la lámina

Coloración de la vaina en las tres primeras hojas de la base del tallo

Coloración de la vaina en la hoja de mazorca principal

Coloración de la aurícula, pubescencia sobre el margen de la vaina

Floración masculina: espiga, longitud del pedúnculo

Longitud del eje principal de la espiga

Ángulo de la espiga

Posición de ramas laterales

Número de ramas laterales

Densidad de espiguilla

Coloración por antocianinas en la base de las glumas

Cubrimiento por la hoja bandera

Floración femenina: Jilote, coloración por antocianinas en los estigmas, longitud de ramas laterales

Longitud de planta

Altura de mazorca

Relación de altura de la mazorca superior y altura de planta

Diámetro de la mazorca

Arreglo de hileras de granos en la mazorca

Número de hileras de granos de la mazorca

Número de granos por hilera de la mazorca

Tipo de grano de la mazorca

Forma de la corona del grano

Color del grano

Color dorsal del grano

Color del endospermo del grano

Coloración por antocianinas en las glumas del olote

Intensidad de la coloración por antocianinas en las glumas del olote

Cuadro 1. Estado de los descriptores del híbrido Orosi. Cañas, Guanacaste. 2017-2018.

#	Descriptor	Condición	Número	Descriptor	Condición
1	Primera hoja: Coloración de la vaina por antocianinas	Ausente	31	Número de ramas laterales primarias de la espiga	Alto
2	Longitud primera hoja	Muy larga	32	Ramas secundarias de la espiga	Presente
3	Ancho primera hoja	Muy Ancha	33	Densidad de espiguillas de la espiga	Media
4	Relación largo /ancho primera hoja	Muy grande	34	Coloración por antocianinas en la base de las glumas de la espiga	Débil
5	Forma de la punta primera hoja	Puntiaguda	35	Coloración por antocianinas en las glumas de la espiga	Ausente o muy débil
6	Angulo de inserción de las hojas debajo de la mazorca superior	Semirrecto	36	Coloración por antocianinas en las anteras de la espiga	Débil
7	Angulo entre la lámina y el tallo de las hojas	Medio	37	Cubrimiento por la hoja bandera de la espiga	Poca
8	Angulo de inserción de las hojas por arriba de la mazorca superior	Semirrecto	38	Floración femenina: Jilote	Trópico: 61-65
9	Forma característica de la hoja	Ligeramente curvada	39	Coloración por antocianinas en los estigmas	Ausente
10	Ondulación de la margen laminar	Fuerte	40	Intensidad de la coloración por antocianinas en los estigmas	Muy débil a débil
11	Coloración por antocianinas en raíces adventicias	Débil	41	Desarrollo de filodios del jilote	Ausentes o muy pocos
12	Número de hijuelos por planta : Tallo	Ausentes	42	Longitud de las ramas laterales de la espiga	Muy larga
13	Longitud media de entrenudos inferiores: tallo	Muy corta	43	Longitud de la planta	Baja
14	Diámetro del tallo	Muy pequeño	44	Altura de la mazorca	Muy Baja
15	Longitud media de entrenudos superiores : tallo	Muy corta	45	Relación de altura de la mazorca superior y altura de planta	Muy alta

