



Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación

Proyecto de Investigación 2018

Unidad:	SALTILLO	División:	AGRONOMÍA	Departamento:	FITOMEJORAMIENTO
Tema estratégico (ANA/PEP):	PRODUCCION Y MULTIPLICACION DE SEMILLAS MEJORADAS				
Línea de investigación:	MEJORAMIENTO GENÉTICO DE TRIGO HARINERO BAJO CONDICIONES DE RIEGO				
Título del proyecto:	MEJORAMIENTO GENETICO DE TRIGO HARINERO PARA DOBLE PROPOSITO EN EL NORTE DE MEXICO				
Presupuesto solicitado (Máximo \$75,000)	\$75,000.00	El proyecto es:	Nuevo	Continuación	X
Tipo de investigación:	Básica	Aplicada	X	Tecnológica	X
Vinculación:	Si	X	No	Fondos concurrentes:	EN ESPECIE
Cooperante(s):	CIMMYT				
Entidad (es):	COAH. Y N.L.		Municipio (s):	SAN PEDRO, ZARAGOZA, NAVIDAD	
Localidades:	SAN PEDRO, BUENAVISTA y ZARAGOZA, COAH. Y CAMPO EXP. "NAVIDAD" N.L				
A realizar durante el(los) año(s):	2018				
Participantes		Adscripción (Clave Depto.)	Expediente No.	Firma	
Responsable	VICTOR MANUEL ZAMORA VILLA	0203	2602		
Colaborador:	MODESTO COLIN RICO	0203	552		
Colaborador:	MARÍA ALEJANDRA TORRES TAPIA	0203	2771		
Colaborador:					
Colaborador:					
		Grado por obtener	Matrícula	Firma	
Tesista:	CITLALLI MATUS TRISTE	LICENCIATURA			
Programa Docente:					
Tesista:					
Programa Docente:					
Tesista:					
Programa Docente:					
Firma y sello			Autoriza		
Nombre	DR. ALFONSO LÓPEZ BENÍTEZ Jefe de Departamento		Dr. Armando Robledo Olivo Subdirector de Programación y Evaluación		

- Cada Jefe de Departamento deberá dejar copia para su archivo

1.-Titulo del proyecto

Presupuesto solicitado:

MEJORAMIENTO GENETICO DE TRIGO HARINERO PARA DOBLE PROPÓSITO EN EL NORTE DE MÉXICO	\$75,000.00
--	-------------

2.- Introducción

En el Norte de México la superficie dedicada al cultivo del trigo harinero se ha visto seriamente afectada en los últimos años, debido principalmente a los bajos precios internacionales y a la apertura de las fronteras para la importación de dicho cereal (y en este año la eliminación de aranceles), lo cual ha mermado fuertemente la rentabilidad del mismo y ocasionó que los productores trigueros del Noroeste y la región centro-norte de nuestro Estado se enfocaran a producir trigo duro para exportación y cebada, respectivamente, en nuestro estado éste fenómeno se debió a que los productores recibieron mayor financiamiento y mejor precio de garantía que el trigo por parte de Impulsora Agrícola. Sin embargo las condiciones de dicha región favorecieron la presencia de enfermedades foliares, por lo cual la producción de cebada se vio fuertemente afectada debido a la incidencia de Tizones, desalentando el creciente interés por dicho cereal. Debido a lo anterior los productores de dicha región están volviendo a su esquema anterior y una alternativa para incrementar la rentabilidad del trigo es la formación de materiales para doble propósito, ya que la obtención de uno o dos cortes de forraje previo a la obtención del grano representa un incentivo extra, sobre todo si consideramos que la zona norte de nuestro país es predominantemente ganadera.

Otra área importante que se beneficiaría con el uso de variedades de trigo de doble propósito, es aquella sembrada bajo condiciones de temporal (2,500 ha), donde se explotan materiales criollos a los cuales se les da este manejo (un pastoreo y producción de grano), debido principalmente al deterioro de los pastizales naturales y la nula producción que estos presentan en el invierno.

