



Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación

Proyecto de Investigación 2018

Unidad:	Saltillo	División:	Agronomía	Departamento:	Instituto Mexicano del Maíz, departamento de Fitomejoramiento
Tema estratégico (ANA/PEP):		ANA Maíz, mejoramiento genético			
Línea de investigación:		Estudios genéticos de maíz utilizando la poliembrionía			
Título del proyecto: Generación de nuevas variantes de maíz que combinan germoplasma de materiales poliembriónicos y fuentes de resistencia a sequía					
Presupuesto solicitado (Máximo \$75,000)		\$ 60 000	El proyecto es:		Nuevo <input checked="" type="checkbox"/> Continuidad <input type="checkbox"/>
Tipo de investigación:		Básica <input type="checkbox"/> Aplicada <input checked="" type="checkbox"/> Tecnológica <input type="checkbox"/>	e-mail del responsable jespvel839@gmail.com		
Vinculación:		Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	Fondos concurrentes: Recursos del proyecto Fon.Sec. SEP-CONACYT Ciencia Básica CV-2015- 03SORD2416.		
Cooperante(s): UAdeC Departamento de Investigación en Alimentos. INIFAP Campo Experimental Río Bravo.					
Entidad (es):		Coahuila y Tamaulipas	Municipio (s): Saltillo y General Cepeda, Coah. y Río Bravo, Tamps.		
Localidades: Campos Experimentales de Buenavista-UAAAN, e INIFAP-Río Bravo, y un predio agrícola localizado a 2 Km al sureste de la cabecera municipal de General Cepeda					
A realizar durante el(los) año(s): 2018 y 2019					
Participantes		Adscripción (Clave Depto.)		Expediente No. Firma	
Responsable		Dr. José Espinoza Velázquez		IMM-Fitomej. 230	
Colaborador:		Dr. Humberto Reyes Valdés		Fitomejoramiento 2174	
Colaborador:		Dr. Mario E. Vázquez Badillo		CCDTS-Fitomej. 3268	
Colaborador:		Dra. Adriana Carolina Flores Gallegos		UAdeC, DIA s/n	
Colaborador:		Dr. Raúl Rodríguez Herrera		UAdeC, DIA s/n	
		Grado por obtener		Matrícula Firma	
Tesista:		Reyna Rojas García		Doctorado 41041013	
Programa Docente:		Recursos Fitogenéticos para Zonas Áridas			
Tesista:		Edilvar Geovani Roblero Muñoz		Maestría 41111514	
Programa Docente:		Fitomejoramiento			
Tesista:		Israel Maceda Sánchez		Maestría 41081400	
Programa Docente:					
Vo. Bo.			Autoriza		
Firma y sello					
Nombre		Ing. Gustavo A. Burciaga Vera Jefe de Departamento		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:
Generación de nuevas variantes de maíz que combinan germoplasma de materiales poliembriónicos y fuentes de resistencia a sequía	\$ 60, 000

#### 2.- Introducción

La poliembriónia en maíz (PEm) es un recurso genético con potencial de aportar más materia seca por semilla germinada, mayor calidad nutrimental de grano, y rendimiento con productividad a los genotipos que lo contienen. Por otra parte, la producción de maíz bajo la modalidad de temporal escaso requiere de materiales varietales que se adapten a condiciones de sequía durante el ciclo de producción. La UAAAN, a través del IMM cuenta con dos poblaciones de maíz que contienen alta frecuencia (de 55 a 65 %) del mutante poliembriónia, denominado en breve como PEm. Una de ellas corresponde a tipos de maíz de altura normal, y es denominada como IMM-UAAAN-NAP, o simplemente NAP. La segunda población se caracteriza por ser de braquítica (enana) y se denomina IMM-UAAAN-BAP, o en breve, BAP.

La investigación desarrollada por la UAAAN para variedades de maíz de temporal ha sido limitada, y las aportaciones más significativas se refieren a la generación de dos variedades y un híbrido adaptables a las condiciones del Sureste de Coahuila y regiones semejantes. Las variedades son: VAN-210 liberada en los años 70's siglo pasado, y Jaguan, registrada ante el CNVV en 2011, y con título de obtentor a favor de la UAAAN en 2012. El híbrido AN-310, es un material semi-enano, de buen rendimiento y tolerante a la sequía.

De acuerdo al panorama nacional de producción de maíz, la información base publicada por organismos, tales como el SIIAP, FIRA, INIFAP y otros indica que por varias décadas la producción de maíz en México es en las modalidades de riego y temporal, la primera ocupa actualmente una superficie no mayor de 1.4 millones de hectáreas, mientras que producción de temporal se ha llevado a cabo en el intervalo de 5.8 a 6.2 millones de hectáreas, superficies que representan alrededor del 80 % del total de la superficie anual dedicada al maíz.