Bonilla: Experiencia del INTA en la producción de semilla de un híbrido de maíz

16	Grado de zigzagueo del tallo	Ausente o muy ligero	46	Ancho de la lámina foliar	Media
17	Coloración por antocianinas en nudos	Ausente o muy débil	47	Número de mazorcas por planta	Muy variable
18	Presencia de arrugas longitudinales en la hoja	Ausentes	48	Longitud del pedúnculo	Muy variable
19	Coloración de la lámina de la hoja	Verde oscuro	49	Longitud de la mazorca	Largo
20	Coloración de la vaina en las tres primeras hojas de la base del tallo	Verde oscuro	50	Diámetro de la mazorca	Muy grande
21	Coloración por antocianinas en la vaina, en la parte media de la planta	Ausente o muy débil	51	Forma de la mazorca	Cónica-Cilíndrica
22	Coloración de la vaina en la hoja de la mazorca principal en la hoja	Verde	52	Arreglo de hileras de granos en la mazorca	Recta
23	Coloración de la aurícula de la hoja	Verde claro	53	Número de hileras de granos de la mazorca	Pocas
24	Pubescencia sobre el margen de la vaina	Media	54	Número de granos por hilera de la mazorca	Pocos
25	Floración masculina: Espiga	Trópico 61-65 días	55	Tipo de grano de la mazorca	Intermedio
26	Longitud del pedúnculo de la espiga	Corta	56	Forma de la corona del grano	Convexa
27	Longitud de la espiga	Larga y muy larga	57	Color del grano	Blanco cremoso
28	Longitud del eje principal de la espiga	Larga	58	Color dorsal del grano	Blanco cremoso
29	Ángulo de la espiga	Muy compacta	59	Color del endospermo del grano	Blanco
30	Posición de ramas laterales de la espiga	Rectilíneas	60	Coloración por antocianinas en las glumas del olote	Ausente
			61	Intensidad de la coloración por antocianinas en las glumas del olote	Débil

Los descriptores en negrita indican que son indicativos para el híbrido Orosi. Los indicados en color rojo son aquellos que se presentan en este escrito como ejemplo, ya que representan un alto número.

CARACTERIZACION MORFOAGRONOMICA DEL HIBRIDO TRIPLE DE MAIZ DE GRANO BLANCO (CML500/CML498//CML494).

Existen publicaciones técnicas que describen el procedimiento para la caracterización de variedades e híbridos de maíz con fines para su registro en las listas de variedades comerciales. Esta caracterización se ha realizado con base en los descriptores estandarizados al respecto. (SAGARPA 2010).

Primera hoja: Longitud

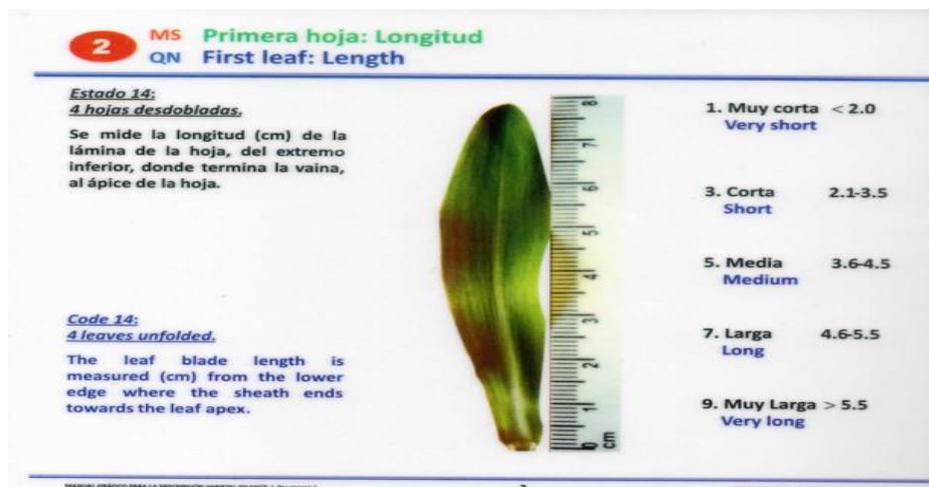


Figura 3. Descriptor longitud de la primera hoja del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Cuadro 2. Distribución de valores para longitud de la primera hoja del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Caracterización	Porcentaje general del I bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del II bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje de toda la plantación
Muy corta	0	0	0	1.75	0	3.33	0.87
Corta	0	0	0	0	0	0	0
Media	0	0	0	1.75	0	3.33	0.875
Larga	5.26	25.92	3.33	0	0	0	2.63
Muy Larga	94.73	92.59	96.66	96.49	100	93.33	95.61

*Se realizaron a los 14 días de la germinación de la planta.