Actualmente no existen en el mercado variedades diseñadas para doble propósito, restringiéndose al uso de materiales criollos como: Pelón Colorado y Candeal, con la desventaja de su alta susceptibilidad a enfermedades (roya de la hoja y tallo) y bajos rendimientos (menos de 800 Kg/ha), aunque con la ventaja de su mayor tolerancia al stress hídrico.

Ante este panorama y considerando que en los últimos años la presencia irregular de lluvias se ha agudizado, el potencial de trigos para doble propósito es bastante amplio, considerando los ambientes con y sin limitaciones de humedad. Para apoyarnos en la selección y evaluación se usará metodologías basadas en el uso de infrarrojo, que se han mostrado ser de gran apoyo.

Según el FIRA (1997) la producción de forrajes es el rubro donde mayormente se puede incrementar las ganancias de las explotaciones lecheras del norte de nuestro País y si consideramos que las variedades de doble propósito pueden emplearse como consumo directo y en las raciones para los animales, la aplicación potencial de materiales de éste tipo se amplían. Debemos remarcar aquí, que los materiales de trigo con barbas o aristas son menos deseables dado que pueden ocasionar laceraciones en la boca del animal al momento de ser consumida por lo que se requiere de materiales con poca o nula presencia de aristas.

En nuestro País, salvo algunos estudios aislados poco se ha hecho para investigar y mejorar este cereal para doble propósito y menos aún en las zonas semiáridas como las del área de influencia de la U.A.A.N., que se caracterizan por la presencia recurrente de stress hídrico, adicionalmente la mayoría de las variedades actualmente cultivadas poseen porte semienano con alto potencial de producción de grano, pero que no son apropiadas para las condiciones de nuestra región.

Recientemente el proyecto MASAGRO contempla entre sus líneas de investigación, la descripción y utilización de materiales criollos como donadores de genes de resistencia a condiciones adversas, así como genotipos de otros países que se encuentran en el banco de germoplasma del CIMMYT, proyecto en el cual la UAAAN participa a través de integrantes del Programa de Cereales.

Dentro de los trabajos desarrollados en nuestra Universidad, se han identificado materiales que presentan características favorables de producción de forraje y grano, que pueden ser una alternativa viable para aumentar la

rentabilidad del trigo bajo condiciones de riego considerando el enfoque del doble propósito y que potencialmente podrían presentar un gran impacto en las regiones lecheras dado que no presentan aristas. Así también, se han identificado genotipos criollos con mayor producción de grano que los tradicionales Pelón Colorado y Candeal, sin embargo, éstos no se han utilizado comercialmente para el doble propósito.

Objetivos

- Desarrollar, evaluar y derivar líneas uniformes de trigo harinero para doble propósito, con adecuada sanidad y adaptación en el área de influencia de la U.A.A.A.N., como una alternativa para elevar la rentabilidad de este cereal.
- Generar variabilidad genética mediante el cruzamiento de líneas mejoradas con materiales criollos, buscando incorporar características deseables para producción de forraje y tolerancia a sequía.

Hipótesis

Es posible generar nuevas variedades que combinen características de materiales criollos y mejorados que les confieran características que potencien su uso para el doble propósito.

3.-Revisión de Literatura

Los primeros programas de mejoramiento de plantas forrajeras iniciaron en los Estados Unidos en 1930 (Burton, 1989) por lo que su desarrollo ha llegado incluso a mejoramiento para incrementar la calidad del ensilaje producido (Mask *et al.*, 1994) o calidad *per sé* del forraje (Rao *et al.*, 2000), así como el establecimiento de oficinas de extensionismo para dar la asesoría a los productores de forraje con este cereal (Krezner, 2001) y es en este país donde se dedican grandes superficies al doble propósito de este cereal aprovechando sobre todo la humedad residual que dejan las grandes nevadas, una desventaja para los productores mexicanos es que las variedades desarrolladas son principalmente de hábito invernal, cuyo fotoperíodo no se satisface con las condiciones del norte de nuestro País. Sin embargo otros países como Argentina, también han mostrado un considerable adelanto en este apartado (Bainotti *et al.*, 2001).