Como es sabido, las tierras agrícolas de temporal en México son muy variadas, destacando como de buen temporal varias regiones de Jalisco, Estado de México, Michoacán, entre otros, y en donde se registran rendimientos mayores a la media nacional de 2 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, las entidades federativas enclavadas en la vasta región árida y semiárida del país, como es el caso de Coahuila, presentan localidades de producción de maíz en temporales con precipitación pluvial escasa, en niveles promedios de 370 a 410 mm anuales, en muchas ocasiones con una distribución errática. La media regional de rendimiento maíz-grano y rastrojo (forraje para consumo de animales de importancia zootécnica) del sureste de Coahuila se ubican en el intervalo de 500 a 800 kg ha<sup>-1</sup> (Aguirre *et al.*, 2010). Esta condición, sin duda, puede mejorarse, y para bien de la economía rural y sus pobladores, debe mejorarse.

El proyecto que se presenta aquí está diseñado para general combinaciones de germoplasma de maíz que integren genotipos poliembriónicos y diversas fuentes de resistencia a sequía. La hibridación resultante será utilizada para derivar nuevo germoplasma con cualidades agronómicas aprovechables, de mayor calidad nutrimental en grano, y con niveles varios de resistencia o tolerancia a sequía.

Es pertinente señalar que este proyecto se inscribe como parte concurrente a un proyecto externo, aprobado por CONACYT con duración de tres años, a partir de enero 2017. El manejo de cuatro ciclos agrícolas que se requieren para desarrollar el mencionado nuevo germoplasma, irá a la par con estudios que aplican metodologías moleculares, las cuales están concebidas para determinar las proteínas y/o ARNs transcritos específicos presentes en dos de los procesos del ciclo de la planta de maíz, la formación de grano y el proceso de germinación de la semilla, en germoplasma con poliembriónia.

#### Objetivos

- Generar híbridos con dosis de germoplasma poliembriónia-resistencia a sequía (PEm-RaS) en proporciones de 50: 50.

- Desarrollar entremezcla del germoplasma PEm-RaS.
- Obtener al menos 36 nuevos grupos genotípicos que combinen las dos características.

#### Hipótesis

La recombinación por tres ciclos del germoplasma PEm - Resistencia a sequía que utiliza una proporción de 50: 50 % de sus fondos genéticos, permiten la recuperación del mutante adicionando tolerancia a sequía.

#### 3.-Revisión de Literatura

El volumen de producción anual de maíz en México en los 18 años recientes (2004 – 2016) oscila entre 20 y 24 millones de toneladas, con una caída severa a 17 millones en 2011, esto por la incidencia de condiciones adversas de agentes abióticos como fueron heladas en la región maicera del noroeste del país, y granizadas atípicas en diferentes regiones (FIRA, 2016; SIAP, 2015; ANA, 2016). De las primeras dos fuentes se puede tomar información para señalar que la superficie dedicada a la producción de maíz, la de temporal representa de 75 a 81 % del total nacional, y del 60 al 65 % del volumen total de producción. Estas características de la producción nacional destaca la importancia de seguir contribuyendo con tecnología apropiada para las estrategias de producción para la agricultura maicera de temporal.

La investigación en maíz sometido bajo condiciones de sequía es un tema ampliamente abordado dentro y fuera de México. El CIMMYT ha investigado sobre maíz sequía por varios años generando información desde varios aspectos, entre ellos las propuestas en mejoramiento genético de maíz bajo sequía (Lafitte and Edmeades, 1994; Banziger *et al.*, 1997; Edmeades *et al.*, 1997) y compilada en su mayor parte por Banziger *et al.*, 2012.

La literatura científica utilizando metodologías moleculares en temas de maíz sequía también es numerosa, como lo publicado por Bruce *et al.* (2002) quienes presentan una revisión sobre las nuevas metodologías en desarrollo para lograr una mayor comprensión de los mecanismos moleculares de la tolerancia a sequía. Un enfoque sobre el tema investigando de manera global la expresión de genes y sus diferencias en genotipos tolerantes y susceptibles a la sequía en variedades criollas de maíces de México es la publicada por Hayano-Kunashiro *et al.* (2009). Los autores señalan las diferencias en tasa fotosintética, conductancia estomática, acumulación de azúcares y prolina, así como los patrones de expresión de genes, atribuidos a los genotipos bajo estudio. Indiscutiblemente, la respuesta a estrés hídrico por plantas de maíz es un fenómeno complejo, que involucra la acción de la mayor parte del genoma, pues la sequía climática puede presentarse en diferentes etapas durante el ciclo de vida de la planta.