Primera hoja: Ancho

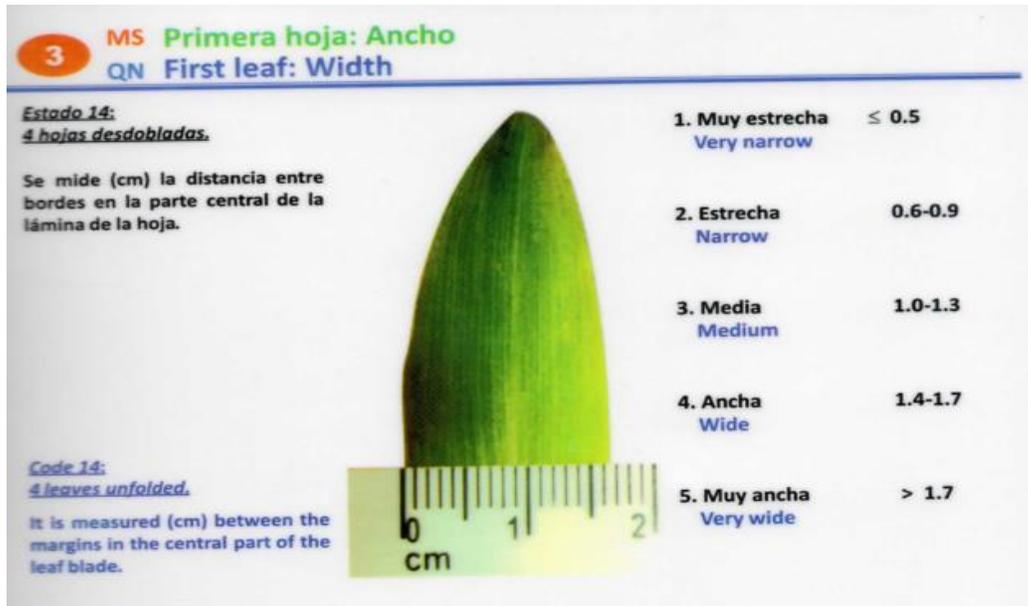


Figura 4. Descriptor ancho de la primera hoja del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Cuadro 3. Distribución de valores para ancho de la primera hoja del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Caracterización	Porcentaje general del I bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje de toda la plantación
Muy estrecha	0	0	0	0	0	0	0
Estrecha	0	0	0	0	0	0	0
Media	3.51	0	6.66	5.26	3.70	3.33	3.51
Ancha	12.28	18.51	6.66	12.28	14.81	6.66	11.40
Muy ancha	84.21	81.41	86.66	85.96	77.77	90.00	84.21

*Se realizaron a los 14 días de la germinación de la planta.

Tallo: Diámetro

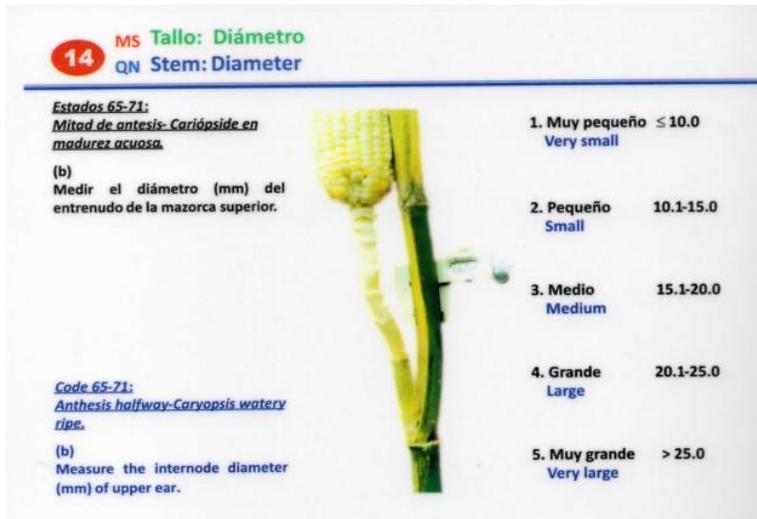


Figura 5 . Descriptor Diámetro del tallo para el híbrido Orosi. Cañas, 2019

Cuadro 4. Distribución de valores para diámetro del tallo para el híbrido Orosi, 2018.

Caracterización	Porcentaj e general del primer bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje de toda la plantación
Muy pequeña menor a 10.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pequeña 10.1-15.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Media 15.1-20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grande 20.1-25.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Muy grande mayor a 25.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Se realizaron a los 65-75 días de crecimiento de la planta.

