





Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación

Proyecto de Investigación 2018

Unidad:	Saltillo	División:	Agronomía	Departamento:	Fitomejoramiento			
Tema estratégico (ANA/PEP):	Instituto Mexicano del Maíz							
Línea de investigación:	Utilización de germoplasma de maíz enano e ideotipo							
Título del proyecto:	Elección de híbridos simples e identificación de líneas parentales de maíz genéticamente superiores, con base en índices de selección							
Presupuesto solicitado (Máximo \$75,000)	70,000	El proyecto es:	Nuevo	Continuación	X			
Tipo de investigación:	Básica	X	Aplicada	X	Tecnológica	X	e-mail del responsable	Hleonc62@hotmail.com
Vinculación:	Si	No	x	Fondos concurrentes:				
Cooperante(s):								
Entidad (es):	Buenavista	Municipio (s):	Saltillo					
Localidades:	Campos directos de la UAAAN							
A realizar durante el(los) año(s):	2018-2019							

Participantes	Adscripción (Clave Depto.)	Expediente No.	Firma
Responsable	Humberto De León Castillo	FITO-IMM	1529
Colaborador:	Raúl Gándara Huitrón	FITO-IMM	3380
Colaborador:			
Colaborador:			
Colaborador:			
Colaborador:			
	Grado por obtener	Matrícula	Firma
Tesista:			
Programa Docente:	Postgrado en Fitomejoramiento		
Tesista:	Carlos Miguel Ruíz González	Maestría	41120528
Programa Docente:	Ing. Agrónomo en producción		
Tesista:	Gamaliel Morales García	Licenciatura	41128348
Programa Docente:			

Vo. Bo.		Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"	Autoriza
Firma y sello	 		
Nombre	Ing. Gustavo Búrciaga Vera Jefe de Departamento	Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil"	Dr. Armando Robledo Olivo Subdirector de Programación y Evaluación

• Cada Jefe de Departamento deberá dejar copia para su archivo

## Protocolo para Proyecto de Investigación 2018

### 1.-Título del proyecto

Presupuesto solicitado:

Elección de híbridos simples e identificación de líneas parentales de maíz genéticamente superiores, con base en índices de selección	\$ 70,000.00
---	--------------

### 2.- Introducción

El maíz es el cereal que más se produce en el mundo, debido a sus cualidades alimenticias para la producción de proteína animal, el consumo humano y el uso industrial; se ha convertido en uno de los productos más importantes en los mercados internacionales, dado que su relevancia económica supera al de otros cultivos (FIRA 2016). No obstante, el rendimiento no es el más adecuado para todas las regiones maiceras del país, es por ello que en los últimos años la investigación en los aspectos de mejoramiento genético se ha realizado con alentador pero insuficiente éxito tanto por instituciones públicas como por empresas privadas para poder abastecer la demanda de semilla mejorada.

La producción y distribución de semillas mejoradas son el puente de transferencia de tecnología entre fitomejoradores y productores, para alcanzar niveles competitivos en la producción. Sin embargo, en México el 30% de la superficie de este cultivo se siembra con semilla mejorada (Luna., *et al* 2012).

Considerándose de gran valor que los alumnos de postgrado se integren en el mejoramiento de las plantas puesto que la demanda de alimento es cada vez es mayor, lo que obliga a contar con semilla mejorada para poder lograr los objetivos de abastecer a la humanidad con alimentos día a día.

Por su parte en el Instituto Mexicano del Maíz Dr. Mario Enrique Castro Gil de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se han realizado considerables avances en mejoramiento del cultivo de maíz entre otros logros actualmente cuenta con dos grupos de germoplasma básico los cuales han servido para formar un patrón heterótico, estos grupos son identificados uno como el grupo de maíces normales y el otro como grupo de maíces enanos; en esta ocasión se trabajará con el grupo germoplásmico normal, posteriormente las líneas y cruza simples elite se cruzaran con líneas y cruza simples del grupo de enanos para formar materiales sobresalientes y competitivos con testigos provenientes de empresas privadas.

En este trabajo de investigación se evaluarán 470 híbridos provenientes del cruzamiento entre 120 líneas representativas del grupo germoplásmico (de altura normal) del programa de mejoramiento del bajo del instituto Mexicano del Maíz Dr. Mario Enrique Castro Gil (IMM); los híbridos simples se formaron en el verano del 2016 donde cada línea se cruzó con al menos tres líneas diferentes del mismo grupo; los ensayos de rendimiento de los híbridos experimentales y testigos se evaluarán en el área del bajo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en los años 2017 y 2018, el diseño experimental constará de 10 experimentos, cada uno con 50 híbridos incluyendo testigos, los cuales se sembraran bajo el modelo de bloques completamente al azar con dos repeticiones y arreglo alfa-látice.

### Objetivos

- Demostrar que existe variabilidad en las variables estudiadas en los híbridos experimentales.
- Identificación de parentales en base a un índice de selección construido con los valores de ACG para las principales características agronómicas y elección de híbridos simples superiores, mediante un índice de selección básico.
- Selección de cruza simples complementarias que sirvan como poblaciones de mejoramiento para derivar líneas elite en este grupo heterótico.

### Hipótesis

El análisis de las variables evaluadas demostrará que existe diferencia en los materiales experimentales. Será posible identificar parentales sobresalientes con buena ACG en base a sus características agronómicas. Existirán híbridos simples capaces de competir con los testigos de la institución, así como de híbridos comerciales.

Chura *et al.*, (2014) El maíz es de gran importancia a nivel mundial, se conoce como uno de los tres cereales más importantes y antiguos. Gracias a la formación de híbridos de este cultivo ha tenido gran impacto en la alimentación humana. La formación de híbridos en maíz busca mayor rendimiento, resistencia a plagas, estrés hídrico y mayor contenido y calidad de proteínas del grano entre otros. Los híbridos han sido de gran importancia en factor rendimiento, pero también se ha hecho investigación en su composición química y comportamiento térmico, los cuales podrían tener un potencial para la industria molinera-tortillera, producción de harinas nixtamalizadas, cereales para el desayuno, botanas, o para el aislamiento de almidón

De león *et al.*, (2005) Indicaron que es necesario incrementar la producción de maíz en México para evitar las continuas y voluminosas importaciones, y proponen que la mejor opción es incrementar la productividad mediante el uso eficiente de los recursos disponibles. Como es el material genético mejorado y conocimiento sobre diversidad genética heterosis y aptitud combinatoria general y específica.

Los modelos multivariados (AMMI y SREG) han sido ampliamente utilizados en análisis de estabilidad de híbridos y líneas de maíz. El modelo de interacción multiplicativa y de efectos aditivos (AMMI) combina un análisis estándar de varianza con un análisis de componentes principales, mientras que el modelo de sitios de regresión (SREG) elimina el efecto de localidades y expresa únicamente la respuesta en fusión del efecto de genotipos y la interacción Genotipo x Ambiente (**Kandus *et al.*, 2010**).

Ambos modelos pueden visualizarse gráficamente por medios de Biplots, las diferencias entre uno y otro radica en que en el análisis (AMMI) el Biplot únicamente muestra efectos de la interacción G x A, en cambio, el Biplot del modelo (SREG) muestra dichos efectos, pero también es posible identificar los genotipos superiores en cada ambiente (**Kandus *et al.*, 2010**).

La razón principal por la cual el modelo (AMMI) se considera apropiado para la investigación agrícola es que la parte del ANOVA de este modelo permite separar los efectos principales de genotipos y ambientes, de los efectos de la interacción con relativa facilidad y adicionalmente la parte relativa a los componentes principales permite separar la mayor proporción de la variación debida a la IGA en los primeros CPs, mientras descarta la proporción de la variación debida al error en los últimos CPs (**Gauch *et al.*, 2008**).

El modelo (SREG) se basa en un modelo similar al Modelo (AMMI), pero los términos lineales de genotipos no se consideran individualmente y se adicionan al término multiplicativo de la interacción genotipo x ambiente. En este método se realiza una estandarización usando el error estándar de la media de cada genotipo dentro de ambientes, además, permite la representación simultánea de la variabilidad de genotipos y ambientes, basada en el análisis de componentes principales (**Yan *et al.*, 2000**).

El modelo de regresión lineal en los sitios (SREG) se utiliza para el análisis de los datos provenientes de ensayos comparativos de rendimiento multi-ambientales, en especial cuando el ambiente es la fuente de variación más importante en relación con la contribución del genotipo y la IGA, proporciona un análisis gráfico del comportamiento (rendimiento y estabilidad) de los genotipos (**Ibañez *et al.*, 2006**). Este gráfico permite identificar el genotipo de mayor potencial en cada ambiente y agrupar genotipos y ambientes con patrones similares de respuesta (**Berti *et al.*, 2010**).

Un índice de selección puede ser la herramienta para ayudar al mejorador para la selección simultánea de múltiples características, además, es de gran ayuda en detectar el genotipo deseable (**Muhammad and Syed 2010**).

Yañez (2005), señala que un Índice de selección es la metodología utilizada para realizar selección de manera simultánea por varias características, la cual toma en consideración además de los aspectos genéticos, la importancia económica de las características involucradas. Está conformado esencialmente por dos ecuaciones; la primera, es

aquella en la cual se incluyen las características que se desea mejorar, es decir, las que comprenden el objetivo de selección y se denomina genotipo agregado; la segunda se constituye con las características sobre aquellas que se hace la selección, las cuales se denominan criterios de selección.

