

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Evaluación Fenotípica en Cinco Genotipos de Maíz Utilizando los Descriptores del SNICS

con Fines de Registro

POR:

MARTÍN ALONSO REYES

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Evaluación Fenotípica en Cinco Genotipos de Maíz Utilizando los Descriptores del SNICS

con Fines de Registro

Por:

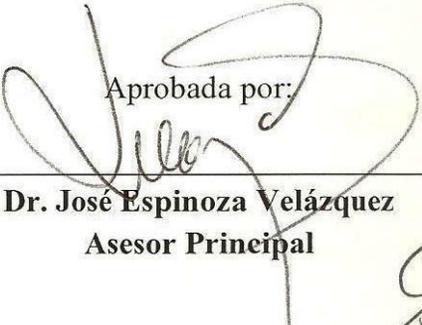
MARTÍN ALONSO REYES

Tesis

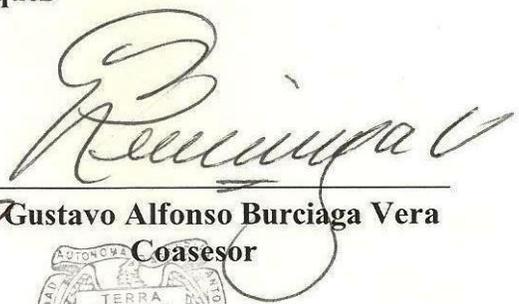
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

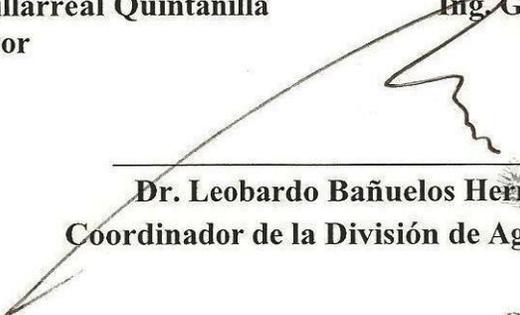
INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada por:


Dr. José Espinoza Velázquez
Asesor Principal


Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla
Coasesor


Ing. Gustavo Alfonso Burciaga Vera
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2011

AGRADECIMIENTOS

Al Señor Todo Poderoso. Por ser el Alfa y la Omega.

A Mi Alma Mater. Por acogerme cinco años de mi vida, y así brindarme la oportunidad de formarme día a día como profesionista y como persona, por haberme permitido obtener los conocimientos necesarios.

Al Dr. José Espinoza Velázquez, por su grata disponibilidad como asesor principal, por instruirme a concluir mis estudios dentro de la Universidad con la realización de esta tesis, por tantos momentos que me dedicó su atención, pero sobre todo por el conocimiento transmitido. Gracias por brindarme además su amistad y buenos consejos.

Al Dr. José Ángel Villarreal y al **Ing. Gustavo Burciaga,** por su buena disponibilidad como parte del comité de asesoría, por sus aportaciones para concluir la presente investigación.

Al Dpto. de Botánica, por instruirme y así lograr un mejor desempeño a lo largo de mi estancia en la “UAAAN”, así como a todos mis profesores quienes hicieron posible mi preparación desde el inicio, y hasta la culminación de mis estudios, gracias por su granito de arena.

A Mis Compañeros de la Generación CIX (2005-2010); Carlos Watterbarger, Jesús Asunción, Víctor Manuel, Gary, Juan, Estrella, Iveth, Alicia, Juana Inés, Adriana, Marely, Laura, Elvira, Luz María y Valeria. Y de una manera especial a Fidel, José, Hermelindo y Ave María. Por compartir tantas experiencias, noches de desvelo, tristezas y alegrías. Gracias por su gran amistad.

A **Mis Compañeros** que me ayudaron con su trabajo así como sus aportaciones para la realización de esta tesis, gracias **Gary y Abigail**.

A **Mis Amigos de la UAAAN**, compañeros de cuarto, de estado, así como un sinnúmero de amistades. Gracias por ser parte de mí.

A **Mis Amigos** que conocí en esta ciudad de Saltillo, a **Daniel Mtz., Deysi y Said Hdz.**, y de manera especial a **Noemí Mtz.**, tus consejos llenos de sabiduría me han hecho crecer como persona. Gracias por su excelente e incondicional amistad, amigos como ustedes pocos.

DEDICATORIA

Antes que nada a **Dios nuestro señor**, por la vida, salud y bendiciones que recibo día a día. Por la oportunidad brindada de adquirir conocimientos. Por conocer su palabra.

“Si vosotros permaneciereis en mi palabra, seréis verdaderamente mis discípulos; conoceréis la verdad, y la verdad os hará libres”. Juan 8:32.

A **Mis Padres**, por ser la guía principal en mi camino, por cuidar de mí con gran amor y buen cariño, por enseñarme a ser una persona de bien. A Mi Padre, **Daniel Alonso Diego**, por sus enseñanzas de la vida, por ser ejemplo del amor al buen trabajo, a la paciencia y perseverancia. A Mi madre **Leticia Reyes Francisco**, por todo el amor que me ha brindado, por sus cuidados y atenciones, por ser lo máspreciado que tengo en la vida.

A **Mis Hermanos, José (†)** aunque no te conocí de alguna forma eres parte de mi historia, **Daniel, Guadalupe, Luis y Ángel**, por ser además de hermanos mis amigos incondicionales, por los momentos llenos de felicidad y de alegría.

Gracias amada familia, sin ustedes no sería lo que ahora soy, gracias por creer en mí. Los amo y los llevo siempre en mi mente y en mi corazón. Siempre estaré para ustedes.

Con Amor A **Mi futura Familia**, que espero algún día se me conceda formar. Cada logro lo hago también pensando en ustedes.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Origen, descripción general, taxonomía y morfología del maíz.....	4
2.2. El maíz dentro de la economía y México como su productor.....	7
2.3.1. Necesidades de nuevas variedades en maíz e importancia de su registro.....	8
2.3.2. La UPOV y el SNICS.....	10
2.3.3. Descripción varietal.....	11
2.3.4. Obtención de nuevas variedades vegetales.....	12
2.3.5. Manual gráfico para la descripción varietal de maíz.....	13
2.4. Medio para publicar registro de nuevas variedades en México.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 Descripción del sitio.....	16
3.2 Clima.....	16
3.3. Suelo.....	16
3.4. Genotipos de maíz utilizados.	17
3.5. Establecimiento de los lotes experimentales.....	17
3.5.1. Preparación del suelo y siembra.....	17
3.5.2. Fertilización.....	18
3.5.3. Control de plagas y malezas.....	18
3.6. Determinación de la toma de datos para los diferentes descriptores.....	18

3.7. Diseño experimental.....	19
3.8. Rendimiento de la mazorca.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
V. CONCLUSIONES.....	40
VI. RESUMEN.....	41
VII. LITERATURA CITADA.....	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
3.1	Genotipos de maíz utilizados en esta caracterización, de acuerdo a su categoría y origen.....	17
4.1	Valores promedio y desviación estándar de los 69 descriptores para AN-ML-S ₄₋₁ (ML).....	22
4.2	Valores promedio y desviación estándar de los 69 descriptores para AN-CS8-400 (CarSco8).....	25
4.3	Valores promedio y desviación estándar de los 69 descriptores para AN-255-18·19. (La 18.19).....	29
4.4	Valores promedio y desviación estándar de los 69 descriptores para la crusa simple (AN255-18·19xAN-ML-S ₄₋₁) representada en el texto como 18.19xML.....	32
4.5	Valores promedio y desviación estándar de los 69 descriptores para la crusa simple (AN-CS8 -401xAN-ML-S ₄₋₁) representada en el texto como (CS8xML).....	34
4.6	Análisis de varianza general para los cinco genotipos. Fuente de variación (FV), grados de libertad (gl), cuadrados medios (CM) y significancia (Sig) para el rendimiento.....	37
4.7	Prueba de medias para el rendimiento de grano en los cinco genotipos de maíz bajo estudio.....	37
4.8	Análisis de varianza separados por líneas e híbridos Factores de variación (FV), grados de libertad (gl), cuadrados medios (CM) y significancia (Sig) para el rendimiento.....	38
4.9	Prueba de medias para el rendimiento de grano, separado por líneas e híbridos.....	38
4.10	Resultados del ANOVA para los cinco genotipos de maíz evaluados, considerando cinco de los 69 descriptores.....	39

I. INTRODUCCIÓN

La producción de maíz (*Zea mays* L.) en México se hace mayoritariamente con variedades criollas las cuales son, por lo general, de bajo rendimiento, la media nacional es de 3.25 t ha⁻¹ en el ciclo primavera-verano y otoño-invierno durante el año 2010, (<http://www.siap.gob.mx>). Unido a esto, existen factores ambientales desfavorables como lo son la escasa o mala distribución pluvial y la presencia de heladas tardías en primavera o tempranas en otoño, ya que algunas de las variedades utilizadas son tardías. Una opción para estas condiciones ambientales, así como incrementar la producción, es utilizar variedades mejoradas adaptadas y disponibles a las condiciones agroclimáticas locales.

Actualmente existen en nuestro país varias empresas e instituciones públicas y privadas que se dedican al estudio del maíz con el fin de generar nuevas variedades. Sólo por mencionar algunas están el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (INIFAP); el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), el Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” (IMM) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), varias compañías mexicanas y las transnacionales Pioneer y Monsanto, entre otras. Todas ellas generan materiales varietales que pueden servir a los agricultores maiceros del país. Las empresas comerciales son las que de manera regular comercializan una serie de híbridos, principalmente para las regiones de agricultura de riego o de muy buen temporal; las transnacionales son las que en la actualidad proponen materiales transgénicos de maíz. Sin embargo, el uso de estos no está autorizado oficialmente por nuestro país.

Cabe mencionar que una vez obtenida una nueva variedad, es de importancia establecer su identificación, en la que se describe su homogeneidad, estabilidad y diferencia con respecto a las demás variedades ya establecidas. Además, es requisito que cumplan o posean una alta calidad genética, fisiológica, física y fitosanitaria. Una vez comprobadas estas características, y después del trámite pertinente, se le asigna el registro con reconocimiento nacional, otorgado por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Este registro es de importancia, ya que protege la propiedad intelectual y las grandes inversiones para el desarrollo de nuevas variedades por parte del obtentor, así como la correcta elección varietal para el éxito de una buena producción por parte del agricultor (González, 2001).

Bajo este contexto, es justificable que en la UAAAN se promueva continuamente la investigación sobre varios materiales de maíz, orientados a generar nuevas variedades y, en su momento, tramitar y obtener el registro de aquellos ante el SNICS. Tal es el caso que se presenta en este documento de tesis, donde se reportan los trabajos experimentales necesarios para obtener la información requerida de utilidad en el registro de una nueva línea endogámica y una de sus derivados: una nueva cruza simple (híbrido simple). A la par, y por así requerirse experimentalmente, se presenta información de otras dos líneas endogámicas y una cruza simple, las cuales ya han sido colocadas ante el SNICS en otros trámites de registro varietal del IMM-UAAAN. La caracterización detallada que se presenta para todos los materiales está orientada a servir de base para el probable registro de los dos nuevos materiales aquí citados.

Objetivo general

Obtener los descriptores varietales de cinco genotipos de maíz, generados por el Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que sirvan de base para su posible registro ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

Objetivos específicos

1. Especificar las características de tres materiales progenitores y sus dos híbridos cruza simple.
2. Determinar la homogeneidad de los genotipos estudiados mediante la descripción varietal cualitativa y cuantitativamente.

Hipótesis

Al menos un descriptor evaluado para la nueva línea y su cruza derivada será diferente al compararse con el otro progenitor, por lo que podrá ser identificada como un material con características únicas, estable y homogéneo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen, descripción general, taxonomía y morfología del maíz

El maíz es uno de los tres granos básicos que alimentan a la humanidad, tuvo su origen y diversificación inicial en las montañas y valles de México, y fue por medio de la intervención de los antiguos pobladores de este territorio en un proceso co-evolutivo que condujo a la formación de una de las plantas cultivadas de mayor diversidad genética, cuya riqueza aún se mantiene en este país (Kato *et al.*, 2009).

El maíz es considerado como una de las primeras plantas cultivadas por los primeros agricultores, originada hace 7000 a 10 000 años (Piperno y Flannery, 2001); en cuanto al lugar geográfico de origen se propone que el maíz tomó lugar en algunas regiones de México, lo cual está apoyado por varios investigadores debido al hallazgo de polen fósil y de mazorcas de maíz estimadas en más de 5000 años de antigüedad en cuevas en zonas arqueológicas del país, además de que en este mismo lugar el maíz (*Zea mays ssp. mays*) y el teosinte (*Z. mays ssp. parviglumis*) han coexistido desde la antigüedad presentando ambas especies una diversidad muy amplia (Doebley, 1990; Doebley y Stec, 1993).

La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo. Habiéndose originado y evolucionado en la zona tropical como una planta de excelentes rendimientos; en la actualidad esta gramínea es cultivada hasta los 58° de latitud norte en Canadá y en Rusia y hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile.

El maíz es clasificado en dos tipos distintos dependiendo de la latitud y del ambiente en el que se cultiva. El maíz cultivado en los ambientes más cálidos, entre la línea

ecuatorial y los 30° de latitud sur y los 30° de latitud norte es conocido como maíz tropical, mientras que aquel que se cultiva en climas más fríos, más allá de los 34° de latitud sur y norte es llamado maíz de zona templada. La mayor parte del maíz es cultivado a altitudes medias, pero se cultiva también por debajo del nivel del mar y hasta los 3 800 msnm en la cordillera de los Andes (Paliwal *et al.*, 2001).

El género *Zea* pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeae, que comprende más de 600 géneros, siendo *Zea mays* L. la única especie cultivada de este género (Rzedowski, 2001).

Una característica fisiológica particular del maíz, al igual que en la caña de azúcar y el sorgo, que favorece su adaptación a zonas tropicales en donde en ocasiones la evapotranspiración es alta, es la estructura anatómica de sus hojas, en ellas existen dos tipos de células (epidérmicas y estomáticas) con diferente organización bioquímica y estructural, que durante el proceso fotosintético les permite fijar el CO₂ en diferentes compuestos intermediarios que contienen cuatro átomos de carbono, con un gasto menor de energía y menor pérdida de agua en la evapotranspiración, por esta característica se les denomina plantas C4. El resultado final es una mayor eficiencia fotosintética neta, al lograr la síntesis de la hexosa más rápidamente por unidad de superficie de hoja. (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

La planta de maíz tiene un sistema radical fibroso que las conforma un grupo de raíces adventicias que se desarrolla a partir de cada nudo sucesivo hasta llegar a entre siete y diez nudos, todos debajo de la superficie del suelo, esta red espesa de raíces fibrosas es el principal sistema de fijación de la planta y la absorción de agua y nutrimentos. Algunas

raíces adventicias o raíces de anclaje emergen a dos o tres nudos por encima de la superficie del suelo siendo la principal función de estas raíces mantener la planta erecta y evitar su vuelco en condiciones normales, aunque se piensa que también colaboran con la absorción agua y nutrimentos (Feldman, 1994, Citado por Paliwal *et al.*, 2001).

El tallo consiste de cuatro estructuras básicas: los entrenudos, las hojas, el perfilo y la yema o meristemo apical, que colectivamente son conocidas como el fitómero. El número de fitómeros producidos, así como el tamaño de cada uno durante la fase vegetativa del desarrollo es regulado tanto por factores genéticos como ambientales (Poething, 1994).

El maíz es una planta monoica; desarrolla inflorescencias con flores de un solo sexo las que crecen siempre en lugares separados de la planta. La inflorescencia femenina o mazorca representa la parte de la planta que almacena reservas, puede formar de 400 a 1000 granos arreglados en promedio de ocho a 24 hileras por mazorca; todo esto encerrado en brácteas o vainas de las hojas (conocido en México como “totomoxtle”). La mazorca crece a partir de las yemas apicales en las axilas de las hojas en la mitad superior de la planta principalmente (Kato *et al.*, 2009).

El desarrollo de la panoja o inflorescencia masculina precede al de la mazorca y después que todos los primordios foliares se han iniciado, el punto de crecimiento apical en el extremo superior de la planta se elonga y se transforma en un meristemo reproductivo masculino que se transformará a su vez en la panoja. Es una estructura ramificada que está formada por una espiga central; el número de ramificaciones laterales varía considerablemente y una espiga puede llegar a tener hasta 30 o 40 espiguillas, las que producen abundantes granos de polen (Paliwal *et al.*, 2001).

En la mazorca, cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósipide (cariopsis) que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca. Como cualquier otro cereal, las estructuras que constituyen el grano del maíz (pericarpio, endospermo y embrión) le confieren propiedades físicas y químicas como lo son color, textura y tamaño, que han sido importantes en la selección del grano como alimento (Kato *et al.*, 2009).

2.2. El maíz dentro de la economía y México como su productor

El maíz es el cereal que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y en los inicios del XXI. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. Además es el único cereal que puede ser usado como alimento en distintas etapas del desarrollo de la planta. (Serratos, 2009).

El maíz se cultiva en más de 140 millones de hectáreas alrededor del mundo, con una producción anual de más de 580 millones de toneladas métricas. El maíz tropical se cultiva en 66 países y es de importancia económica en 61 de ellos. En México abarca la mitad del total de la superficie destinada a los demás cultivos juntos, 7.4 millones de hectáreas para el 2007. Para el 2008 México alcanzó una producción de 37 481,648 toneladas de granos básicos, de los cuales el maíz fue el cultivo más importante debido a que aportó el 65.1% (SAGARPA, 2009). En el 2009 se sembraron 8 069.4 millones de hectáreas en las cuales se obtuvieron 23 301,878 toneladas de producción, en este mismo

año se importaron 9 145.987 toneladas, lo que ha significado un gasto promedio de 1,055 millones de dólares desde el año 2000 a 2009 en estas importaciones (SAGARPA, 2010). Lo anterior demuestra que en nuestro país existe déficit de producción de maíz para satisfacer el consumo interno, por lo que es necesaria la búsqueda de mejoramientos de producción en esta gramínea así como en algunos otros cultivos de consumo básico en México.

2.3.1. Necesidades de nuevas variedades en maíz e importancia de su registro

La demanda de maíz en el mundo en desarrollo se duplicará, desde ahora y hasta el año 2050, y para 2025 este cereal se habrá convertido en el cultivo con la mayor producción no sólo en países en desarrollo, sino también a nivel mundial. No obstante, la producción estará muy lejos de satisfacer la demanda de maíz si se mantienen los niveles actuales de productividad. A menos que se tomen medidas enérgicas para aumentar los rendimientos con mayor rapidez, La humanidad enfrenta enormes problemas relacionados con la seguridad alimentaria y la degradación del medio ambiente, que empeorarán si no se toman las medidas necesarias (CIMMYT, 2010).

Estos indicadores hacen que el maíz sea un cultivo que debe ser debidamente explotado a fin de alimentar la creciente población mundial; mayores incrementos de producción de alimentos humanos y animales deben provenir de los cereales gruesos, incluyendo el maíz, los cuales tienen ventajas comparativas en ambientes desfavorables. El maíz no ha alcanzado aún el límite de difusión en los ambientes productivos y es el momento oportuno para aprovechar su alto potencial de producción en los trópicos (Paliwal *et al.*, 2001).

Estos aspectos son importantes, ya que la presión de la limitación de las tierras aumenta y son necesarios modelos de producción que produzcan más alimentos para una población que crece continuamente. En este marco de necesidades, el desarrollo de nuevas variedades sigue siendo una buena opción para aumentar el rendimiento de producción, adaptando las variedades según las características de las zonas a sembrar.

La correcta identificación del material vegetal es una cuestión de importancia creciente en la moderna producción agrícola. Por una parte, las importantes inversiones necesarias para el desarrollo de nuevas variedades impulsan a los obtentores a disponer de métodos que dificulten la comercialización no autorizada de su material. Por otra, desde el lado del agricultor, es importante asegurarse de que la variedad adquirida es la deseada, dada la importancia de una correcta elección varietal para el éxito de una plantación comercial y/o lote de producción. También es necesario tipificar genéticamente algunas variedades tradicionales, muy variables, para responder a la necesidad de estandarización que impone el mercado (González, 2001).

El descriptor varietal, dentro del comercio y producción de semillas, es tomado como una propiedad de las variedades nuevas que muestra la innovación del fitomejorador, con el propósito de ser diferente a las demás, para esta ser utilizado como material de explotación comercial. De aquí que la descripción varietal sea considerada como una fotografía por escrito de las características fenotípicas a observar con mayor expresión en ciertas etapas de desarrollo de la planta.

La propiedad Intelectual en las variedades vegetales se debe proteger, ya que estas variedades mejoradas son el resultado de la investigación agrícola, que requiere invertir

grandes recursos. Para apoyar la investigación y la transferencia de tecnología, en México existe la Ley Federal de Variedades Vegetales, la cual protege los registros y control de variedades a favor de quien logra una nueva variedad. Para ello las variedades deben ser diferentes, homogéneas y estables, además de poseer una denominación que la identifique claramente, (<http://snics.sagarpa.gob.mx/Paginas/Inicio-SNICS.aspx>).

2.3.2. La UPOV y el SNICS

La Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) es una organización intergubernamental con sede en Ginebra (Suiza), que junto con el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) en México, se encargan del registro y protección de las nuevas variedades de vegetales obtenidas.

La UPOV fue creada por el Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. Su sistema de protección de variedades vegetales surgió con la adopción del Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales por una Conferencia Diplomática, el 2 de diciembre de 1961, en París. El Convenio fue adoptado en ese año, y fue revisado en 1972, 1978 y 1991. El objetivo del Convenio es la protección de las obtenciones vegetales por un derecho de propiedad intelectual.

La misión de la UPOV es Proporcionar y fomentar un sistema eficaz para la protección de las variedades vegetales, con miras al desarrollo de nuevas variedades vegetales para beneficio de la sociedad. (http://www.upov.int/index_es.html).

En México, el SNICS es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), encargado de normar y

vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales en materia de semillas y variedades vegetales. Son tres sus actividades principales:

- Verificar y certificar el origen y la calidad de las semillas
- Proteger legalmente los derechos de quien obtiene nuevas variedades de plantas, a través de un derecho de obtentor.
- Coordinar acciones en materia de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura.

La certificación consiste en verificar e inspeccionar las semillas para siembra, desde su origen, durante su proceso de producción en campo, beneficio y acondicionamiento, hasta su almacenamiento y comercialización, conforme estrictas normas de calidad establecidas. Sólo las semillas que cubren los requisitos de alta calidad genética, fisiológica, física y fitosanitaria son certificadas por el SNICS. (<http://snics.sagarpa.gob.mx/Paginas/Inicio-SNICS.aspx>).

2.3.3. Descripción varietal

La descripción Varietal es un conjunto de observaciones que permiten distinguir a una población de plantas que constituye una variedad o la descripción de las variación que existe en una colección de germoplasma en términos de características morfológicas y fenológicas que son heredables en alto grado; es decir características cuya expresión es poco influenciada por el ambiente (SNICS, 2004). Por esta razón, para la caracterización de un material vegetal es preciso disponer de información descriptiva que permita conocer todas sus características esenciales para su identificación.

Los objetivos de la descripción varietal son controlar la pureza genética y física de cada variedad e infundir credibilidad en el comercio de semillas. Esta descripción debe ser realizada con mucha precisión para evitar confusiones o inseguridad en las personas involucradas en la producción de semillas como las responsables de supervisar y controlar su pureza, ya que una mayor o menor uniformidad y adaptación de los genotipos descritos influirán en la utilización final (Madriz y Luciani, 2002).

2.3.4. Obtención de nuevas variedades vegetales

Las nuevas variedades deben presentar una mejor calidad con el fin de incrementar su valor, la misma producción y capacidad de los cultivos al explotarlos comercialmente, sin afectar la diversidad y erosión genética a través del uso racional de los recursos genéticos por parte de los mejoradores de plantas, dando un factor decisivo para aumentar los ingresos del medio rural y propiciar el desarrollo económico general. Asimismo, crear programas de fitomejoramiento para ciertas especies en vías de extinción y eliminar la amenaza que se impone sobre algunas especies silvestres como sucede con las plantas medicinales (Cubero, 2003).