Tallo: Grado de zigzag



Figura 6. Descriptor grado de zigzag del tallo del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Cuadro 5. Distribución de valores para zigzag del tallo del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Caracterización	Porcentaje general del primer bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje de toda la plantación
Ausente o muy ligero	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Ligero	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Se realizaron a los 65 a los 65 días del crecimiento de la planta.

Espiga: Floración masculina

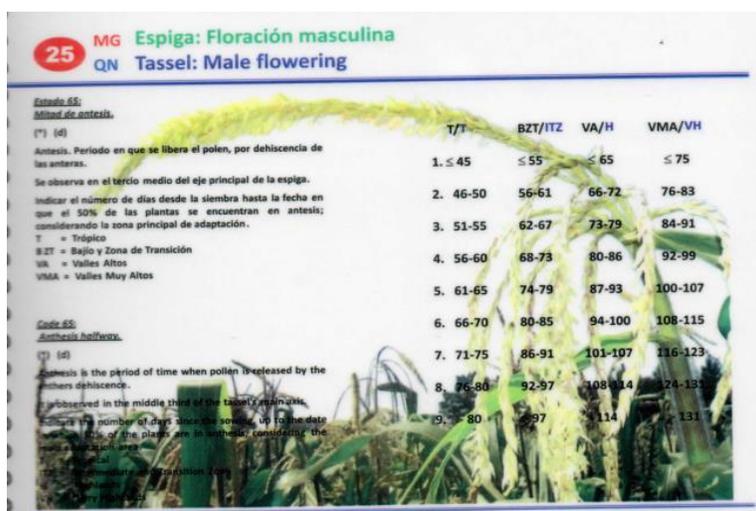


Figura 7. Descriptor para la floración masculina de la planta del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Cuadro 6. Distribución de valores para la floración masculina de la planta del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Caracterización	Porcentaje general del primer bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje de toda la plantación
≤45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46-50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51-55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56-60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
61-65	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
66-70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
71-75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76-80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Se realizaron a los 65 días del crecimiento de la planta.

Espiga: Longitud del pedúnculo



Figura 8. Descriptor para longitud del pedúnculo de la espiga del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Cuadro 7. Distribución de valores para longitud del pedúnculo de la espiga del híbrido Orosi. Cañas, 2018

Caracterización	Porcentaje general del primer bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje de toda la plantación
Muy corta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corta	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Media	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Muy larga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Se realizaron a los 65 días del crecimiento de la planta.

Espiga: Densidad de espiguilla



Figura 9. Descriptor de la densidad de espiguillas de la espiga en el híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Cuadro 8. Distribución de valores para la densidad de espiguillas de la espiga del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Caracterización	Porcentaje general del primer bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje de toda la plantación
Laxa	0.00	0.00	N. D.	0.00	0.00	N. D.	0.00
Media	100.00	100.00	N. D.	100.00	100.00	N. D.	100.00
Densa	0.00	0.00	N. D.	0.00	0.00	N. D.	0.00

*Se realizaron a los 65 días del crecimiento de la planta.

Espiga: Coloración por antocianinas en las glumas

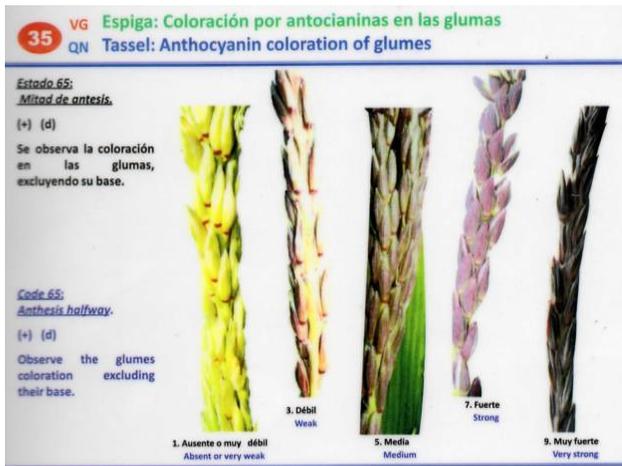


Figura 10. Descriptor para coloración por antocianinas en las glumas de la espiga del híbrido Orosi. Cañas, 2014.