Restrepo *et al.*, (2008) Menciona que el índice de selección es un método de puntaje total en el cual se desarrolla una ecuación de regresión múltiple que da valores óptimos a la importancia económica de cada característica, la heredabilidad de cada característica y a las correlaciones genéticas y fenotípicas entre las características, de manera que permite separar genotipos con base en la evaluación simultánea de varios caracteres.

Los índices de selección ayudan a seleccionar los mejores individuos para el siguiente ciclo de cultivo, sobre la base de los valores fenotípicos observados. (Cerón *et al.*, 2006).

#### 4.- Procedimiento Experimental

El material genético a utilizar en el proyecto de investigación serán los 470 híbridos provenientes de las cruces de 120 líneas representativas del programa de mejoramiento del bajío con al menos tres líneas diferentes del mismo grupo, los híbridos simples se formaron en el verano del 2016.

Los ensayos de rendimiento se llevarán a cabo en el área del bajío de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el año 2017 y 2018, el diseño experimental fue un modelo de bloques completamente al azar con dos repeticiones y arreglo alfa-látice con 50 tratamientos por experimento.

Las variables a evaluar para proporcionar datos para posteriormente realizar los análisis son:

**Floración (macho y hembra):** estos datos se toman en campo, la floración del macho se toma al momento que el 50% de las plantas de cada material están liberando polen, y la floración de la hembra cuando el 50% de las plantas de cada material experimental tiene estigmas receptivos.

**Altura (planta y mazorca):** altura de planta distancia desde la base del suelo hasta donde se encuentra la hoja bandera de la planta, altura de mazorca la distancia del suelo hasta la inserción de la mazorca.

**Acame (raíz y tallo):** acame de raíz número de plantas con inclinación mayor de 30° con respecto a la vertical, acame de tallo número de plantas las cuales están quebradas en algún nudo de la planta por debajo de la mazorca principal.

**Mala cobertura:** número de plantas donde la cobertura no cubre por completo a la mazorca.

**Plantas con fusarium:** número de plantas donde se presentó un daño severo.

**Calificación de plantas:** se determinó en base a los mejores atributos de una planta (buen porte, sanidad, precocidad, potencial de rendimiento (buena mazorca) y vigor; se calificó del 1 al 9 proporcionándole 9 a los mejores materiales con plantas muy buenas y 1 a los materiales malos.

**Calificación de mazorca:** se toman características de tamaño de mazorca, número de hileras, uniformidad, sanidad y profundidad de grano y se califican del 1 al 9, dándole valor más alto a las mejores mazorcas que cuentan con los requisitos y número más bajo a las que están en mal estado.

**Peso de mazorca:** se obtendrá al momento de la cosecha, se pesaran todas las mazorcas cosechadas.

**Porcentaje de humedad y peso Hectolítrico:** tomada al momento de la cosecha con un determinador de humedad que al mismo momento dará el resultado de peso hectolítrico.

**Rendimiento de grano (Rend).** En toneladas por hectárea de un grano al 15.5 % de humedad en todos los tratamientos.

Los resultados se obtendrán de un análisis de varianza para determinar que existe diferencia entre los materiales evaluados, para ello se utilizarán los siguientes modelos:

Modelo individual:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + B_j(R_i) + T_k + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = variable observada de la i-esima repetición del j-esimo bloque del k-esimo tratamiento.

$\mu$  = efecto de la media general.

$R_i$  = efecto de la i-esima repetición.

$B_j$  = efecto del j-esimo bloque dentro de la i-esima repetición

$T_k$  = efecto del k-esimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  = efecto del error.

Modelo combinado

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + R_{j(i)} + B_{k(j,i)} + T_l + AT_{il} + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde:

$Y_{ijkl}$  = variable observada del i-esimo ambiente, de la j-esima repetición, del k-esimo bloque, del l-esimo tratamiento

$\mu$  = efecto de la media general.

$A_i$  = efecto del i-esimo ambiente

$R_{j(i)}$  = efecto de la j-esima repetición dentro del i-esimo ambiente

$B_{k(j,i)}$  = efecto del k-esimo bloque dentro de la j-esima repetición, dentro de i-esimo ambiente

$T_l$  = efecto del l-esimo tratamiento

$AT_{il}$  = efecto del i-esimo ambiente, del l-esimo tratamiento

$\varepsilon_{ijkl}$  = efecto del error

posteriormente se realizará un índice de selección para la elección de líneas parentales sobresalientes; el cual se construirá en base a su valor de aptitud combinatoria general (ACG). Los valores de ACG se generarán mediante el modelo línea por probador con las variables seleccionadas, para construir el índice de selección; se obtendrán de las tendencias naturales de agrupamiento entre las variables observadas mediante un gráfico biplot, el IS se estimará por repetición para poder analizarlo mediante un análisis de varianza que demuestre que hay diferencia entre los índices para poder seleccionar a las mejores líneas más destacadas. simultáneamente se realizará un índice de selección básico para seleccionar los híbridos sobresalientes

Se utilizará el siguiente modelo de índice de selección:

$$IS = \left[ \left( (Y_i - M_j)^2 * I_k \right) + \left( (Y_i - M_j)^2 * I_k \right) + \dots + \left( (Y_i - M_j)^2 * I_k \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

**IS.** Es el índice de selección.

$Y_i$ . Es el valor de la variable en unidades z.