Los métodos de mejoramiento utilizados para mejorar esta especie para producción de forraje han sido variados (Matzinger y Wersman, 1968; Brim y Stuber, 1973; Benítez, 1981; Serrano, 1983; Hernández, 1987; Benítez y Molina, 1983) y uno de los más usados por la economía y sencillez es el masal modificado (CIMMYT, 1986), con buenos resultados a lo largo de la historia.

En nuestro País, salvo algunos estudios aislados poco se ha hecho para investigar y mejorar este cereal para doble propósito y menos aún en las zonas semiáridas como las del área de influencia de la U.A.A.A.N., que se caracterizan por la presencia recurrente de stress hídrico, adicionalmente la mayoría de las variedades actualmente cultivadas poseen porte semienano con alto potencial de producción, pero que no son apropiadas para las condiciones de sequía (Pringgle y Vogel, 1968), aunque recientemente se ha demostrado que esta aseveración no es del todo válida, ya que al parecer existe suficiente variabilidad genética dentro de la especie para lograr genotipos con tolerancia al stress hídrico (CIMMYT, 2002).

En México poco o nulo esfuerzo se ha hecho con miras a explotar el trigo para doble propósito, éste y otros cereales se utilizan para la producción de forraje cosechándolo directamente con el animal o mediante mecanización. Así tanto el trigo como la avena, cebada, triticale y centeno son utilizados en explotaciones lecheras como complemento productivo durante el invierno de las praderas perennes que maneja el productor de forrajes.

Actualmente instituciones como el CIBNOR se encuentran enfocados a la identificación de cultivos forrajeros alternativos para zonas áridas y semiáridas con períodos de sequía recurrentes en el Noroeste de México, donde una de las opciones con mayor potencial lo constituyen los cereales de invierno (www.cibnor.mx/proyectos/2003), por su parte INIFAP es la institución que más tiempo y esfuerzo ha invertido en el mejoramiento genético para condiciones de temporal, con logros relevantes sobre todo para los valles altos de México, que poseen condiciones muy diferentes a las de nuestras zonas semiáridas (Villaseñor *et al.*, 2000). Por lo cual todo esfuerzo encaminado a solventar las necesidades de las citadas zonas semiáridas es de alta relevancia, sobre todo para no continuar con la inercia mencionada por Christiansen y Lewis (1987), de solamente esperar que el año siguiente presente mejores condiciones

para la producción.

Como apoyo en la selección de nuevos genotipos con características deseables, se hará uso de sensores infrarrojos para determinar la presencia y condición de la vegetación mediante el Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI) y temperaturas del dosel mediante termómetros infrarrojos, relacionando menores temperaturas con mayores rendimientos de grano (Pask *et al.*, 2012) y altos valores del NDVI con la biomasa producida (Cabrera-Bosquet *et al.*, 2011; Pask *et al.*, 2012; Perry *et al.*, 2012), lo cual se espera apoye la eficiencia de selección de materiales para el doble propósito.

Finalmente cabe señalar que actualmente no existen en el mercado variedades diseñadas para doble propósito y tolerancia al stress hídrico.

4.- Procedimiento Experimental

Atendiendo a los objetivos del presente proyecto se describe el procedimiento en dos grandes apartados: **a)**- lo correspondiente al doble propósito con materiales imberbes, integrado por alrededor de 60 líneas uniformes, cuya metodología normalmente utilizada salvo algunas variantes ocasionales consiste en:

- Obtención de familias F1
- Avance generacional y obtención de familias F2 a F8 seleccionadas
- Derivación de líneas uniformes
- Evaluación en pruebas preliminares de rendimiento (PPR)
- Evaluación en ensayos de rendimiento locales
- Evaluación en ensayos de rendimiento regionales
- Multiplicación de semilla y caracterización de líneas
- Validación y demostración de líneas avanzadas
- Registro de nuevas variedades.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Durante todo este proceso de mejoramiento, en campo se descartan aquellas líneas o familias que presentan tipo de planta inadecuado para la producción de forraje, mala cobertura y sobre todo susceptibilidad a enfermedades (roya de la hoja principalmente), para lo cual se realizarán visitas periódicas en las etapas críticas del desarrollo de los materiales: amacollamiento, encañe, floración y etapa de llenado de grano (lechoso-masoso), además de la madurez fisiológica, aplicando la metodología de selección masal modificada.

Después de la cosecha y trilla, en bodega se evaluarán y descartarán materiales con defectos en el grano o semilla, como grano chupado, con aberturas ventrales profundas y/o enfermedades fungosas (punta negra) o deficiencias (panza blanca), mediante selección visual o basados en parámetros como el peso volumétrico.

TAMAÑOS DE PARCELA

En el caso de las PPR se utilizarán parcelas de 4 surcos espaciados a 0.3 m y longitud de 3.0 m, sin repeticiones, con un testigo cada 10 materiales. En los ensayos locales o regionales se usarán parcelas de 6 surcos a 0.3 m de espaciamiento y 3.0 m de longitud bajo un diseño alfa-látice con tres repeticiones, con el fin de controlar mejor las diferencias en el suelo, así como las diferencias entre y dentro de bloques.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizará mediante el análisis de varianza del diseño utilizado en campo y se compararán las medias de producción de forraje y grano mediante la DMS al nivel de significancia detectado por el análisis. Adicionalmente se utilizarán técnicas multivariadas para el análisis de estructura de la covarianza y agrupar individuos semejantes.

De las líneas uniformes con características adecuadas para el doble propósito, se realizarán determinaciones de valor nutritivo del forraje y calidad de semilla, con el fin de contar con la información necesaria para su futura validación y/o liberación y registro como variedad comercial.

b)- Para la generación de variabilidad genética y determinación de efectos génicos se utilizará un diseño dialélico, utilizando el Método IV de Griffing (1966), que trabaja solo con las cruzas directas entre los progenitores (4 Criollos y 4 Primaverales).

Este es el diseño más utilizado y las cruzas posibles que maneja son $p(p-1)/2$, de tal manera que estas son las que se

toman en cuenta en el análisis de varianza de bloques al azar $a=p(p-1)/2$ y el análisis de varianza para la habilidad combinatoria quedará como:

F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	ESPERANZAS DE CUADRADOS MEDIOS	
				MODELO I	MODELO II
ACG	p-1	Sg	Mg	$\sigma^2 + (p-2)(1/p-1) \sum gi^2$	$\sigma^2 + \sigma^2 s + (p-2) \sigma^2 g$
ACE	p(p-3)/2	Ss	Ms	$\sigma^2 + 2/p(p-3) \sum \sum_{ij} sij^2$	$\sigma^2 + \sigma^2 s$
ERROR	ab(c-1)	Se	Me'	σ^2	σ^2

Sumas de cuadrados calculadas como:

$$Sg = 1/p-2 \sum_i Y_i^2 - 4/p(p-2) Y_{..}^2$$

$$Ss = \sum \sum_{i < j} Y_{ij}^2 - 1/p-2 \sum_i Y_i^2 + 2/(p-1)(p-2) Y_{..}^2$$

Se = S.C. ERROR del ANVA como bloques entre el No. de repeticiones.

Bajo el **MODELO I** este diseño trabaja con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + 1/bc \sum \sum_{kl} e_{ijkl}$$

y se consideran las siguientes restricciones:

$$\sum_i g_i = 0 \quad \text{y} \quad \sum s_{ij} = 0 \quad (\text{para cada } j) \quad \text{tambi\u00e9n:}$$

$$Me' = Me/bc$$

y las pruebas pertinentes de F quedar\u00e1n como:

$$F \text{ para ACG} = Mg/Me'$$

$$F \text{ para ACE} = Ms/Me'$$

y los efectos se estiman como:

$$\mu = 2/p(p-1) Y_{..}$$

$$g_i = 1/p(p-2) \{p(Y_i - 2 Y_{..})\}$$

$$s_{ij} = Y_{ij} - 1/p-2 (Y_i + Y_j) + 2/(p-1)(p-2) Y_{..}$$

y por supuesto es necesario calcular las varianzas y errores estandar para los efectos y diferencias de efectos.

Bajo el **MODELO II** (Aleatorio) este dise\u00f1o trabaja con el modelo estad\u00edstico:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + 1/b \sum_k b_k + 1/b \sum_k (bv)_{ijk} + 1/bc \sum \sum_{kl} e_{ijkl}$$

de nuevo solo la media se considera fija y la esperanza de Me' es:

$$E(me') = 1/bc (\sigma^2 e + c \sigma^2 bv) = \sigma^2$$

Nuestras pruebas de F quedar\u00e1n como:

$$F \text{ para ACG} = Mg/Ms$$

$$F \text{ para ACE} = Ms/Me'$$

Los componentes de varianza pueden ser estimados como sigue:

$$\sigma^2 g = 1/p-2 \{Mg - Ms\}$$

$$\sigma^2 s = Ms - Me'$$

Y la interpretaci\u00f3n gen\u00e9tica de estas varianzas es:

$$\sigma^2 g = \frac{1}{2} \sigma^2 A \quad \text{y} \quad \sigma^2 s = \sigma^2 D$$

por lo tanto:

$$\sigma^2 A = 2 \sigma^2 g \quad \text{y} \quad \sigma^2 D = \sigma^2 s$$

En forma general estas interpretaciones est\u00e1n dadas por:

$$\sigma^2 g = (1+F/4) \sigma^2 A \quad \text{y}$$

$$\sigma^2 s = (1+F/2)^2 \sigma^2 D$$

Donde: F = Coeficiente de endogamia de los progenitores y como en todos los diseños se asume que los progenitores tienen un alto nivel de endogamia, de ahí se derivan las interpretaciones dadas.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Para los progenitores del diseño dialélico se determinarán variables de laboratorio y campo, en el laboratorio se determinará tamaño y peso de semilla, germinación, vigor, longitud del coleóptilo, tasa de imbibición y ajuste osmótico. En campo se determinará la emergencia, cobertura inicial y hábito de crecimiento, biomasa a preantésis, características anatómicas del tallo y de la hoja, amacollamiento, volumen del pedúnculo y temperatura del dosel pre y post-antésis, adicionalmente se determinará el NDVI en al menos dos etapas de la planta.

TAMAÑOS DE PARCELA

Para los bloques de cruzamiento se utilizarán parcelas de cuatro surcos de tres metros de longitud y separación de 30 cm, estableciendo al menos tres fechas de siembra para asegurar la coincidencia de los progenitores. Para la evaluación se utilizarán parcelas de seis surcos de las mismas dimensiones con tres repeticiones bajo un diseño de bloques al azar, en tanto en laboratorio se utilizará un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la evaluación de campo y laboratorio se utilizará el análisis de varianza descrito arriba y la comparación de medias mediante Duncan al nivel de significancia detectado en el análisis. Posteriormente con los promedios de las características evaluadas se realizarán los análisis multivariados siguientes: análisis de componentes principales, análisis de conglomerados y correlación canónica.

Cronograma de Actividades para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Siembra	X	X									X	X
Fertilización	X	X	X								X	X
Riegos	X	X	X	X	X						X	X
Control de plagas y malezas	X	X	X	X								X
Toma de datos		X	X	X	X	X						
Cosecha					X	X	X					
Análisis de datos							X	X	X			
Escritura de artículos e informe									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
Siembra	5	5									4	5
Fertilización	2	2	1								1	2
Riegos	1	1	1	1	1							1
Control de plagas y malezas	1	1	2	2								1
Toma de datos		5	3	5	5	2						
Cosecha					5	5	3					
Análisis de datos						1						
Escritura de artículos e informe									1			

Duración total del proyecto

Año de Inicio	2018	Año estimado de conclusión	Indefinido
---------------	------	----------------------------	------------

5.-Productos Esperados

- Al finalizar el 2018 obtener una línea uniforme imberbe caracterizada con todos sus descriptores, y solicitar su registro como variedad forrajera.
- Contar con información sobre calidad de forraje de las 5 mejores líneas, para sustentar la toma de decisiones respecto a futuras liberaciones y programa de cruzas.

- Contar con al menos 10 líneas élite sin barbas, de excelente comportamiento y producción.
- Seleccionar al menos 10 familias avanzadas de alto potencial de rendimiento y adecuada sanidad.
- Evaluar 5 Familias F5 provenientes de la cruce entre materiales de diverso hábito de crecimiento.
- Generar al menos un artículo científico y un trabajo de tesis.

6.-Literatura Citada

- Bainotti, C., Amigone, M., Fraschina, J. Y Salines, J.** 2001. Evaluación de cultivares de trigo para doble propósito. EEA- Marcos Juárez INTA. Argentina.
- Benítez, R.I.** 1981. Mejoramiento genético de autógamias como alógamas II. Resultados en trigo. en: Márquez, S.F. (ed). Producción y genotecnia de plantas autógamias. AGT Editor. México, D.F., México.
- Benítez, R.I. y J.D. Molina.** 1983. Selección masal estratificada en trigo (*Triticum aestivum* L): I. Rendimiento de grano. Agrociencia 19: 91-99. México.
- Cabrera-Bosquet, L., Molero G., Stellaci A., Bort J. Nogués S. y Araus J.** 2011. NDVI as a potential tool for predicting biomass, plant nitrogen content and growth in wheat genotypes subjected to different water and nitrogen conditions. Cereal Research Communications 39 (1):147-159.
- Christiansen, M.N. and Lewis, C.F.** 1987. Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables. Ed. LIMUSA. México, D.F.
- Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR).** 2003 Proyectos de investigación. En: www.cibnor.mx/proyectos/2003
- Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA).** 1997. Oportunidades de desarrollo de la ganadería en México. Boletín informativo XXXIX: p294. México.
- Hernández, S.A.** 1982. Antecedentes del mejoramiento genético de trigo en México. En: Germen, Sociedad mexicana de Fitogenética, Boletín No. 4 32-46. Chapingo, edo. De México, México.
- Pask, A.J.D., Pietragalla, J., Mullan, D.M. and Reynolds, M.P. (Eds.).** 2012. Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping. México, D.F. CIMMYT.
- Perry, E.M., Fitzgerald, G.J., Poole, N., Craig, S. and A. Whitlock.** 2012. NDVI from active optical sensors as a measure of canopy cover and biomass. XXII ISPRS Congress. 25 august-01 september 2012. Vol. 39, Num. B8, , 317-319. Melbourne , Australia.
- Serrano, C.** 1983. Selección masal vs selección combinada en trigo I. Avances genéticos. Revista Chapingo 79-80: 71-74. México.
- Villaseñor, M.H.E. y Espitia, R.E.** 2000. El trigo de temporal en México. SAGAR-INIFAP-CIRCE.C.E.V.M. Libro técnico no. 1. Chapingo, edo. De México, México.