Cuadro 9 Distribución de valores para la coloración por antocianinas en las glumas de la espiga del híbrido Orosi. Cañas, 2014.

Caracterización	Porcentaje general del primer bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje de toda la plantación
Ausente o muy débil	100.00	100.00	N. D.	100.00	100.00	N. D.	100.00
Débil	0.00	0.00	N.D.	0.00	0.00	N.D.	0.00
Media	0.00	0.00	N.D.	0.00	0.00	N.D.	0.00
Fuerte	0.00	0.00	N.D.	0.00	0.00	N.D.	0.00
Muy fuerte	0.00	0.00	N.D.	0.00	0.00	N.D.	0.00

*Se realizaron a los 71 días del crecimiento de la planta.

Jilote: Floración femenina



Figura 11. Descriptor para floración femenina del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Cuadro 10. Distribución de valores para la floración femenina del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Caracterización	Porcentaje general del primer bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje de toda la plantación
≤45	0.00	N. D.	0.00	0.00	N. D.	0.00	0.00
46-4	0.00	N.D.	0.00	0.00	N.D.	0.00	0.00
51-55	0.00	N.D.	0.00	0.00	N.D.	0.00	0.00
56-60	0.00	N.D.	0.00	0.00	N.D.	0.00	0.00
61-65	100.00	N.D.	100.00	100.00	N.D.	100.00	100.00
66-70	0.00	N. D.	0.00	0.00	N. D.	0.00	0.00
71-75	0.00	N.D.	0.00	0.00	N.D.	0.00	0.00
76-80	0.00	N.D.	0.00	0.00	N.D.	0.00	0.00
>80	0.00	N.D.	0.00	0.00	N.D.	0.00	0.00

*Se realizaron a los 65 días del crecimiento de la planta.

Jilote: Coloración por antocianinas en los estigmas

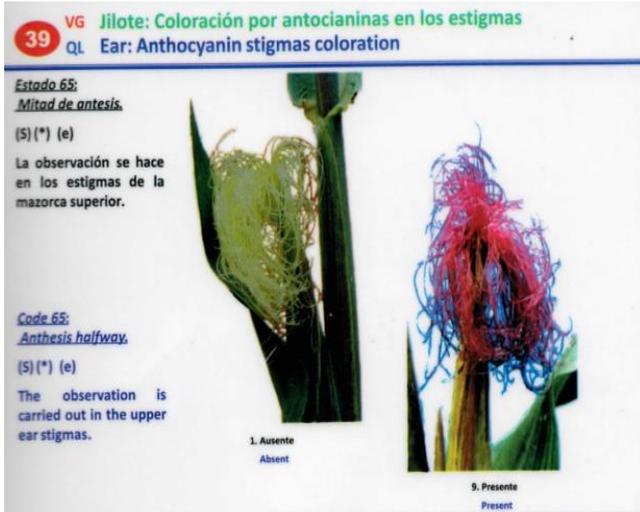


Figura 12. Descriptor para la coloración por antocianinas en los estigmas del híbrido Orosi. Cañas, 2018

Cuadro 11. Distribución de valores para la coloración por antocianinas en los estigmas del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Caracterización	Porcentaje general del primer bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje de toda la plantación
Ausente	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Presente	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Se realizaron a los 71 días del crecimiento de la planta.