En la UAAAN, el tema maíz-sequía o maíz para producción de temporal ha merecido atención en diferentes etapas de trabajos en la función investigación. Una de las fuentes iniciales es el trabajo de López y Castro (1976) investigando sobre la estabilidad de variedades de maíz bajo condiciones de riego y sequía. También se trabajó en la evaluación del comportamiento de uno de los híbridos de la UAAAN (AN-430 R) sometido de manera artificial a sequía, en diferentes etapas fenológicas del maíz (Gándara y Zermeño, 1989). Otra investigación fue sobre determinación de la resistencia a sequía en el híbrido AN-310 llevado a cabo por Vargas y Oyervides(1991). Como se señaló en la introducción de este proyecto, los materiales varietales que han sido transferidos por la UAAAN a la agricultura maicera regional, son el híbrido radial AN-310, y las variedades VAN-210 y Jaguan. Esta última se detalla en la publicación de Rincón *et al.* (2014).

#### 4.- Procedimiento Experimental

La investigación en cuestiones agronómicas, materia de esta propuesta, se llevará a cabo en tres etapas, que se desarrollarán en cinco ciclos agrícolas. Este verano (junio a noviembre, 2017) se llevó a cabo el primero de los cinco ciclos, y se tiene el plan de desarrollar dos ciclos por año en 2018 y 2019. Las localidades de siembra serán Río Bravo, Tamps., Buenavista, saltillo, y General Cepeda, Coah.

**Etapas 1.** Ciclo agrícola verano-otoño 2017, se generaron 108 familias S1 de maíz, a partir de seis grupos segregantes de la poliembrionía de tercera generación (denominados grupos G3). En el inicio de esta línea de trabajo (verano de 2014), se partió de cruzamientos entre genotipos de las poblaciones NAP o BAP con líneas de alta endogamia, libres del mutante PEm, representantes del maíz común o normal.

Las F1 de cada grupo se recombinaron al azar (primavera-verano, 2015) y dieron origen a las F2. Las semillas F2 (primavera-verano, 2016) fueron sembradas en cajas de germinación bajo condiciones de invernadero, y evaluadas en cuanto a su capacidad de segregar el carácter PEm. La proporción esperada del mutante en F2 es de 1/16, es decir, 6.25 %, de acuerdo al modelo de herencia propuesto por Rebolloza *et al.* (2011). Las plántulas (21 días de edad) con el carácter PEm fueron trasplantadas a macetas con capacidad de 20 L, y desarrolladas hasta su etapa adulta. La polinización se llevó a cabo dentro de cada grupo a través de cruza fraternales planta a planta, generando familias de hermanos completos (HC), los cuales son los grupos de tercera generación (G3). Cabe mencionar que la frecuencia promedio de PEm en estos G3 es de 18 %, tres veces más que en F2.

En junio de 2017, se tomaron muestras al azar de 200 semillas de cada uno de seis de los grupos G3 y fueron sembradas en cajas de germinación bajo invernadero, y las plántulas fueron evaluadas a los 21 días de edad. Inmediatamente después, de cada grupo se tomaron 30 matas (cada mata es un caso de plantas hermanas dobles o triples) y 30 plantas individuales, las cuales representan una semilla-una plántula, aparentemente No-PEm. Estas plántulas fueron trasplantadas a suelo, dentro del invernadero, el día 4 de julio, 2017. A floración, la polinización fue por autofecundación, generándose de este modo las familias S1, que representan la generación 4 (G4), dentro de cada grupo. El total de mazorcas obtenidas por autofecundación (cosecha de 26 de noviembre, 2017) fue de 108 familias S1, de las cuales se seleccionaron 36 familias, representando por igual a cada uno de los seis grupos G3. Los grupos G4 contienen un nivel de endogamia de 75 %.

Actualmente, se ha solicitado a CIMMYT muestras de tres líneas endogámicas y una variedad, catalogadas como resistentes a la sequía (RaS). Y se solicitará al banco de germoplasma de INIFAP una muestra de la población Michoacán-21 y Maíz Cajete, tolerantes y/o resistentes a sequía. Como material propio, se utilizará una muestra de VAN-210 y otra de AN-310.

**Etapas 2.** Ciclo agrícola febrero-junio, 2018, a realizarse en INIFAP-Río Bravo, Tamaulipas (En breve: RB), y Ciclo agrícola verano-otoño, 2018, a realizarse en Buenavista, Coah. (En breve: BV).