$M_j$ . Es el valor de la meta deseada para cada variable.

$I_k$ . Es la intensidad de selección para cada variable.

- En este proyecto se tienen los compuestos balanceados de los primeros ciclos de selección de tres poblaciones de color (roja, azul y verigada) en el ciclo de verano se sembrarán 2500 semillas de cada uno para derivar al menos 1000 líneas  $S_1$  con la idea central de fijar el color en cada población, además de practicar selección *per se* para otras variables de interés.

Cronograma de Actividades para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Preparación de riego, siembra y primera fertilización				x	x							

Segunda fertilización y aplicación de herbicidas e insecticidas					x	x	x						
Riegos y toma de datos				xx	x	x	x	x	x	x			
Cosecha											x		

Cronograma de distribución de presupuesto para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Compra de cintilla y fertilizantes				x								
Compra de agroquímicos				x	x	x						
Compra de bolsas y glassines						x	x					
Costalera								a				

Duración total del proyecto

Año de Inicio	2018	Año estimado de conclusión	2020
---------------	------	----------------------------	------

#### 5.-Productos Esperados

- Una tesis de maestría
- Tres tesis de licenciatura
- validación de dos híbridos simples

#### 6.-Literatura Citada

- Berti, M., Fischer, S., Wilckens, R., Hevia, F., Johnson, B. 2010. Adaptation and Genotype x Environment Interaction of Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) Genotypes in South Central Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70(3):345-356 (July-September).
- Cerón, R. J. J., J. Crossa., J. Sahagún C., F. Castillo G. y A. Santacruz V. 2006. A Selection Index Method Based on Eigen Analysis. *Crop science* 46(4): 1711-1721.
- Chura-Chuquija y Tejada-Soraluz. (2014). Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *IDESIA (Chile) Volumen 32, (1): 113-118.*
- De León, C. H.; Rincón, S. F.; Reyes, V. M. H.; Sámano, G. D.; Martínez, Z. G.; Cavazos, C. R. y Figueroa, C. J de D. (2005). Potencial de rendimiento y estabilidad de combinaciones germoplásmicas formadas entre grupos de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 28(2):135 -143.
- FIRA, Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura. 2016. Panorama Agroalimentario, dirección de investigación y Evaluación Económica y Sectorial; Maíz 2016 [en línea]. Documento electrónico fuente internet. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2017]. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama\\_Agroalimentario\\_Ma\\_z\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf).
- Gauch H. G., Hans-Peter P., y Annicchiarico P. 2008. Statistical Analysis of Yield Trials by AMMI and GGE: Further Considerations. *Crop Science*, 49: 866-889
- Ibañez, M.A., Cavanagh, M.M., Bonamico, N. C., Di Renzo, M. A. 2006. Análisis gráfico mediante biplot del comportamiento de híbridos de maíz. *RIA*, 35 (3): 83-93. INTA, Argentina.
- Kandus, M. D. Almorza and J. Salerno. 2010. Statistical models for evaluating the genotype-environment interaction in maize (*Zea mays* L.) *Int. J. Exp. Bot.* 79:39-46.
- Luna M. B. M., Ma. A. Hinojosa R., O. J. Ayala G., F. Castillo G. y J. A. Mejía C. 2012. Perspectiva de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35 (1): 1-7.

Muhammad, J. A. and Syed, S. M. 2010. Selection indices for yield and quality traits in sweet corn. Pak. J. Bot. 42(2):775-789.

Restrepo, G., E. J. Pizarro. y J. H. Quijano. 2008. Indices de Selección y Niveles Independientes de Descarte Para dos Características Productivas u Reproductivas en un Hato Holstein (*Bos taurus*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 21(2): 239-250.

SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2010) Cuarto Informe de Labores de SAGARPA. México, D.F. 178 p.

Yan, W., L. A. Hunt., Q. Sheng and Z. Szlavnic., 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation base don the GGE biplot. *Crop Sci.* 40(3): 597-605.

Yáñez, C. L. F. 2005. Índice de Selección: Sugerencias Para su Utilización. *Manual de Ganadería Doble Propósito* 106-110.