Mazorca: Diámetro

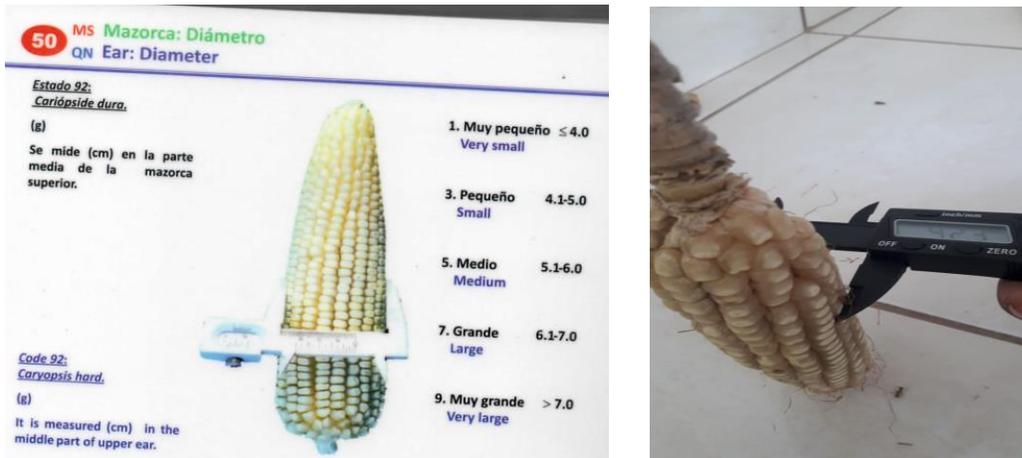


Figura 13. Descriptor para diámetro de la mazorca del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Cuadro 12. Distribución de valores para diámetro de la mazorca del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Caracterización	Porcentaje general del primer bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras
Muy Pequeño ≤ 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pequeño 4.1-5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Media 5.1-6.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grande 6.1-7.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Muy grande > 7.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Se realizaron a los 92 días del crecimiento de la planta.

Mazorca: Forma

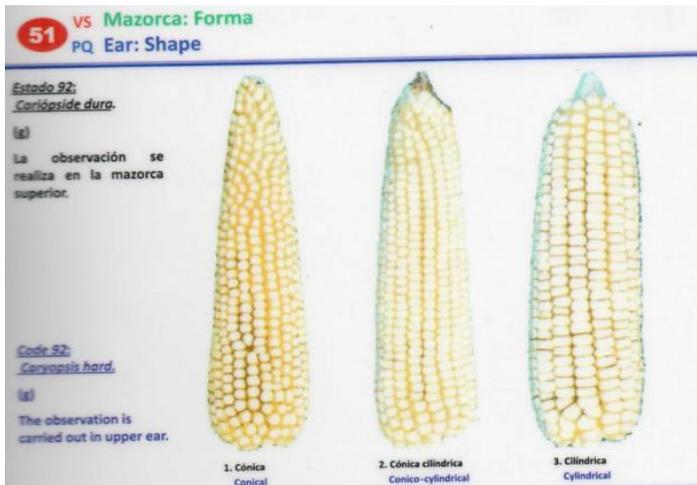


Figura 14. Descriptor para forma de la mazorca del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Cuadro 13. Distribución de valores para forma de la mazorca del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Caracterización	Porcentaje general del primer bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras
Cónica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cónica cilíndrica	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Cilíndrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Se realizaron a los 92 días del crecimiento de la planta.

Mazorca: Tipo de grano



Figura 15. Descriptor para tipo de grano de la mazorca del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Cuadro 14. Distribución para tipo de grano de la mazorca del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Caracterización	Porcentaje general del primer bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras
Cristalino	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Semicristalino	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Intermedio	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Semidentado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dentado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Harinoso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Reventado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dulce	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ceroso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Se realizaron a los 92 días del crecimiento de la planta.

Mazorca: Coloración por antocianinas en las glumas del olote

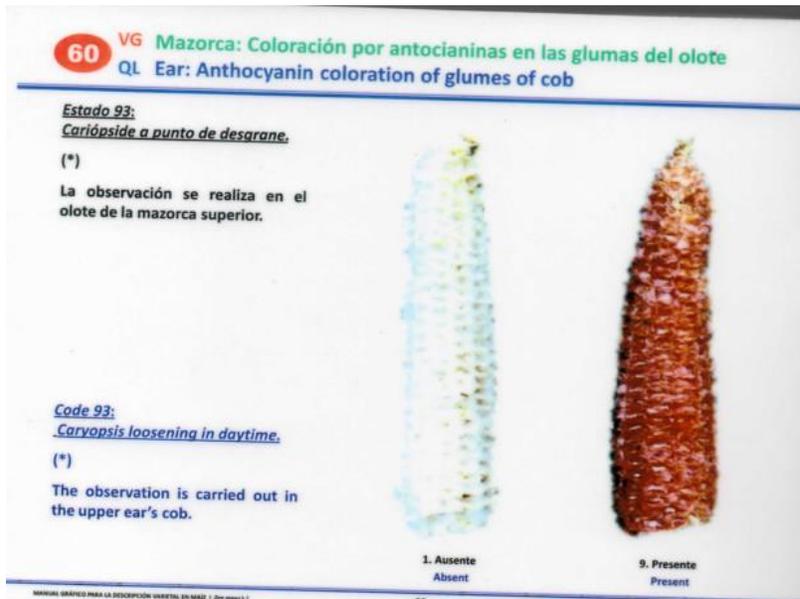


Figura 16. Descriptor para coloración por antocianinas en las glumas del olote del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Cuadro 15. Distribución de valores para coloración por antocianinas en las glumas del olote del híbrido Orosi. Cañas, 2018.

Caracterización	Porcentaje general del primer bloque	Porcentaje en machos	Porcentaj e en hembras	Porcentaje general del segundo bloque	Porcentaje en machos	Porcentaje en hembras
Ausente	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Presente	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Se realizaron a los 92 días del crecimiento de la planta.

Los descriptores indicativos para el híbrido CML500/CML498//CML494, denominado Orosi son:

- **Primera hoja:** longitud, ancho, forma de la punta
- **Hojas:** ángulo de inserción de las hojas debajo de la mazorca superior, ángulo entre la lámina y el tallo
- **Hoja:** Forma característica de la hoja; ondulación del margen laminar de la hoja; coloración de la lámina, de la vaina en las tres primeras hojas de la base del tallo, de la vaina en la hoja de mazorca principal, de la aurícula, pubescencia sobre el margen de la vaina.
- **Tallo:** número de hijuelos por planta, longitud media de entrenudos inferiores, diámetro del tallo, longitud media de entrenudos superiores), grado de zigzagueo.
- **Floración masculina: espiga:** longitud del pedúnculo, longitud del eje principal, ángulo de la espiga, posición de ramas laterales, número de ramas laterales primarias, densidad de espiguilla, coloración por antocianinas en la base de las glumas, cubrimiento por la hoja bandera.
- **Floración femenina:** Jilote, coloración por antocianinas en los estigmas, longitud de ramas laterales.
- **Planta:** longitud de planta, altura de mazorca, relación de altura de la mazorca superior y altura de planta,
- **Mazorca:** diámetro de la mazorca, arreglo de hileras de granos en la mazorca, número de hileras de granos de la mazorca, número de granos por hilera de la mazorca, tipo de grano de la mazorca,
- **Grano:** forma de la corona del grano, color del grano, color dorsal del grano, color del endospermo del grano, coloración por antocianinas en las glumas del olote, intensidad de la coloración por antocianinas en las glumas del olote.

LITERATURA CITADA

- Alimari, A; Abadi, N; Jarrar, S; Salameh, A. 2016. Yield performance and participatory evaluation of introduced improved durum wheat varieties in Palestine. *Agricultural Science, Engineering and Technology Research* 4(1):1-11.
- Abuali, AI; Abdelmulla, AA; Khalafalla, MM; Idris, AE; Osman, AM. 2012. Combining ability and heterosis for yield and yield components in maize (*Zea mays* L.) *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 6(10):36-41.
- Cervantes, P. 2015. Potencial de germoplasma de maíz introducido al altiplano mexicano: valles altos centrales y mixteca alta de Oaxaca. Tesis Mag. Sc. Texcoco, México. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco. 126 p.
- Córdova, HS; Castellanos, S; Barreto, H; Bolaños, J. 2002. Veinticinco años de mejoramiento en los sistemas de maíz en Centroamérica: Logros y Estrategias hacia el 2000. *Agronomía Mesoamericana* 13(1):73-84.
- Cooper, M; Gho, C; Leafgren, R; Tang, T; Messina, C. 2014. Breeding drought-tolerant maize hybrids for the US corn-belt: discovery to product. *Journal of Experimental Botany* 65(21):6191–6204.
- Dordas, C; Gekas, F; Pankou, C; Ninou, E; Mylonas, I; Tsantarmas, K; Sinapidou, E; Lithourgidis, A; Sistanis, I; Petrevska, J; Papadopoulos, I; Zouliamis, P; Kargiotidou, A; Papathanasiou, F; Tokatlidis, I. 2015. Selection of inbred lines and their correspondent hybrids under ultra-spaced and highly dense at normal and water-stress conditions. *Procedia Environmental Sciences* 29:104–105.
- Meseka, S; Menkir, A; Ibrahim, A; Ajala, S. 2013. Genetic analysis of maize inbred lines for tolerance to drought and low nitrogen. *Jonares* 1:29-36.
- Paliwal, RL; Granados, G. 2001. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Roma, Italia. 376 p.
- Papathanasiou, F; Dordas, C; Gekas, F; Pankou, C; Ninou, E; Mylonas, I; Tsantarmas, K; Sistanis, I; Sinapidou, E; Lithourgidis, A; Petrevska, J; Papadopoulos, I; Zouliamis, P; Kargiotidou, A; Tokatlidis, I. 2015. The use of stress tolerance indices for the selection of tolerant inbred lines and their correspondent hybrids under normal and water-stress conditions. *Procedia Environmental Sciences* 29:274–275.
- Reif, JC; Fischer, S; Schrag, TA.; Lamkey, KR.; Klein, D; Dhillon, BS.; Utz, HF.; Melchinger, AE. 2010. Broadening the genetic base of European maize

- heterotic pools with US Cornbelt germplasm using field and molecular marker data. *Theoretical and Applied Genetics* 120:301–310.
- Romay, M; Malvar, R; Campo, L; Álvarez, A; Moreno González, J; Ordás, A.; Revilla, P. 2008. Climatic and Genotypic Effects for Grain Yield in Maize under Stress Conditions. *Crop Science* 50(1):51-58.
- Rotar, CD; Haş, I; Copândeian, A; Haş, VA. 2015. Local populations - Sources of germplasm in maize breeding. *Bulletin USAMV series Agriculture* 72(1):1-5.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2010. Segunda edición. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas y Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México, D.F. 96 p.
- Sayadi, A; Tu, J; Qiu, J; Liu, Z. 2016. Breeding for Drought Tolerance in Maize (*Zea mays* L.). *American Journal of Plant Sciences* 7:1858-1870.
- Sher, H; Iqbal, M; Khan, K; Yasir, M; Rahman, H. 2012. Genetic analysis of maturity and flowering characteristics in maize (*Zea mays* L.). *Asian Pacific Journal Tropical Biomedicine* 2(8):621-626.
- Ulukan, H. 2011. The use of plant genetic resources and biodiversity in classical plant breeding. *Acta Agriculturae Scandinavica B-Soil and Plant Science* 61:97-104.
- Wang, H; Xu, C; Liu, X; Guo, Z; Xu, X; Wang, S; Xie, C; Li, WX; Zou, Ch; Xu, Y. 2017. Development of a multiple-hybrid population for genome-wide association studies: theoretical consideration and genetic mapping of flowering traits in maize. *Science Report* 7(40239).
- Warburton, ML; Reif, JC; Frisch, M; Bohn, M; Bedoya, C; Xia, XC; Crossa, J; Franco, J; Hoisington, D; Pixley, K; Taba, S; Melchinger, AE. 2008 Genetic Diversity in CIMMYT Nontemperate Maize Germplasm: Landraces, Open Pollinated Varieties, and Inbred Lines. *Crop Science* 48:617–624.
- Zhang, X; Lv, L; Lv, C; Guo, B; Xu, R. 2015. Combining ability of different agronomic traits and yield components in hybrid barley. *PLOS ONE* 10(6):1-9.
- Zhang, X; Yong, H; Zhou, Z; Zhang, C; Lu, M; Sun, Q; Zhang, L; Li, M; Zhang, D; Weng, J; Hao, Z; Zhang, S; Wang, Z; Li, X. 2017. Heterosis and combining ability of seven maize germplasm populations. *Euphytica* 213:45.
- Ziyomo, C; Bernardo, R. 2012. Drought Tolerance in Maize: Indirect Selection through Secondary Traits versus Genomewide Selection. *Crop Science* 53(4):1269–1275.