La obtención de nuevas variedades vegetales es tan complicada que requiere de una inversión considerable en mano de obra, recursos materiales, dinero y tiempo, (OMPI, 2006). Esto, es un difícil desafío ya que el obtentor deberá examinar muchas plantas en estaciones distintas y en diferentes condiciones. Una vez identificados sus caracteres deseables es necesario fijar su estructura genética para que pueda multiplicarse dando origen a una variedad cuyos individuos se comporten de la manera deseada. Así es como la obtención de una variedad vegetal se lleva a cabo durante muchos años (UPOV, 1991).

2.3.5. Manual gráfico para la descripción varietal de maíz

En una tarea compartida, el SNICS y el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas publicaron el Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz (Carballo y Benítez, 2003). En él se detallan e ilustran 69 descriptores y fue realizado con la intención de facilitar y armonizar la caracterización de las variedades, para las que se solicita la protección de los derechos del obtentor, o bien, cuya semilla se pretenda certificar. Considerando que ambos procesos son dinámicos y su interacción con el documento, permitirán la retroalimentación y actualización permanente del manual (Turrubiartes, 2011).

2.4. Medio para publicar registro de nuevas variedades en México

La Revista Fitotecnia Mexicana, fundada en 1971 por la SOCIEDAD MEXICANA DE FITOGENÉTICA, A. C. (SOMEFI), es una de las principales revistas científicas de nuestro país en la que se promueve y difunde los resultados de la investigación científica en temas de genotecnia vegetal, incluyendo el del registro de nuevas variedades vegetales.

Esta revista ha publicado numerosas registros de nuevas variedades; como ejemplos recientes en este tema se tiene a las publicaciones del H-443A, híbrido de maíz de grano amarillo para el noreste de México (Reyes *et al.*, 2009) y el ‘V-55 A’, variedad de maíz de grano amarillo para los valles altos de México (Espinosa *et al.*, 2011). En ambos casos de obtención de nuevas variedades, el esquema de la información para su publicación es muy similar, planteando así, datos sobre la superficie cultivada en nuestro país y el área para el cual está destinada la nueva variedad, el área o áreas donde fueron estudiadas las nuevas variedades, así como los factores biológicos que afectan la producción en dicha zona; en los

artículos se argumenta después el beneficio de sembrar la nueva variedad, mencionando las características benéficas de dicha variedad como forma de contrarrestar los factores que afectan la productividad. Se menciona también las propiedades nutricionales de los granos de maíz en las nuevas variedades. Posteriormente se hace mención de las características varietales, en cada caso; para la variedad V-55 A las características distintivas fueron; el número de macollos, la altura total de la planta, longitud de la mazorca, forma de la espiga, longitud de las ramas laterales, color de la hoja de la mazorca principal y el diámetro medio del tallo. Cabe mencionar que a diferencia de la variedad V-55, en la publicación del híbrido H-443A se le dio más importancia a especificar la metodología para la obtención de la nueva variedad, así como mencionar las características varietales desde sus progenitores, las cuales fueron: altura total de la planta, ángulo y color de las hojas superiores, forma de la espiga, color de los estigmas, cobertura, forma, longitud y número de hileras de la mazorca así como el color y su textura y finalmente la época de floración masculina y femenina. En la descripción de la nueva variedad (híbrido H-443) se aluden los mismos descriptores que se mencionaron para sus progenitores, incluyendo el número de hojas que conforman las brácteas o “totomoxtle”.

Otros aspectos que se mencionan en la publicación de estos nuevos materiales se refieren al rendimiento promedio de grano, cualidades sobre resistencia a alguna plaga o enfermedad, el ciclo principal de producción, la institución que creó la variedad, el año de registro ante el SNICS, así como la indicación de dónde adquirir semillas de estas nuevas variedades.

Otros ejemplos de registro de cereales publicados recientemente en la Revista Fitotecnia Mexicana corresponden a variedades de trigo, aludidas como sigue: ‘NAVOJOA

M2007', variedad de trigo harinero para el noroeste de México (Valenzuela, 2011) y 'ROELFS F2007', nueva variedad de trigo harinero para el noroeste de México (Figuroa, 2011). La publicación de estas dos nuevas variedades comienzan ambas tomando en cuenta información de datos sobre la producción de trigo en México, y específicamente la producción del área en la que se pretende destinar las variedades registradas, presentando a continuación la problemática que enfrentan actualmente la producción de este cereal en cuanto a rendimiento y susceptibilidad a plagas y enfermedades. Como en los artículos relativos a las nuevas variedades del maíz, estos dos sobre trigo presentan los rasgos sobresalientes de las nuevas variedades.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del sitio

La presente investigación se llevó a cabo en el campo experimental de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, en el bajío de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada en los 25° 21′ 20″ de latitud norte y 101° 02′ 21″ de longitud oeste y a una altitud media sobre el nivel del mar de 1742 m (<http://earth.google.com>).

3.2 Clima

La temperatura media anual de la región fluctúa entre 12 y 18 °C. Sin embargo, los meses más cálidos son junio, julio y agosto con temperaturas que alcanzan hasta los 37 °C, mientras que en los meses de enero y diciembre se registran las temperaturas más bajas de hasta -10.4 °C, presentándose heladas regulares en el periodo que comprende los meses de octubre a abril. La precipitación pluvial media anual es de 490 mm, siendo los meses más lluviosos julio, agosto y septiembre; en la época de invierno las lluvias que se presentan son moderadas. Los vientos prevalecientes tienen una dirección de noreste con una velocidad de 22.5 km/ hr. (García, 1975).

3.3. Suelo

En el área de estudio, los suelos son relativamente homogéneos debido a la escasa variación litológica de la localidad y por su topografía casi uniforme, la mayor parte del material son provenientes de la Sierran Zapaliname que está conformada principalmente por rocas calizas y de areniscas. Son suelos Xerosolos Háplicos claro-rojizo de textura arcillosa y con espesor mayor de un metro, asociados con suelos oscuros y profundos de

textura similar a los anteriores, denominados como Feozem calcáreo de textura arcillosa (Gonzales 1999).

3.4. Genotipos de maíz utilizados.

Cuadro 3.1. Genotipos de maíz utilizados en esta caracterización, de acuerdo a su categoría y origen.

Material	Categoría	Origen	Ciclo
AN-ML-S ₄₋₁	Línea endogámica, clásica	UAAAN - 2008	Primavera-Verano
AN-CS8-400	Línea endogámica, nueva	UAAAN - 2008	Primavera-Verano
AN-255-18-19	Línea endogámica, clásica	UAAAN - 2008	Primavera-Verano
C S (AN255-18-19xAN-ML-S ₄₋₁)	Cruza simple, clásica	UAAAN - 2008	Primavera-Verano
C S (AN-CS8 -401xAN-ML-S ₄₋₁)	Cruza simple, nueva	UAAAN - 2008	Primavera-Verano

3.5. Establecimiento de los lotes experimentales

3.5.1. Preparación del suelo y siembra

La preparación del suelo fue con un paso de arado y dos de rastra a 80 cm entre surcos y orientados de sur a norte, utilizando maquinaria.

La siembra de los diferentes genotipos de maíz se realizó el día siete de junio del año 2009, la siembra fue de forma manual depositando un grano por golpe a una distancia de 22 cm entre planta y planta aproximadamente, y a una profundidad de cinco cm cubriendo con sistema tapa pie. La siembra se realizó en dos repeticiones para cada uno de los cinco genotipos, resultando por repetición nueve surcos en las cruzas y cuatro en las líneas, con longitudes de nueve mts para las cruzas 18-19xML y CarSco8xML y de 5 mts para las líneas ML, 18-19 y CarSco8.

3.5.2. Fertilización

La aplicación de nutrientes químicos fue en dos etapas, la primera fue la aplicación a la siembra siendo la fórmula de 100-80-00 (MAP), la segunda etapa fue la aplicación al cultivo la cual fue a 40 días posteriores a la siembra siendo la fórmula 60-00-00 (sulfato de amonio), dando como resultados un total de 180-60-00 de unidades de N-P-K en el ciclo. Después de la primera fertilización se realizó la instalación de la cintilla para el posterior riego por goteo.

3.5.3. Control de plagas y malezas

El combate de plagas se realizó con insecticidas químicos y fue principalmente para las plagas del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) la cual ataca la parte aérea de la planta, y para el gusano de la raíz (*Diabrotica virgifera* Le Conte). La primera aplicación fue a la siembra, llevándose a cabo tres aplicaciones posteriores durante el ciclo del cultivo.

El control de malezas fue inicialmente con una aplicación de herbicidas pre-emergentes y posteriormente de forma mecánica.

3.6. Determinación de la toma de datos para los diferentes descriptores

Las variables incluidas en este estudio, se tomaron siguiendo los 69 descriptores del manual gráfico para la descripción varietal de maíz (Carballo y Benítez), que publicó en el 2003 el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) en conjunto con el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Siguiendo las indicaciones en términos iguales para la toma de variables, las primeras cinco variables se toman en estado de plántula, siendo a los cinco días posteriores a la germinación, el segundo grupo de variables corresponde al estado de planta joven, siendo este estado previo a la floración las cuales comprenden de la variable 6 a la 22; el siguiente grupo de variables corresponde al estado de manifestación de las estructuras reproductoras de la especie siendo las variables de la 23 a la 49 y el último grupo de variables se toman al estado correspondiente de reproducción siendo estas las últimas variables de la 50 a la 69, cabe mencionar que estos cuatro estados coinciden con algunas de las etapas fenológicas del cultivo.

Actualmente los 69 descriptores del manual gráfico han sido modificados y actualizados por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2009), la cual ha formado el concepto de caracteres de agrupamiento, que se define como aquellos en los que los niveles de expresión documentados, aun cuando hayan sido registrados en distintos lugares, pueden utilizarse, individualmente o en combinación con otros caracteres similares: a) para seleccionar las variedades notoriamente conocidas que puedan ser excluidas del ensayo en cultivo utilizado para el examen de la distinción; y b) para organizar el ensayo en cultivo de manera tal que variedades similares queden agrupadas conjuntamente (UPOV, 2009). Por lo cual el número de descriptores ha disminuido de 69 a 41, siendo reagrupados del anterior manual gráfico.

3.7. Diseño experimental

El diseño aplicado en este experimento fue completamente al azar con dos repeticiones, el plan incluyó un análisis de datos acorde a este diseño el cual fue *pro* anova, y en donde procede se utilizó la prueba de medias vía Tukey ($\alpha = 0.05$).

3.8. Rendimiento de la mazorca

Rendimiento de mazorca al 15.5% de humedad (REND): Valor que se obtiene de multiplicar el valor de peso seco por un factor de conversión, las fórmulas para estimar cada uno se describen a continuación:

El peso seco (PS) fue estimado multiplicando el porcentaje de grano seco por el peso de campo (PC).

$$PS = \{(H - 100) / 100\} \times PC$$

El factor de conversión (FC) fue calculado de la siguiente manera:

$$FC = 10000 / (APU \times 0.845 \times 1000)$$

donde:

APU=Área de parcela útil, determinado por la distancia entre surcos por la distancia entre plantas y por el número de plantas por parcela; 0.845=Constante para obtener el rendimiento al 15.5 % de humedad; 1000=Coefficiente para obtener el rendimiento en ha⁻¹; 10,000=Superficie de una hectárea en m². (Sámano, 2007).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los 69 descriptores del manual gráfico para la descripción varietal de maíz (SNICS-COLPOS; 2003) para cada uno de los cinco genotipos se presentan en los Cuadros 4.1 al 4.5.

La interpretación general de los resultados se hace para mayor claridad agrupando los descriptores en cuatro estados o etapas fenológicas como se señaló en el capítulo de Materiales y Métodos. Con fines prácticos y en base a literatura revisada en estudios similares (Reyes *et al.*, 2009; Espinosa *et al.*, 2011) se mencionarán los descriptores más sobresalientes de cada estado. En la primera etapa, que se refiere al estado de plántula, se describe y discute a los cinco descriptores; para el estado de planta joven se eligieron los descriptores 8, 12, 18, 21 y 22; en el caso de etapa de estructuras reproductivas se aborda a través de los descriptores 23, 25, 30, 32, 34, 43, 44 y 48; y finalmente, para la etapa el estado de reproducción se eligieron los descriptores 52, 53, 56, 57, 65, 66, 67, 68 y 69.

En estado de plántula, los cinco descriptores describen características de la primera hoja. El primero de ellos se refiere a pigmentación de la vaina por antocianinas en la cual, con excepción de la línea CarSco8, todos los materiales presentaron algún nivel de color, resultando el de mayor intensidad la línea ML. De las cruzas simples, como era de esperarse, la más pigmentada fue 18.19xML (Cuadro 4.4) ya que los dos progenitores presentaron algún nivel de color, en contraposición con la cruza CarSco8xML, que exhibe una coloración tenue ya que sólo la línea que funge como macho es la que exhibe pigmentación. El segundo descriptor corresponde a la medida de longitud de la hoja, y en donde las líneas CarSco8 y 18.19 presentaron hoja de tamaño mediano, mientras que ML

presentó hoja muy larga, al igual que las dos cruza, lo cual parece razonable ya que ML es el padre de ambas. El ancho de la primera hoja en su parte media es el tercer descriptor, y el cual presentó valores medianos fluctuando de 1.0 a 1.7 cm, los más angostos correspondieron a ML y CarSco8; de nueva cuenta, los híbridos reflejaron una medida promedio al de los valores de sus progenitores.

El cuarto descriptor se determina por los datos de los dos descriptores anteriores a través de la relación largo/ancho de la hoja. Los resultados indicaron que los materiales CarSco8, 18·19 y 18·19xML presentaron una relación pequeña, es decir, la primera hoja es medianamente larga y más ancha que angosta, mientras que en los otros dos materiales la relación es mediana, es decir, la hoja es notablemente más larga que ancha. Posteriormente se evaluó la forma de la punta (quinto descriptor) en donde ML fue de punta obtusa, la 18·19 fue punta redonda y CarSco8 fue de obtusa a redonda. Lo cual es un buen indicador para determinar la forma de la punta de las cruza simples, a saber: punta obtusa x punta redonda = progenie de punta obtusa-redonda, condición que se cumplió a la luz de los datos obtenidos (Cuadros 4.1 al 4.5). Como puede observarse, la nueva línea CarSco8 es notablemente distintiva a nivel de plántula – primera hoja, en comparación con las otras dos líneas previamente conocidas; lo mismo puede decirse de la cruza simple donde la madre es esta línea.

Cuadro 4.1. Valores promedio y desviación estándar de los 69 descriptores para AN-ML-S₄₋₁ (ML).

Descriptores de la Línea endogámica de maíz “ML”							
Des.	Característica	Nivel	\bar{X}_1	$\pm DS_1$	\bar{X}_2	$\pm DS_2$	Cal.
1	Color vaina primera hoja	Débil	2.0	1.2	2.3	1.0	3
2	Longitud 1ª hoja	Muy larga (>5.6 cm)	6.5	1.0	6.4	0.9	9
3	Ancho 1ª	Mediana (1.0-1.3 cm)	1.3	0.2	1.2	0.1	3
4	Relación largo / ancho primera hoja	Mediana (5.0)	5.2	1.0	5.2	1.0	9
5	Forma de la punta primera hoja	Obtusa	2.8	0.8	3.0	0.7	3

6	Ángulo entre hoja y tallo, mazorca principal	Medio	5.3	1.1	5.1	1.0	5
7	Orientación de la lámina foliar	Ligeramente curvada	3.8	1.3	3.8	1.1	3
8	Ángulo de inserción hojas superiores	Erecta (0-30°)	27.3	3.0	27.5	2.6	1
9	Ángulo de inserción hojas inferiores	Erecta (0-30°)	26	3.1	27.3	2.6	1
10	Ondulación del margen laminar	Fuertemente ondulado	2.8	0.4	2.8	0.4	3
11	Arrugas longitudinales en hojas mazorca	Ocasionalmente presentes	1.9	0.3	1.9	0.3	2
12	Color de la lámina de hoja	Verde medio (normal)	1.9	0.4	2	0.5	2
13	Color vaina hoja mazorca	Verde limón	1	0	1	0	1
14	Color vaina hojas base del tallo	Roja	6	0	6	0	6
15	Color de la aurícula hoja mazorca	Verde pálido	2	0	2	0	2
16	Pubescencia borde de la vaina, hoja en mazorca	Ausente o muy escasa	1	0	1	0	1
17	Grado de zigzagueo, tallo-planta	Ausente o muy ligero	1	0	1	0	1
18	Número de macollos por planta	Ausente	1	0	1.1	0.3	1
19	Coloración de nódulos	Tenue	3.6	0.9	4.3	1.0	3
20	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Ausente o muy tenue	N P	0	N P	0	
21	Longitud media de entrenudos superiores	Corta (6-8 cm)	8.8	1.0	8.3	1.4	3
22	Longitud media de entrenudos inferiores	Corta (6-8 cm)	4.6	1.5	5.1	1.2	3
23	Diámetro medio de la parte media del tallo de la inserción de la mazorca principal	Mediano (16-20 mm)	18.6	1.1	18.5	1.6	3
24	Cubrimiento de panoja por espiga	Leve	2.2	0.4	2.0	0.6	2
25	Época de antesis en el 50% de las plantas	Intermedia (90 días)	12	0	12	0	5
26	Coloración de la base de las glumas (espiga)	Tenue	2	0	2.0	0.2	2
27	Coloración de las glumas	Ausente o muy tenue	1.5	0.9	1.7	1.0	1
28	Coloración de anteras	Débil	2.7	0.9	2.6	0.8	3
29	Densidad de espiguillas	Denso	6.9	0.4	7	0	7
30	Forma de la espiga	Compacta (21-40°)	26.9	3.3	25	2.8	3
31	Posición de ramas laterales en las espigas	Rectilíneas	1	0	1	0	1
32	Número de ramas laterales en la espiga	Alto (11-17)	13.3	3.2	12.2	2.6	5
33	Ramas secundarias en la espiga	Ocasionalmente presentes	2.6	0.8	2.0	0.9	2
34	Emergencia de los estigmas	Intermedia (92 días)	5	0	5	0	5
35	Coloración de estigmas	Ausente	1	0	1	0	1
36	Intensidad de color estigmas	Ausente o muy tenue	1	0	1	0	1
37	Coloración de la base de estigmas	Verde claro	2	0	1.9	0.25	2
38	Desarrollo de filodios	Ausente o muy escaso	1.0	0.2	1	0	1
39	Coloración de la vaina media planta	Ausente o muy débil	1	0	1	0	1
40	Longitud de panoja	Mediana (28-31 cm)	29.8	3.5	28.8	5.7	5
41	Longitud de eje principal, arriba de la rama lateral	Corta (20-23 cm)	21.2	3.8	20.8	4.8	3
42	Longitud del pedúnculo	Mediana (13-16 cm)	15.6	3.0	14.5	3.5	5
43	Longitud de ramas laterales	Muy larga (>10 cm)	16.5	1.5	17.6	1.5	5
44	Longitud de la planta completa	Muy baja (100-130 cm)	113.0	12.5	113.9	13.5	1
45	Relación entre altura de inserción de la mazorca y altura total de la planta	Muy pequeña (1)	0.1	0.0	0.2	0.0	1

46	Altura de la mazorca suelo-inserción	Muy baja(≤ 60 cm)	14.5	5.3	20.7	4.4	1
47	Ancho de lámina, parte central	Mediana	7.7	0.6	7.7	0.7	5
48	Número de mazorcas por planta	101-120%	6	0	6	0	6
49	Longitud pedúnculo de la mazorca principal	Corto (5-10 cm)	7.0	1.6	7.9	1.1	3
50	Longitud de la mazorca	Corta (10-15 cm)	10.8	2.0	11.5	2.0	3
51	Diámetro central de la mazorca	Muy delgado (<4 cm)	3.7	1.1	4.0	0.9	1
52	Forma de la mazorca	Cónica cilíndrica	1.9	0.4	2	0	2
53	Número de hileras de la mazorca	Pocas (16-18)	14	0.9	14	1.4	3
54	Número de granos por hilera	Muy pocos (<20)	14	3.9	16	2.8	1
55	Disposición de hileras	Recta	1	0	1	0	1
56	Tipo de grano	Semi-dentado	2.9	0.4	3	0	3
57	Color del grano mazorca	Blanco cremoso	2	0	2	0	2
58	Color dorsal del grano	Blanco cremoso	2	0	2	0	2
59	Color del endospermo, grano	Blanco	1	0	1	0	1
60	Forma de la corona, grano	Convexa	2	0	2	0	2
61	Coloración de glumas	Ausente (blanco)	1	0	1	0	1
62	Intensidad de color de glumas	Muy tenue (ausente)	--	0	--	0	1
63	Androesterilidad	No hay	--	0	--	0	
64	Carácter braquítico	Presente	--	0	--	0	2
65	Área de adaptación principal	Bajío o subtrópico (1151-1800 msnm)	--	0	--	0	4
66	Área de adaptación secundaria	Trópico seco (800-1100 msnm)	--	0	--	0	2
67	Estación de crecimiento principal	Primavera-Verano	--	0	--	0	2
68	Estación de crecimiento secundario	Otoño-Invierno	--	0	--	0	1
69	Régimen hídrico	Riego completo	--	0	--	0	1

Des: Número de descriptor

\bar{X}_1 , \bar{X}_2 : Representan los valores promedios de los descriptor en las dos repeticiones.

DS₁, DS₂: \pm Una Desviación estándar, correspondientes a cada descriptor en sus dos repeticiones.

Cal: Calificación correspondiente al descriptor, en base al manual gráfico para la descripción varietal de maíz.

El estado de planta joven, observada a través de sus descriptores muestra que los cinco materiales presentaron en base al octavo descriptor hojas erectas en posición superior a la mazorca principal, el descriptor 12 correspondiente al color de la lámina de la hoja de la mazorca superior, nos indica un color verde medio o normal para las líneas, y verde oscuro en los híbridos, lo cual demuestra que el color verde oscuro puede obtenerse de progenitores de color verde normal, lo cual permite suponer una acción complementaria entre genes de los progenitores para intensificar el color en sus progenies. En cuanto a otro

descriptor como lo es el 18, se observó la presencia esporádica de macollos (hijuelos) en las dos cruces simples y la línea 18·19, pero completamente ausentes en ML y CarSco8; no se observó la presencia de plantas fallidas en la producción de mazorcas (no plantas jorras) en el total de los genotipos, estos resultados parecen semejantes a los observados por Espinosa *et al.*, (2011) quienes mencionan que la variedad de grano amarillo de polinización libre “V-55 A” no forma macollos ni tallos estériles. Los descriptores 21 y 22 sobre la longitud media de entrenudos superiores e inferiores, muestran que en general fueron cortos para las tres líneas, variando de entre 6 a 8 cm, mientras que para los híbridos fueron de longitud mediana de 10 a 12 cm, a excepción de los entrenudos superiores de CarSco8xML, la cual presentó entrenudos más largos (14 a 16 cm) lo que muestra claramente cuán grande pueden ser estos materiales.

Cuadro 4.2. Valores promedio y desviación estándar de los 69 descriptores para AN-CS8-400 (CarSco8).

Descriptores de la Línea endogámica de maíz “CarSco8”							
Des.	Característica	Nivel	\bar{X}_1	$\pm DS_1$	\bar{X}_2	$\pm DS_2$	Cal.
1	Color vaina primera hoja	Ausente o muy débil	1	0	1	0	1
2	Longitud 1ª hoja	Mediana (3.6-4.0 cm)	3.9	0.7	3.7	0.8	5
3	Ancho 1ª	Mediana (1.0-1.3 cm)	1.2	0.2	1.2	0.2	3
4	Relación largo / ancho primera hoja	Pequeña (3.2)	3.3	0.7	3.1	0.6	7
5	Forma de la punta primera hoja	Obtusa a redonda	3.9	0.5	4.2	0.7	4
6	Ángulo entre hoja y tallo, mazorca principal	Pequeño	3.9	1.0	3.7	1.0	3
7	Orientación de la lámina foliar	Rectilínea	1.7	1.0	1.9	1.0	1
8	Ángulo de inserción hojas superiores	Erecta (0-30°)	27.9	3.1	30	2.2	1
9	Ángulo de inserción hojas inferiores	Erecta (0-30°)	29.3	3.3	30	2.2	1
10	Ondulación del margen laminar	Fuertemente ondulado	2.9	0.3	3	0	3
11	Arrugas longitudinales en hojas mazorca	Ocasionalmente presentes	2	0	1.9	0.3	2
12	Color de la lámina de hoja	Verde medio (normal)	1.6	0.6	1.9	0.3	2
13	Color vaina hoja mazorca	Verde (normal)	2	0	2	0	2
14	Color vaina hojas base del tallo	Verde limón	1	0	1	0	1
15	Color de la aurícula hoja mazorca	Verde pálido	2	0	2	0	2
16	Pubescencia borde de la vaina, hoja en mazorca	Ausente o muy escasa	1.1	0.4	1	0	1
17	Grado de zigzagueo, tallo-planta	Ausente o muy ligero	1	0	1	0	1
18	Número de macollos por planta	Ausente	1	0	1.0	0.2	1
19	Coloración de nódulos	Ausente o muy tenue	1	0	1	0	1
20	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Ausente o muy tenue	N P	0	N P	0	

21	Longitud media de entrenudos superiores	Mediana (10-12 cm)	9.5	0.8	8.8	0.5	5
22	Longitud media de entrenudos inferiores	Corta (6-8 cm)	7.0	1.0	6.9	0.8	3
23	Diámetro medio de la parte media del tallo de la inserción de la mazorca principal	Delgado (10-15 mm)	12.9	1.2	13.6	1.0	2
24	Cubrimiento de panoja por espiga	Ausente o muy leve	1.3	0.6	1.4	0.6	1
25	Época de antesis en el 50% de las plantas	Intermedia (92 días)	12	0	12	0	5
26	Coloración de la base de las glumas (espiga)	Ausente o muy tenue	1.0	0.2	1	0	1
27	Coloración de las glumas	Ausente o muy tenue	1	0	1	0	1
28	Coloración de anteras	Ausente o muy débil	1	0	1	0	1
29	Densidad de espiguillas	Denso	6.9	0.5	6.9	0.5	7
30	Forma de la espiga	Compacta (21-40°)	24.6	2.6	25.5	2.8	3
31	Posición de ramas laterales en las espigas	Rectilíneas	1	0	1	0	1
32	Número de ramas laterales en la espiga	Alto (11-17)	14.4	2.5	13.6	4.6	5
33	Ramas secundarias en la espiga	Ocasionalmente presentes	2.6	0.8	1.9	1.1	2
34	Emergencia de los estigmas	Intermedia (94 días)	5	0	5	0	5
35	Coloración de estigmas	Ausente	1	0	1	0	1
36	Intensidad de color estigmas	Ausente o muy tenue	1	0	1	0	1
37	Coloración de la base de estigmas	Verde claro	1.9	0.2	2	0	2
38	Desarrollo de filodios	Ausente o muy escaso	1	0	1	0	1
39	Coloración de la vaina media planta	Ausente o muy débil	1	0	1	0	1
40	Longitud de panoja	Corta (20-23 cm)	24.6	2.1	23.5	1.2	3
41	Longitud de eje principal, arriba de la rama lateral	Corta (20-23 cm)	17.8	1.8	17.6	2.5	3
42	Longitud del pedúnculo	Mediana (13-16 cm)	14.2	2.4	15.7	1.9	5
43	Longitud de ramas laterales	Muy larga (>10 cm)	12.4	1.0	12.7	0.9	5
44	Longitud de la planta completa	Muy baja (100-130 cm)	142.1	5.4	134.8	9.2	1
45	Relación entre altura de inserción de la mazorca y altura total de la planta	Pequeña (3)	0.4	0.0	0.3	0.1	3
46	Altura de la mazorca suelo-inserción	Muy baja (≤ 60 cm)	52.1	5.0	37.4	10.7	1
47	Ancho de lámina, parte central	Mediana	7.5	0.9	7.4	0.7	5
48	Número de mazorcas por planta	141-160%	8	0	8	0	8
49	Longitud pedúnculo de la mazorca principal	Corto (5-10 cm)	5.9	1.4	5.3	1.0	3
50	Longitud de la mazorca	Corta (10-15 cm)	9.7	2.2	9.9	1.2	1
51	Diámetro central de la mazorca	Muy delgada (<4 cm)	3.6	0.4	3.7	0.2	1
52	Forma de la mazorca	Cónica cilíndrica	2	0	2	0	2
53	Número de hileras de la mazorca	Pocas (16-18)	12.9	1.0	14	1.4	3
54	Número de granos por hilera	Muy pocos (<20)	17	6.0	19	5.2	1
55	Disposición de hileras	Ligeramente en espiral	1.2	0.4	1.8	1.3	2
56	Tipo de grano	Semi-cristalino	4	0	4	0	4
57	Color del grano mazorca	Blanco cremoso	2	0	2	0	2
58	Color dorsal del grano	Blanco cremoso	2	0	2	0	2
59	Color del endospermo, grano	Blanco	1	0	1	0	1
60	Forma de la corona, grano	Convexa	2	0	2	0	2
61	Coloración de glumas	Ausente (blanco)	1	0	1	0	1

62	Intensidad de color de glumas	Muy tenue (ausente)	--	0	--	0	1
63	Androesterilidad	No hay	--	0	--	0	
64	Carácter braquítico	Ausente	--	0	--	0	1
65	Área de adaptación principal	Bajío o subtropical (1151-1800 msnm)	--	0	--	0	4
66	Área de adaptación secundaria	Trópico seco (800-1100 msnm)	--	0	--	0	2
67	Estación de crecimiento principal	Primavera-Verano	--	0	--	0	2
68	Estación de crecimiento secundario	Otoño-Invierno	--	0	--	0	1
69	Régimen hídrico	Riego completo	--	0	--	0	1

Des: Número de descriptor.

\bar{X}_1 , \bar{X}_2 : Representan los valores promedios de los descriptor en las dos repeticiones.

DS₁, DS₂: Desviación estándar correspondientes a cada descriptor en sus dos repeticiones.

Cal: Calificación correspondiente al descriptor, en base al manual gráfico para la descripción varietal de maíz.

El estudio correspondiente a la etapa de manifestación de estructuras reproductoras, en el descriptor 44 permitió apreciar claramente que la altura de las tres líneas fue baja, variando de entre 100 a 130 cm, siendo ML la más pequeña de todas, presentando unos 20 cm menos que las otras dos líneas; el híbrido 18·19xML presentó plantas con altura media de 191 a 220 cm, para ser finalmente CarSco8xML quien presentó las plantas más altas, con longitudes de 221 a 250 cm (Cuadro 4.5). Preciado y Terrón (2001), mencionan que al evaluar el comportamiento y adaptación de los híbridos de maíz “H-316” y “H-317” para el Bajío, la altura de las plantas son estadísticamente iguales para los diferentes ensayos, al igual que en el presente trabajo.

Las mediciones en el descriptor 46, que se refiere a la altura de la mazorca superior, permitieron detectar que esta estructura reproductiva se inserta en posición media o inferior a la longitud total de la planta, lo cual es una característica deseable en el diseño de los nuevos materiales varietales de maíz. En CarSco8xML, que es el híbrido detectado como el de mayor altura, la altura de mazorca se ubica entre 81 a 100 cm considerada una altura baja, mientras que en el resto de los materiales la altura de la mazorca es muy baja, es decir,

menor a 60 cm; el valor inferior extremo correspondió a la línea ML, la cual tuvo una inserción de mazorca en altura de 15 a 21 cm (Cuadro 4.1). Para el descriptor 23 que se refiere al diámetro del tallo a la altura del nudo inmediato de la mazorca principal, CarSco8 presentó tallos de diámetro delgado, fluctuando de 10 a 15 mm, mientras que para los cuatro genotipos restantes, los tallos fueron de diámetro medio de 16 a 20 mm en cada material.

La manifestación de flores masculinas (descriptor 25) ocurrió a los 90 días posteriores a la siembra en la línea ML, 92 días para CarSco8, y 89 días para 18·19, mientras que en los híbridos se manifestaron a los 82 días en 18·19xML, y a los 84 días en CarSco8xML; la manifestación de las flores femeninas (descriptor 34) ocurrió dos días después, en promedio. El descriptor 34 referente a la forma de la espiga, muestran que las espigas fueron de forma compacta con ángulos de las ramas laterales de 21 a 41° con respecto al eje principal, con excepción de la línea 18·19 en la que se observaron espigas semi-abiertas de 41 a 60°. En cuanto al descriptor 43, los cinco genotipos presentaron longitudes de las ramas laterales de la espiga muy largas, mayor a 10 cm y hasta 20 cm como fue el caso de 18·19. También se observó un alto número de ramas laterales en las espigas (descriptor 32), las cuales fluctuaron de entre 11 a 17, con excepción de 18·19, la cual presentó un número menor (7 a 10 ramas). Los resultados de los dos últimos descriptores favorecen una buena polinización en todos los materiales. Reportes similares se presentan en Reyes *et al.* (2009) al observar espigas compactas y con numerosas ramas laterales en el híbrido "H-443A" de grano amarillo para el noreste de México, mientras que Espinosa *et al.* (2009) mencionan que la variedad "V-55A" para los valles altos de México

presenta ramas laterales muy largas, descriptor que es semejante al total de genotipos evaluados en el presente trabajo.

La prolificidad, que es evaluada por el descriptor número 48, se presentó en los cinco genotipos bajo estudio en proporciones superiores a 100 %, como fueron los casos de ML, 18·19xML y CarSco8xML los cuales oscilaron en una prolificidad del 101-120 %, garantizando al menos una mazorca por tallo; destacaron por sus valores superiores las líneas 18·19 con una prolificidad de 121 a 140 %, y como la mayor expresión en esta característica, la línea CarSco8 con valores de 141 a 160 % (Cuadro 4.2), ideal para producir cruces de alto rendimiento.

Cuadro 4.3. Valores promedio y desviación estándar de los 69 descriptores para AN-255-18·19. (La 18·19).

Descriptores de la Línea endogámica de maíz "18·19"							
Des.	Característica	Nivel	\bar{X}_1	$\pm DS_1$	\bar{X}_2	$\pm DS_2$	Cal.
1	Color vaina primera hoja	Débil	3.7	1.0	3.4	1.2	3
2	Longitud 1ª hoja	Mediana (3.6-4.0 cm)	4.2	0.9	3.7	0.6	5
3	Ancho 1ª	Ancha (1.4-1.7 cm)	1.6	0.2	1.4	0.2	4
4	Relación largo / ancho primera hoja	Pequeña (2.6)	2.7	0.5	2.7	0.5	5
5	Forma de la punta primera hoja	Redonda	4.6	0.5	4.7	0.5	5
6	Ángulo entre hoja y tallo, mazorca principal	Pequeño	3.3	0.7	3.5	0.9	3
7	Orientación de la lámina foliar	Ligeramente curvada	2.7	1.0	2.8	1.1	3
8	Ángulo de inserción hojas superiores	Erecta (0-30°)	27.8	3.0	27.8	2.6	1
9	Ángulo de inserción hojas inferiores	Erecta (0-30°)	26	3.1	25.5	2.8	1
10	Ondulación del margen laminar	Ligeramente ondulado	2.1	0.6	2.4	0.6	2
11	Arrugas longitudinales en hojas mazorca	Ocasionalmente presentes	2.0	0.2	2.0	0.2	2
12	Color de la lámina de hoja	Verde medio (normal)	1.8	0.5	2	0.6	2
13	Color vaina hoja mazorca	Verde limón	1.1	0.3	1	0	1
14	Color vaina hojas base del tallo	Roja	6	0	5.9	0.3	6
15	Color de la aurícula hoja mazorca	Verde pálido	2	0	2	0	2
16	Pubescencia borde de la vaina, hoja en mazorca	Escasa	2.9	0.5	3	0	3
17	Grado de zigzagueo, tallo-planta	Ausente o muy ligero	1	0	1	0	1
18	Número de macollos por planta	Ausente	1.1	0.3	1.0	0.2	1
19	Coloración de nódulos	Tenue	3	0	3	0	3
20	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Ausente o muy tenue	N P	0	N P	0	1
21	Longitud media de entrenudos superiores	Corta (6-8 cm)	7.8	1.3	7.7	1.4	3

22	Longitud media de entrenudos inferiores	Corta (6-8 cm)	6.5	1.2	6.2	1.1	3
23	Diámetro medio de la parte media del tallo de la inserción de la mazorca principal	Mediano (16-20 mm)	15.8	2.2	16.9	2.0	3
24	Cubrimiento de panoja por espiga	Moderado	2.6	0.7	2.9	0.4	3
25	Época de antesis en el 50% de las plantas	Intermedia (89 días)	12	0	12	0	5
26	Coloración de la base de las glumas (espiga)	Tenué	1.9	0.3	2	0	2
27	Coloración de las glumas	Ausente o muy tenué	1.3	0.8	1.1	0.4	1
28	Coloración de anteras	Débil	3.1	0.4	2.9	0.5	3
29	Densidad de espiguillas	Medio	4.9	0.6	5.1	0.4	5
30	Forma de la espiga	Semi-abierta (41-60°)	40.5	10.4	4.1	1.1	5
31	Posición de ramas laterales en las espigas	Rectilíneas	1.8	1.0	1.9	1.1	1
32	Número de ramas laterales en la espiga	Intermedia (7-10)	3.9	3.1	3.8	0.7	4
33	Ramas secundarias en la espiga	Ocasionalmente presentes	1.5	0.7	1.5	0.5	2
34	Emergencia de los estigmas	Intermedia (91 días)	5	0	5	0	5
35	Coloración de estigmas	Presente	9	0	9	0	9
36	Intensidad de color estigmas	Tenué	3.3	1.1	3.1	0.9	3
37	Coloración de la base de estigmas	Verde claro	2.3	0.5	2.3	0.5	2
38	Desarrollo de filodios	Ausente o muy escaso	1	0	1	0	1
39	Coloración de la vaina media planta	Ausente o muy débil	1	0	1	0	1
40	Longitud de panoja	Larga (36-39 cm)	7.3	6.2	7.5	1.2	7
41	Longitud de eje principal, arriba de la rama lateral	Corta (20-23 cm)	23.3	6.7	3.5	1.5	3
42	Longitud del pedúnculo	Mediana (13-16 cm)	15.8	3.3	1.3	0.7	5
43	Longitud de ramas laterales	Muy larga (>10 cm)	20.1	2.9	20.5	3.0	5
44	Longitud de la planta completa	Muy baja (100-130 cm)	107.7	11.0	132.6	12.9	1
45	Relación entre altura de inserción de la mazorca y altura total de la planta	Pequeña (3)	0.3	0.0	0.3	0.1	3
46	Altura de la mazorca suelo-inserción	Muy baja (≤ 60 cm)	34.0	8.8	43.1	8.2	1
47	Ancho de lámina, parte central	Mediana	8.5	0.8	9.1	1.0	5
48	Número de mazorcas por planta	121-140%	7	0	7	0	7
49	Longitud pedúnculo de la mazorca principal	Corto (5-10 cm)	8.3	1.4	7.3	1.3	3
50	Longitud de la mazorca	Corto (10-15 cm)	13.6	1.5	14.2	2.5	3
51	Diámetro central de la mazorca	Delgada (4.1-5.0 cm)	4.1	0.4	4.2	0.4	3
52	Forma de la mazorca	Cónica cilíndrica	2	0.4	2.3	0.5	2
53	Número de hileras de la mazorca	Muy pocas (<12)	12.5	1.4	11.9	1.4	1
54	Número de granos por hilera	Pocos (21-30)	20	4.1	26	4.7	3
55	Disposición de hileras	Recta	1	0	1	0	1
56	Tipo de grano	Semi-cristalino	4	0	4	0	4
57	Color del grano mazorca	Blanco cremoso	2	0	2	0	2
58	Color dorsal del grano	Blanco cremoso	2	0	2	0	2
59	Color del endospermo, grano	Blanco	1	0	1	0	1
60	Forma de la corona, grano	Convexa	2	0	1.8	0.4	2
61	Coloración de glumas	Ausente (blanco)	1	0	1	0	1
62	Intensidad de color de glumas	Muy tenué (ausente)	--	0	--	0	1

63	Androesterilidad	No hay	--	0	--	0	
64	Carácter braquítico	Presente	--	0	--	0	2
65	Área de adaptación principal	Bajío o subtrópico (1151-1800 msnm)	--	0	--	0	4
66	Área de adaptación secundaria	Trópico seco (800-1100 msnm)	--	0	--	0	2
67	Estación de crecimiento principal	Primavera-Verano	--	0	--	0	2
68	Estación de crecimiento secundario	Otoño-Invierno	--	0	--	0	1
69	Régimen hídrico	Riego completo	--	0	--	0	1

Des: Número de descriptor.

\bar{X}_1 , \bar{X}_2 : Representan los valores promedios de los descriptor en las dos repeticiones.

DS₁, DS₂: Desviación estándar correspondientes a cada descriptor en sus dos repeticiones.

Cal: Calificación correspondiente al descriptor, en base al manual gráfico para la descripción varietal de maíz.

La agrupación de descriptores para la última etapa del estudio (periodo reproductivo) permitió destacar características claves en la capacidad productiva de los materiales. Para el descriptor número 50, la longitud de mazorca fue tipificada como corta (de 10 a 15 cm) en las tres líneas, lo cual es común en materiales endogámicos; mientras que los dos híbridos simples manifestaron mazorcas de longitud media, variando entre 15 a 20 cm. Por otra parte, el descriptor 52 indica que la forma de la mazorca fue cilíndrica en 18·19xML, mientras que para el resto de los genotipos fue de forma cónica cilíndrica; esta última característica es similar al del híbrido de maíz “H-437” para el noreste de México (Reyes y Cantú, 2004).

El número de hileras en las mazorcas (descriptor número 53) fueron pocas en la mayoría de los genotipos, presentándose promedios de 12 hileras en 18·19, 14 en ML, CarSco8 y 18·19xML; la más alta se presentó en la cruza simple CarSco8xML que fue de 16 hileras por mazorca.

El color de grano evaluado por el descriptor 57, es una característica importante en los maíces para consumo humano, siendo el principal propósito de estos materiales, los cuales presentaron granos de color blanco cremoso en los cinco genotipos, lo que

representa una característica favorable de acuerdo al propósito con que se utilizan. La textura del grano (descriptor 56) es semi-dentado para los dos híbridos y la línea ML, y semi-cristalino en CarSco8 y 18·19 (Cuadro 4.3). Peña y Gaytán (2001) mencionan que el híbrido de maíz “H-361” para la región templada del norte- centro de México, presentan el mismo color de grano que los genotipos evaluados, y textura semi-dentado como en el caso de los híbridos y la línea ML.

Respecto al descriptor 65, los genotipos de maíz bajo estudio han respondido favorablemente en diversas regiones de México, en altitudes de 1000 a 1800 msnm, principalmente en áreas del Bajío (Celaya, Gto.) y regiones de trópico seco o sub-trópico (Sureste de Coahuila; Tehuacan, Pue., Calvillo, Ags., El Prado, Galeana, N. L., San Mateo, Sidigúí, Oax.), (descriptor 66). Para la evaluación del descriptor 67, las siembras principales de estos materiales pueden establecerse en el ciclo Primavera-Verano, con un régimen hídrico completo (descriptor 69) para obtener las características aquí descritas. Sin embargo, en regiones con inviernos cálido-templados pueden establecerse en el ciclo Otoño-Invierno, referente al descriptor 68.

Cuadro 4.4. Valores promedio y desviación estándar de los 69 descriptores para la cruce simple (AN255-18·19xAN-ML-S₄₋₁) representada en el texto como 18·19xML.

Descriptores de la Cruza simple de maíz “18·19xML”							
Des.	Característica	Nivel	\bar{X}_1	$\pm DS_1$	\bar{X}_2	$\pm DS_2$	Cal.
1	Color vaina primera hoja	Media	3.9	1.1	4.3	1.0	5
2	Longitud 1ª hoja	Muy Larga (>5.6 cm)	5.8	0.9	5.7	0.7	9
3	Ancho 1ª	Ancha (1.4-1.7 cm)	1.6	0.1	1.7	0.1	4
4	Relación largo / ancho primera hoja	Pequeña (3.6)	3.5	0.5	3.5	0.5	7
5	Forma de la punta primera hoja	Obtusa a redonda	4	0	4	0	4
6	Ángulo entre hoja y tallo, mazorca principal	Medio (44°)	44.1	6.7	43.4	4.3	5
7	Orientación de la lámina foliar	Ligeramente curvada	2.9	0.5	2.9	0.4	3

8	Ángulo de inserción hojas superiores	Erecta (0-30°)	26.8	3.4	27.9	3.1	1
9	Ángulo de inserción hojas inferiores	Erecta (0-30°)	26.1	3.7	25.2	3.0	1
10	Ondulación del margen laminar	Ligeramente ondulado	2.3	0.6	2.2	0.6	2
11	Arrugas longitudinales en hojas mazorca	Ocasionalmente presentes	2.0	0.4	2.2	0.4	2
12	Color de la lámina de hoja	Verde oscuro	2.9	0.3	3	0	3
13	Color vaina hoja mazorca	Verde limón	1.1	0.3	1	0	1
14	Color vaina hojas base del tallo	Café	7	0	7	0	7
15	Color de la aurícula hoja mazorca	Verde pálido	2	0	2	0	2
16	Pubescencia borde de la vaina, hoja en mazorca	Ausente o muy escasa	1.6	1.0	1.6	0.9	1
17	Grado de zigzagueo, tallo-planta	Ausente o muy ligero	1.1	0.2	1.1	0.2	1
18	Número de macollos por planta	Ausente	1.1	0.3	1.0	0.2	1
19	Coloración de nódulos	Tenue	3.0	0.9	3.0	1.0	3
20	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Ausente o muy tenue	1.5	0.9	1.5	0.9	1
21	Longitud media de entrenudos superiores	Mediana (10-12 cm)	12.5	2.2	12.6	1.8	5
22	Longitud media de entrenudos inferiores	Mediana (10-12 cm)	10.5	1.9	10.4	1.4	5
23	Diámetro medio de la parte media del tallo de la inserción de la mazorca principal	Mediano (16-20 mm)	18.0	2.4	18.6	2.0	3
24	Cubrimiento de panoja por espiga	Leve	2.1	0.7	2.0	0.5	2
25	Época de antesis en el 50% de las plantas	Intermedia (82 días)	12	0	12	0	5
26	Coloración de la base de las glumas (espiga)	Intermedia	2.6	0.5	2.6	0.5	3
27	Coloración de las glumas	Ausente o muy tenue	1	0	1	0	1
28	Coloración de anteras	Débil	3.4	0.8	3.5	0.9	3
29	Densidad de espiguillas	Denso	6.9	0.4	6.7	0.7	7
30	Forma de la espiga	Compacta (21-40°)	2.8	0.8	2.7	0.9	3
31	Posición de ramas laterales en las espigas	Rectilíneas	1.7	1.0	1.2	0.5	1
32	Número de ramas laterales en la espiga	Alto (11-17)	5.2	0.4	5.0	0.6	5
33	Ramas secundarias en la espiga	Ocasionalmente presentes	1.8	0.4	1.9	0.2	2
34	Emergencia de los estigmas	Intermedia (84 días)	5	0	5	0	5
35	Coloración de estigmas	Ausente	2.6	3.2	2.5	3.2	1
36	Intensidad de color estigmas	Ausente o muy tenue	1.9	1.1	2.1	1.0	1
37	Coloración de la base de estigmas	Verde claro	1.8	0.5	1.9	0.5	2
38	Desarrollo de filodios	Ausente o muy escaso	1	0	1	0	1
39	Coloración de la vaina media planta	Ausente o muy débil	1	0	1	0	1
40	Longitud de panoja	Muy Larga (>40 cm)	8.9	0.4	8.9	0.4	9
41	Longitud de eje principal, arriba de la rama lateral	Mediana (28-31 cm)	4.7	1.2	4.7	1.2	5
42	Longitud del pedúnculo	Corta (5-8 cm)	3.1	0.4	3.3	0.7	3
43	Longitud de ramas laterales	Muy Larga (>10 cm)	16.9	2.0	17.3	2.3	5
44	Longitud de la planta completa	Mediana (191-220 cm)	193.6	22.1	192.2	14.0	4
45	Relación entre altura de inserción de la mazorca y altura total de la planta	Pequeña (3)	0.32	0.1	0.31	0.1	3
46	Altura de la mazorca suelo-inserción	Muy baja (\leq 60 cm)	59.6	8.6	60.7	8.0	1
47	Ancho de lámina, parte central	Mediana	9.7	0.8	9.0	1.2	5
48	Número de mazorcas por planta	101-120%	6	0	6	0	6

49	Longitud pedúnculo de la mazorca principal	Corto (5-10 cm)	9.5	2.4	9.12	1.6	3
50	Longitud de la mazorca	Mediano (15-20 cm)	18.5	2.2	16.3	2.9	5
51	Diámetro central de la mazorca	Mediano (5.1-6.0)	5.3	0.5	5.4	0.3	5
52	Forma de la mazorca	Cilíndrica	2.8	0.4	2.7	0.5	3
53	Número de hileras de la mazorca	Pocas (16-18)	14	1.3	13.8	0.9	3
54	Número de granos por hilera	Pocos (21-30)	26	8.9	26	4.6	3
55	Disposición de hileras	Recta	1	0	1	0	1
56	Tipo de grano	Semi-dentado	3	0	3	0	3
57	Color del grano mazorca	Blanco cremoso	2	0	2	0	2
58	Color dorsal del grano	Blanco cremoso	2	0	2	0	2
59	Color del endospermo, grano	Blanco	1	0	1	0	1
60	Forma de la corona, grano	Hendida	1	0	1	0	1
61	Coloración de glumas	Ausente (Blanco)	1	0.2	1	0	1
62	Intensidad de color de glumas	Muy tenue (ausente)	1	0	1	0	1
63	Androesterilidad	No hay	--	0	--	0	
64	Carácter braquítico	Ausente	--	0	--	0	1
65	Área de adaptación principal	Bajío o subtrópico (1151-1800 msnm)	--	0	--	0	4
66	Área de adaptación secundaria	Trópico seco (800-1100 msnm)	--	0	--	0	2
67	Estación de crecimiento principal	Primavera-Verano	--	0	--	0	2
68	Estación de crecimiento secundario	Otoño-Invierno	--	0	--	0	1
69	Régimen hídrico	Riego completo	--	0	--	0	1

Des: Número de descriptor.

\bar{X}_1 , \bar{X}_2 : Representan los valores promedios de los descriptor en las dos repeticiones.

DS₁, DS₂: Desviación estándar correspondientes a cada descriptor en sus dos repeticiones.

Cal: Calificación correspondiente al descriptor, en base al manual gráfico para la descripción varietal de maíz.

Cuadro 4.5. Valores promedio y desviación estándar de los 69 descriptores para la cruz simple (AN-CS8 - 401xAN-ML-S₄₋₁) representada en el texto como (CS8xML).

Descriptores de la Cruz simple de maíz "CarSco8xML"							
Des.	Característica	Nivel	\bar{X}_1	$\pm DS_1$	\bar{X}_2	$\pm DS_2$	Cal.
1	Color vaina primera hoja	Débil	1.8	1.0	2.2	1.0	3
2	Longitud 1ª hoja	Muy larga (>5.6 cm)	5.8	1.0	5.8	0.8	9
3	Ancho 1ª	Ancha (1.4-1.7 cm)	1.4	0.2	1.5	0.1	4
4	Relación largo / ancho primera hoja	Mediana (4.1)	4.2	0.8	4.0	0.5	7
5	Forma de la punta primera hoja	Obtusa a redonda	4.1	0.2	3.7	0.5	4
6	Ángulo entre hoja y tallo, mazorca principal	Medio	44.2	4.0	41.7	4.3	5
7	Orientación de la lámina foliar	Ligeramente curvada	4.2	1.3	3.7	1.0	3

8	Ángulo de inserción hojas superiores	Erecta (0-30°)	27.5	3.8	28.6	3.0	1
9	Ángulo de inserción hojas inferiores	Erecta (0-30°)	26.2	4.5	25.9	3.7	1
10	Ondulación del margen laminar	Fuertemente ondulado	2.9	0.5	2.6	0.6	3
11	Arrugas longitudinales en hojas mazorca	Ocasionalmente presentes	2.0	0.3	2.1	0.4	2
12	Color de la lámina de hoja	Verde oscuro	2.7	0.6	2.9	0.3	3
13	Color vaina hoja mazorca	Verde (normal)	2	0.4	1.9	0.5	2
14	Color vaina hojas base del tallo	Café	5.9	2.1	4.6	2.5	7
15	Color de la aurícula hoja mazorca	Verde pálido	2	0	2	0	2
16	Pubescencia borde de la vaina, hoja en mazorca	Ausente o muy escasa	1.2	0.7	1.3	0.7	1
17	Grado de zigzagueo, tallo-planta	Ausente o muy ligero	1.1	0.2	1.1	0.3	1
18	Número de macollos por planta	Ausente	1.2	0.4	1.1	0.3	1
19	Coloración de nódulos	Tenue	3.3	1.0	3.0	1.1	3
20	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Ausente o muy tenue	1	0	1	0	1
21	Longitud media de entrenudos superiores	Larga (14-16 cm)	15.1	1.4	14.0	1.2	7
22	Longitud media de entrenudos inferiores	Mediana (10-12 cm)	12.9	0.8	12.3	0.8	5
23	Diámetro medio de la parte media del tallo de la inserción de la mazorca principal	Mediano (16-20 mm)	18.1	2.0	17.3	2.3	3
24	Cubrimiento de panoja por espiga	Leve	2.0	0.6	2.0	0.5	2
25	Época de antesis en el 50% de las plantas	Intermedia (84 días)	12	0	12	0	5
26	Coloración de la base de las glumas (espiga)	Tenue	2.0	0.2	2.1	0.2	2
27	Coloración de las glumas	Ausente o muy tenue	1.3	0.7	1.2	0.6	1
28	Coloración de anteras	Débil	3.1	0.4	3.1	0.5	3
29	Densidad de espiguillas	Denso	7	0	7	0	7
30	Forma de la espiga	Compacta (21-40°)	26.7	3.3	26.6	7.0	3
31	Posición de ramas laterales en las espigas	Rectilíneas	1	0	1	0	1
32	Número de ramas laterales en la espiga	Alto (11-17)	19.3	3.2	15.8	2.9	5
33	Ramas secundarias en la espiga	Ocasionalmente presentes	4.3	1.5	3.3	0.8	2
34	Emergencia de los estigmas	Intermedia (86 días)	5	0	5	0	5
35	Coloración de estigmas	Ausente	1	0	1	0	1
36	Intensidad de color estigmas	Ausente o muy tenue	1	0	1	0	1
37	Coloración de la base de estigmas	Verde claro	2	0	2	0	2
38	Desarrollo de filodios	Ausente o muy escaso	1	0	1	0	1
39	Coloración de la vaina media planta	Ausente o muy débil	1	0	1	0	1
40	Longitud de panoja	Larga (36-39 cm)	34.5	3.8	32.8	6.5	7
41	Longitud de eje principal, arriba de la rama lateral	Corto (20-23 cm)	22.0	4.1	22.5	5.9	3
42	Longitud del pedúnculo	Larga (21-24 cm)	21.1	3.5	19.8	5.1	7
43	Longitud de ramas laterales	Muy larga (>10 cm)	16.9	1.8	18.8	2.9	5
44	Longitud de la planta completa	Alta (221-250 cm)	232.7	57.1	221.1	28.0	5
45	Relación entre altura de inserción de la mazorca y altura total de la planta	Pequeña (3)	0.4	0.1	0.4	0.1	3
46	Altura de la mazorca suelo-inserción	Baja (81-100 cm)	72.6	14.6	83.9	14.9	3
47	Ancho de lámina, parte central	Mediana	8.5	1.0	8.8	1.0	5

48	Número de mazorcas por planta	101-120%	6	0	6	0	6
49	Longitud pedúnculo de la mazorca principal	Corto (5-10 cm)	8.7	1.9	6.7	1.8	3
50	Longitud de la mazorca	Media (15-20 cm)	17.5	2.4	14.5	2.7	5
51	Diámetro central de la mazorca	Delgada (4.1-5.0 cm)	5.1	0.5	4.9	0.3	3
52	Forma de la mazorca	Cónica cilíndrica	2.3	0.5	2.2	0.4	2
53	Número de hileras de la mazorca	Pocas (16-18)	16	1.6	16	1.3	3
54	Número de granos por hilera	Pocos (21-30)	30	9.2	26	4.4	3
55	Disposición de hileras	Recta	1.1	0.6	1	0	1
56	Tipo de grano	Semi-dentado	3	0	3	0	3
57	Color del grano mazorca	Blanco cremoso	2	0	2	0	2
58	Color dorsal del grano	Blanco cremoso	2	0	2	0	2
59	Color del endospermo, grano	Blanco	1	0	1	0	1
60	Forma de la corona, grano	Hendida	1	0	1	0	1
61	Coloración de glumas	Ausente (blanco)	1	0	1	0	1
62	Intensidad de color de glumas	Muy tenue (ausente)	--	0	--	0	1
63	Androesterilidad	No hay	--	0	--	0	
64	Carácter braquíptico	Ausente	--	0	--	0	1
65	Área de adaptación principal	Bajío o subtropical (1151-1800 msnm)	--	0	--	0	4
66	Área de adaptación secundaria	Tropical seco (800-1100 msnm)	--	0	--	0	2
67	Estación de crecimiento principal	Primavera-Verano	--	0	--	0	2
68	Estación de crecimiento secundario	Otoño-Invierno	--	0	--	0	1
69	Régimen hídrico	Riego completo	--	0	--	0	1

Des: Número de descriptor.

\bar{X}_1 , \bar{X}_2 : Representan los valores promedios de los descriptor en las dos repeticiones.

DS₁, DS₂: Desviación estándar correspondientes a cada descriptor en sus dos repeticiones.

Cal: Calificación correspondiente al descriptor, en base al manual gráfico para la descripción varietal de maíz.

Además de los descriptores del manual gráfico, uno de los aspectos importantes a evaluar en nuevas variedades de maíz es su capacidad de producción. Con este propósito, se llevó a cabo una evaluación preliminar del rendimiento por unidad de superficie incluyendo los cinco materiales, mediante un análisis de varianza y a la vez resaltando los mejores resultados con una prueba de medias vía Tukey (Cuadros 4.6 y 4.7). Como era de esperarse, los resultados indicaron diferencias altamente significativas entre líneas e híbridos, ya que las primeras por su naturaleza endogámica presentan por lo general rendimientos bajos, en contraposición, los híbridos se caracterizan por su alta capacidad productiva. De esta

manera ML fue el genotipo que obtuvo el rendimiento más bajo con 0.47 t ha⁻¹ de grano, situación que puede ser tolerada cuando esta línea se utilice como progenitor masculino; las otras dos líneas presentaron rendimientos considerablemente mejores, situados entre 1.5 y 2.5 t ha⁻¹. El híbrido CarSco8xML presentó el mayor rendimiento de todo el conjunto de materiales, con un poco más de 7 t ha⁻¹, superando en 20 % al híbrido de referencia 18·19xML, siendo este un resultado aceptable, ya que las cruza simples comerciales fluctúan entre 5 y 10 t ha⁻¹. Cautiño *et al.* (2006) reportaron resultados acordes en donde al utilizar líneas aun con bajo rendimiento generaron un híbrido de rendimiento mucho mayor, como lo es el híbrido tri-lineal “INIFAP H-560” con rendimientos de hasta 7.6 t ha⁻¹, en donde uno de sus progenitores fue la línea lomoc-4 con rendimiento de 1.6 t ha⁻¹.

Cuadro 4.6. Análisis de varianza general para los cinco genotipos. Fuente de variación (FV), grados de libertad (gl), cuadrados medios (CM) y significancia (Sig) para el rendimiento.

F de V	gl	CM	Sig
Genotipos	4	16.59	**
Error	5	0.38	
C. V. (%)	17.24		
Media general	3.57		

C.V.(%): Coeficiente de variación; **: Diferencias altamente significativas (p < 0.01).

Cuadro 4.7. Prueba de medias para el rendimiento de grano en los cinco genotipos de maíz bajo estudio.

Materiales	Rendimiento [†]
ML	0.47 b
Car Sco 8	1.67 b
18·19	2.57 b
18·19xML	5.95 a
CarSco8xML	7.22 a
Media general de rend.	3.6
DMS	2.47

[†]: Promedios seguidos de la misma letra en la columna, son estadísticamente iguales (Turkey, $\alpha=0.05$).

DMS: Diferencia mínima significativa.

Para determinar la semejanza o diferencia entre grupos plenamente comparables (líneas o híbridos), se llevó a cabo un ANVA por separado para cada grupo. Como puede apreciarse (Cuadro 4.8) se confirmó la igualdad estadística para rendimiento entre los dos híbridos; sin embargo, el análisis para líneas permitió señalar diferencias estadísticas entre los tres materiales (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.8. Análisis de varianza separados por líneas e híbridos Factores de variación (FV), grados de libertad (gl), cuadrados medios (CM) y significancia (Sig) para el rendimiento.

F de V	Líneas			Híbridos		
	gl	CM	Sig	gl	CM	Sig
Genotipos	2	2.22	**	1	1.63	ns
Error	3	0.013		2	0.93	
C. V. (%)		7.39			14.65	
Media general		1.57			6.58	

C.V.(%): Coeficiente de variación; **: Diferencias altamente significativas ($p < 0.01$); ns: no significativa.

Cuadro 4.9. Prueba de medias para el rendimiento de grano, separado por líneas e híbridos.

Líneas	Rendimiento [†]	Híbridos	Rendimiento [†]
ML	0.47 c	18·19xML	5.95 a
Car Sco 8	1.67 b	CarSco8xML	7.22 a
18·19	2.57 a		
Media general de rend.	1.57	Media general de rend.	6.58
DMS	0.48	DMS	4.14

[†]: Promedios seguidos de la misma letra en la columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$). DMS: Diferencia mínima significativa.

Con la finalidad de constatar las diferencias naturales entre los cinco materiales detectables a través de los 63 descriptores que enumeran características intrínsecas a los genotipos, se corrieron una serie de análisis de varianza, correspondiente a datos de un diseño completamente al azar, dos repeticiones. En todos los casos se pudo constatar

diferencias ($P < 0.01$) entre los materiales. Con fines ilustrativos, se presentan en el Cuadro 4.9 cinco de los descriptores más representativos, y donde su calificación contiene mediciones cuantitativas. Los resultados de estos análisis se consideran de valor y sólo como respaldo estadístico al documentar las diferencias entre los materiales del estudio.

Cuadro 4.10. Resultados del ANOVA para los cinco genotipos de maíz evaluados, considerando cinco de los 69 descriptores.

Número de descriptor	Descriptor	Cuadrados medios	Significancia	Coficiente de variación (%)	R-Cuadrado (%)
40	Longitud de panoja	5010.9	0.0001	21.1	0.8
43	Longitud de las ramas laterales	1451.8	0.0001	24.8	0.8
44	Longitud de la planta completa	74313.7	0.0001	15.7	0.6
45	Relación entre altura de inserción de la mazorca y altura total de la planta	0.3	0.0001	21.5	0.6
50	Longitud de la mazorca	288.0	0.0001	17.1	0.6

ANOVA, datos correspondientes a un diseño completamente al azar, dos repeticiones; 4 g. l. para genotipos, 5 g. l. para el Error experimental.

V. CONCLUSIONES

Los materiales cruza simple CS8xML así como uno de sus progenitores la línea endogámica CS8, presentaron características genóticas propias, por lo tanto están en condiciones para su registro ante el SNICS.

VI. RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) en México es en lo general de bajo rendimiento, siendo la media nacional para 2010 de 3.25 t ha⁻¹. Además, el cultivo enfrenta factores ambientales desfavorables, principalmente en producción bajo condiciones de temporal. Una buena opción para estos factores así como el incremento de producción, es utilizar variedades mejoradas, por lo que en nuestro país existen varias empresas mexicanas y transnacionales, así como instituciones educativas que entre otros estudios, se dedican al estudio del maíz con fines de generar nuevas variedades, entre estas instituciones se encuentra el Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” (IMM) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

Una vez generada una nueva variedad, es de suma importancia su identificación como tal, en donde se describan sus características principales, así como su diferencia con respecto a las demás. Al cumplidor estos requisitos, se hace el trámite pertinente para la asignación del registro con reconocimiento nacional, otorgado por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS); este registro es de importancia, ya que protege la propiedad intelectual del obtentor, y ayuda a una correcta elección varietal por parte del agricultor para la obtención de una buena producción.

La UAAAN apoya investigación relativa al mejoramiento genético del maíz, entre otros cultivos. De los productos recientes en este cereal destacan la línea endogámica CarSco8 y una de sus cruza simple derivadas: el híbrido CarSco8xML, las cuales se consideran para su eventual registro ante el SNICS. El tema es abordado en este trabajo de tesis, donde además se presenta información sobre dos líneas endogámicas, denominadas

como 18·19 y ML, y una cruza simple 18·19xML, los cuales han sido registradas con anterioridad. Los objetivos planteados en la investigación son: especificar las características de las tres líneas endogámicas progenitores y sus dos híbridos cruza simple, así como determinar la homogeneidad de los genotipos estudiados mediante la descripción varietal.

La investigación se llevó a cabo en el campo experimental de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, sembrando los cinco materiales con un par de repeticiones para cada caso. La toma de datos se inició a los cinco días posteriores a su germinación y hasta la madurez de las estructuras reproductoras. Para esto se tomó como guía los 69 descriptores del manual gráfico para la descripción varietal de maíz (Carballo y Benítez, 2003). Siguiendo indicaciones puntuales mostradas en el manual se tomo el total de los 69 descriptores en cada uno de los materiales. Sin embargo, con fines ilustrativos y de discusión, algunos de los datos se presentan en cuatro estados del cultivo, los cuales coincidieron con algunas de sus etapas fenológicas, siendo éstas; 1) estado de plántula, en donde se abordaron los primeros cinco descriptores; 2) planta joven, descriptores 6 al 22; 3) manifestación de las estructuras reproductoras, del descriptor 23 al 49; y 4) la etapa reproductiva, que abarca del descriptor 50 al 69.

Además de los descriptores, por su importancia en la producción de semilla híbrida, se evaluó el rendimiento de grano para cada genotipo, siendo esta una de las características más importantes en las nuevas variedades. El diseño aplicado en este experimento fue completamente al azar con dos repeticiones, el plan incluyó un análisis de datos acorde a este diseño el cual fue proc anova, y en donde procedió se utilizó la prueba de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Los resultados obtenidos para el análisis de varianza con respecto al rendimiento, indican que existieron diferencias altamente significativas entre las líneas, y así mismo las líneas con respecto a los híbridos, en donde las líneas alcanzaron rendimientos menores a las 2.6 t ha⁻¹, siendo ML el de menor rendimiento con 0.47 t ha⁻¹, mientras que los híbridos alcanzaron rendimientos superiores a las 5 t ha⁻¹ destacando la cruza simple nueva con un poco más de 7 t ha⁻¹. En lo que se refiere a los descriptores, hubo diversas similitudes entre los materiales, pero manteniendo cada genotipo características propias en algunos descriptores.

Por lo que se concluye que tanto la nueva línea endogámica así como la cruza simple nueva están en condiciones de ser registrados como nueva variedad.

Palabras clave: *Zea mays* L., línea endogámica, cruza simple, descriptores, registro, SNICS.

VII. LITERATURA CITADA

- Azcon-Bieto J. y Talón M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2a. Edición McGraw-Hill. Madrid España. 651 pp.
- Cautiño E. B.; Ramírez F. A.; Betanzos M. E.; Espinosa P. N.; López L. A.; Camas L. R.; Grajales S. M.; Gómez M. N. 2006. 'INIFAP H-560', Híbrido de maíz para las regiones cálidas de buena productividad. Rev. Fitotec. Mex. 29 (3): 271-272.
- CIMMYT. 2010. MAÍZ: Alianza global para mejorar la seguridad alimentaria y los medios de vida de las personas de escasos recursos en el mundo en desarrollo. México DF. 176 pp.
- Cubero, J. I. 2003. Introducción a la mejora Genética Vegetal. 2ª edición (Eds). Mundi-Prensa, México. 471-514 pp.
- Doebley JF. 1990. Molecular evidence for gene flow among *Zea* species. Bioscience 40: 443-448.
- Doebley J, Stec A. 1993. Inheritance of the morphological differences between maize and teosinte: comparison of results for two F₂ populations. Genetics 134: 559-570.
- Espinosa C. A.; Tadeo R. M.; Gómez M. N.; Sierra M. M.; Virgen V. J.; Palafox C. A.; Caballero H. F.; Vázquez C. G.; Rodríguez M. F. A.; Valdivia B. R.; Arteaga E. I.; González R. I. 2011. 'V-55 A', Variedad de maíz de grano amarillo para los valles altos de México. Rev. Fitotec. Mex. 34 (2): 149-150.

- Feldman, L. 1994. The maize root. *In* M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 29-37. New York, NY, USA, Springer-Verlag.
- Figuerola L. P.; Fuentes D. G.; Valenzuela H. V.; Chávez V. G.; Félix F. J. L.; Mendoza L. J. A. 2011. ‘ROELFS F2007’, nueva variedad de trigo harinero para el noroeste de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 34 (3): 221-223.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen. Adaptado a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía – UNAM. México, pág. 264.
- García E. 1975. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen. UNAM. México. 366 pp.
- González F. M. 2001. Descripción varietal de líneas élite de trigo en invernadero y campo. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- Gonzales H. G. 1999. Levantamiento de suelos a nivel detallado campo experimental “El Bajío” UAAAN. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- Kato Y. T. A., Mapes S. C., Mera O. L. M., Serratos H. J. A. y Bye B. R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 pp.

- Madriz I. P. M. y J. F. Luciani M. 2002. Caracterización Morfológica de 20 genotipos de frijol mungo (*Vignata radiata* (L.) Wilczek) Rec. Fac. Agron. (Maracay) Venezuela 28:27-39.
- OMPI (Organización Mundial de la Protección Intelectual). 2006. Revista de la OMPI, UPOV. La incidencia del Derecho del Obtentor. No. 4. 10 pp.
- Paliwal R.L. El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y producción. FAO, Roma, Italia. 2001.
- Peña R. A. y Gaytán B. R. 2001. H-361: Nuevo híbrido de maíz para la región templada del norte centro de México. Rev. Fitotec. Mex. 24 (1): 131-132.
- Piperno D. R. y Flannery K. V. 2001. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their implications. PINAS 98: 2101-2103.
- Poethig, R.S. 1994. The maize shoot. In M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 11-17. New York, NY, USA, Springer-Verlag.
- Preciado O. R. E. y Terrón I. A. D. 2001. Comportamiento y adaptación de dos nuevos híbridos trilineales de maíz, H-316 y H-317, para el Bajío. Rev. Fitotec. Mex. 24 (2): 235-239.
- Reyes M. C. A.; Cantú A. M. A.; Garza C. M de la.; Vázquez C. G.; Córdova O. H. 2009. H-443A, Híbrido de maíz de grano amarillo para el noreste de México. Rev. Fitotec. Mex. 32 (4): 331-333.

- Reyes M. C. A. y Cantú A. M. A. 2004. H-437, Híbrido de maíz para el noreste de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 27 (3): 289-290.
- Rzedowski, G. C. de J. Rzedowski. 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2a. Ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. 1406 pp.
- SAGARPA. 2009. Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional.
- Sámano G. D. 2007. Caracterización genética de dos grupos germoplásmicos de maíz y comportamiento agronómico del patrón heterótico. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- Fuente de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP, SAGARPA. 2010. Indicadores Básicos del Sector Agroalimentario y Pesquero. México, D. F. (<http://www.siap.gob.mx>).
- Serratos, H. J.A. 2009. El origen y la diversidad de maíz en el continente americano. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. México DF.
- SNICS. 2004. Guía Técnica Para la Descripción Varietal. Cebada (*Hordeum vulgare* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F.
- Turrubiartes P. A. L. 2011. Manual gráfico para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.) Boletín de novedades. Colegio de Postgraduados/SNICS, México D.F.

UPOV. 1991. (Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales).

Diciembre 1961, Revisado en Ginebra el 10 de Noviembre de 1972, 23 de Octubre de 1978 y el 19 de Marzo de 1991. Ginebra, Suiza 1996.

UPOV. 2009. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad en maíz. Revisado en Ginebra en abril del 2009.

Valenzuela H. V.; Fuentes D. G.; Figueroa L. P.; Chávez V. G.; Félix F. J. L.; Mendoza L.

A. 2011. 'NAVOJOA M2007', Variedad de trigo harinero para el noroeste de México. Rev. Fitotec. Mex. 34 (1): 73-76.