En RB, serán establecidos los 36 genotipos G4 y 7 genotipos RaS en disposición que permitan la hibridación (F1) entre plantas hembra de los G4 y polinizadores los 7 genotipos RaS. A obtener un mínimo de 10 mazorcas por cruzamiento.

En BV se establecerán los 242 grupos F1 para generar igual número de F2.

**Etapas 3.** Ciclo agrícola febrero-junio, 2019, a establecerse en RB, y en el ciclo agrícola verano-otoño en BV, y General Cepeda (GC).

En RB se establecerán las 242 progenies F2 para determinar a los casos segregantes de la PEm, y utilizar a plántulas de este tipo para generar los grupos G3 por el método de apareamiento preferencial positivo.

En BV y GC se establecerán dos ensayos de rendimiento con el objeto de evaluar el comportamiento de los genotipos G3 derivados de la combinación de germoplasmas PEm y RaS. La evaluación de estos genotipos será en ambientes de riego y sequía.

Los estudios sobre la determinación de proteínas que se producen durante los procesos de germinación de genotipos G4 se llevarán a cabo durante fechas de enero a junio, 2018, y los relativos a las proteínas que se producen durante la formación del grano en los mismos materiales se harán durante los meses de agosto y septiembre, 2018. Esta parte no se incluye en esta propuesta ya que forma parte del proyecto "Identificación y secuenciación de regiones de DNA que controlan poliembriónia en maíz" financiado con recursos del Fondo Sectorial SEP-CONACYT Ciencia Básica CV-2015- 03SORD2416.

Cronograma de Actividades para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Siembras en INIFAP-Río Bravo, Tamps. (RB) Cruzas entre genotipos PEm x genotipos resistentes a sequia (RaS) = F1		X										
Desarrollo del establecimiento en RB			X	X	X	X						
Siembras de Genotipos F1 en Buenavista (BV) y desarrollo del establecimiento. Generar grupos F2						X	X	X	X	X	X	X

Cronograma de distribución de presupuesto para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Reporte de resultados (informe)						X						X

Duración total del proyecto

Año de Inicio	2018	Año estimado de conclusión	2019
---------------	------	----------------------------	------

5.-Productos Esperados

- Genotipos F2 que combinan germoplasma PEm y fuentes de resistencia a sequía (RaS)

6.-Literatura Citada

Aguirre M., V. J., F. Rincón S., R. Ramírez S., O.G. Colón A., M. G. Razo M. 2010. Modelo para la conservación de maíces criollos en el sureste de Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. México. 49 p.

Agenda Nacional Agrícola. 2017. Maíz. Agenda Nacional de Investigación, Innovación y transferencia de Tecnología Agrícola. pp 113-114. México.

Bänziger, M., F. J. Betrán and H. R. Lafitte. 1997. Efficiency of High-Nitrogen Selection Environments for Improving Maize for Low-Nitrogen Target Environments. *Crop Science*. 37 (4): 1103-1109.

Bänziger, M., G.O. Edmeades, D. Beck y M. Bellon. 2012. *Mejoramiento para aumentar la tolerancia a sequía y a deficiencias de nitrógeno en el maíz: De la teoría a la práctica*. México, D. F. CIMMYT.

Bruce, W. B, G O Edmeades, and T C Barker. 2002. Molecular and Physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*. 53 (366): 13-25.

FIRA. 2016. Panorama Agroalimentario - Maíz 2016. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Fideicomiso Instituido para la Agricultura y Ganadería, FIRA. México.

Gándara y Zermeño- 1989. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah.

G.O. Edmeades, M. Bänziger, H.R. Mickelson, and C.B. Peña-Valdivia, (eds.). 1997. *Developing Drought- and Low N-Tolerant Maize*. Proceedings of a Symposium, March 25-29, 1996, CIMMYT, El Batán, Mexico. Mexico, D.F.: CIMMYT.

Hayano-Kunashiro *et al.* (2009).

Lafitte, H. R., G. O. Edmeades. 1994. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize I. Selection criteria. *Field Crop Reseaech*. 39: 1-14.

López y Castro. 1976. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah.

Rincón-Sánchez, F., N. A. Ruiz-Torres, R. Cuellar-Flores y F. Zamora-Cancino. 2014. "Jaguan", variedad criolla mejorada de maíz para áreas de temporal del sureste de Coahuila, México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 37 (4): 403 – 405.

Vargas y Oyervides. 1991. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah.