



Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación

Proyecto de Investigación 2018

Unidad: Saltillo División: Agronomía Departamento: Fitomejoramiento

Tema estratégico (ANA/PEP): Producción y multiplicación de semillas mejoradas

Línea de investigación: Producción de semillas

Título del proyecto: Evaluación del comportamiento agronómico y el potencial de rendimiento de genotipos de sorgo para grano

Presupuesto solicitado (Máximo \$75,000) 75,000 El proyecto es: Nuevo x Continuación

Tipo de investigación: Básica Aplicada x Tecnológica e-mail del responsable naveda26@hotmail.com

Vinculación: Si No x Fondos concurrentes: No

Cooperante(s):

Entidad (es): Coahuila Municipio (s): Saltillo

Localidades: UAAAN

A realizar durante el(los) año(s): 2018

Participantes	Adscripción (Clave Depto.)	Expediente No.	Firma
Responsable	Dr. Antonio Flores Naveda	425105011	
Colaborador:	Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo	425105011	
Colaborador:	MP. Víctor Manuel Villanueva Coronado	3615	
Colaborador:			
Colaborador:			
Colaborador:			

	Grado por obtener	Matrícula	Firma
Tesista:	Tesistas de licenciatura (2)	Título Licenciatura	
Programa Docente:	Ingeniero Agrónomo en Producción		
Tesista:			
Programa Docente:			
Tesista:			
Programa Docente:			

	Vo. Bo.	Autoriza
Firma y sello		
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

Protocolo para Proyecto de Investigación 2018

1 - Titulo del proyecto

Presupuesto solicitado:

Evaluación del Comportamiento Agronómico y el Potencial de Rendimiento de Genotipos de Sorgo para Grano	75,000
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------

2.- Introducción

El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) es un cultivo importante en la alimentación humana y animal, se cultiva en áreas marginales de precipitación y en regiones tropicales y semiáridas del mundo. Una característica importante del sorgo es su gran variedad de mecanismos para tolerar el calor y la sequía. El origen del cultivo se remonta en África, particularmente en Etiopía, Sudan y la región este de África.

El sorgo pertenece a la familia de las gramíneas Poaceae, es considerado como uno de los cereales más importantes en el mundo. Existen alrededor de 30 especies de sorgos: *Sorghum bicolor* es cultivado para grano y forraje, mientras que el *S. halepense* (L.) Pers. (Zacate Johnson) y *S. propinquum* (Kunth) Hitchc., son cultivados para forraje. Los parientes silvestres del sorgo incluyen *S. bicolor subsp. verticilliflorum* (Steud.) de Wet ex Wiersema & J. Dahlb. (sorgo común silvestre; sinónimo: *S. arundinaceum*), *Sorghum purpureosericeum* (Hochst. ex A. Rich.) Asch. & Schweinf y *Sorghum versicolor* (Andersson). El sorgo es importante para la dieta de la población mundial, es extremadamente tolerante a la sequía, siendo una excelente opción de cultivo para las regiones áridas y semiáridas del mundo (ICRISAT, 2008).

Las especies son divididas en cinco razas (Rosenow and Dahlberg, 2000). La raza Bicolor es considerada la raza más primitiva de sorgo para grano, presenta una panícula abierta y fuerte con glumas que cubren a una semilla pequeña. La raza Guinea es un sorgo de grano comúnmente cultivado en el oeste de África, tiene una panícula suelta, pequeña con glumas abiertas y un grano muy duro. La raza Caudatum es la fuente primaria con diversos atributos para el rendimiento de los híbridos modernos de sorgo para grano. La raza Kafir, originaria del sureste de África presenta alto rendimiento y una panícula de tipo semi-compacta, esta raza ha sido una fuente importante de mantenedores para la esterilidad citoplásmica masculina. Finalmente, la raza Durra, originaria del este de África central, se caracteriza por presentar una panícula compacta que nace en un pedúnculo recurvado, que lo hace inadecuado para la cosecha mecánica. Las semillas son grandes y de color amarillo cremoso o blanco con un buen potencial de rendimiento, esta raza es además una fuente de citoplasma A₁, utilizado para la producción de semilla híbrida de sorgo.

La producción mundial de sorgo es de 53.8 millones de toneladas, los principales países productores son Estados Unidos, India, Nigeria, México y China, quienes participan con el 69% de la producción (SIAP, 2017).

De acuerdo con el reporte perspectivas agrícolas 2016-2025 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción mundial de los cereales secundarios (sorgo, cebada y avena), crecerá a una tasa promedio anual del 1.1%, hacia 2025, impulsada principalmente por la demanda de alimentos y en segundo lugar, por la demanda de forrajes. La expansión del uso de los alimentos proviene principalmente del África, mientras que la expansión de la demanda como forraje proviene de manera importante de China. Por lo tanto, las proyecciones, indican que el consumo mundial de sorgo crecerá a una tasa promedio anual de 1.1% y a finales del periodo la relación inventarios consumo será del 17.2% (OCDE-FAO, 2016).

Los efectos adversos del cambio climático actual, limitan la producción agrícola en las diversas regiones del mundo. Por lo tanto, se deben de buscar cultivos agrícolas que permitan, tolerancia a calor y sequía, como es el caso del cultivo de sorgo, por lo tanto, es el principal cereal de cultivo que se siembra en las diversas regiones áridas y semiáridas del mundo (Flores *et al.*, 2012).

El sorgo se utiliza para elaborar alimentos balanceados para aves, cerdos, ganado vacuno, entre otros. Se consume como grano entero o como harina, para la elaboración de productos alimenticios para consumo humano. Asimismo, se utiliza para la producción de almidón, dextrosa, miel de dextrosa, aceites comestibles y bebidas, como en la elaboración de cervezas.

La demanda de sorgo en México, segundo consumidor mundial, durante el ciclo comercial 2015/2016 se estableció en 6.2 millones de toneladas. Las expectativas para el 2017, estimaron un crecimiento de 16.1% en la demanda, por lo tanto, el volumen de consumo se proyectó a 7.2 millones de toneladas. Dicho incremento, debido al crecimiento en la producción de grano, destinado para consumo animal (USDA, 2016).

Por lo anterior, se debe realizar investigación y desarrollo tecnológico, orientado hacia la generación de innovaciones que contribuyan al incremento de la productividad y rentabilidad del sector agropecuario, mediante un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, ante el reto de incrementar la producción de grano en cultivos básicos, debido a la proyección en el incremento de la población mundial.

El presente proyecto de investigación aplicada, está enfocado en el subsector agrícola, orientado en el tema estratégico, producción y multiplicación de semillas mejoradas, de acuerdo a la Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología Agrícola 2016-2022. En donde se consideran, temas de innovación e investigación en materia de conservación, producción, mejoramiento genético, comercialización y transformación o agroindustrialización de los 85 cultivos agrícolas más representativos del país, como es el caso del cultivo de sorgo para grano.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar, seleccionar y caracterizar germoplasma de sorgo para grano con potencial para consumo animal y humano.

Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico, la uniformidad y estabilidad de nuevas líneas experimentales de sorgo para grano.
- Seleccionar las líneas con mayor potencial de rendimiento y composición bioquímica en calidad del grano.
- Realizar el examen de distinción, homogeneidad y estabilidad (TG/122/4), Descripción Varietal del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), basado en los principios de la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV).
- Realizar la publicación de un recetario completo con diversos productos alimenticios elaborados a base de harina y masa nixtamalizada de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para consumo humano.

Hipótesis

- Es posible que en las nuevas líneas experimentales de sorgo a evaluar, existan genotipos que reúnan las características agronómicas y la calidad del grano.

3.-Revisión de Literatura

El aumento del rendimiento en los cultivos es uno de los principales objetivos del mejoramiento genético de las plantas, como consecuencia en una creciente demanda de alimentos de una población en constante crecimiento, a su vez se busca crear nuevas variedades de plantas resistentes a plagas y enfermedades con un genotipo que ensamble

los genes que permitan ajustar el crecimiento vegetal, bajo la dinámica de los factores ambientales de un ambiente de producción particular con la finalidad de incrementar el rendimiento y la calidad de los productos agrícolas (Allard, 1964).

El cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) es el quinto cereal más importante del mundo después del trigo, maíz, arroz y cebada (ICRISAT, 2016), (FAO, 2016). La semilla es la portadora del potencial genético que determina la productividad y constituye el insumo más importante para alcanzar altos rendimientos en un cultivo (Flores *et al.*, 2013). La semilla de alta calidad es uno de los insumos más importantes para asegurar un buen establecimiento de plántulas en campo (ISTA, 2016).

El sorgo presenta un promedio de polinización cruzada de un 2 al 10% en tipos silvestres con panoja abierta. Las flores con un tipo de gluma grande o muy larga no se abren y es cuando ocurre el fenómeno llamado cleistogamia, que es cuando el grano de polen es llevado de las anteras hacia el estigma en una misma flor. Aunque, es una planta predominantemente autógena, la protoginia puede causar por lo menos un 5% de polinización cruzada natural. La integridad genética del sorgo es mantenida por autofecundación. Los estigmas que quedan expuestos, antes de que las anteras se abran están sujetos a la polinización cruzada natural. El descubrimiento de la esterilidad genético-citoplasmica en sorgo, ha hecho posible la producción comercial de semilla híbrida, en donde la planta macho estéril, desarrolla anteras que producen polen inviable (House, 1985).

Diseño y síntesis de nuevas variedades

El diseño de una nueva variedad consiste en incorporar genes que determinan las características agronómicas deseables, las cuales permitirán tener un genotipo en donde el crecimiento y desarrollo se ajustará a la variación de las condiciones propias de un ambiente de producción en particular, identificándose como una nueva variedad apta para la producción en la región para la cual se diseñó. Las especies vegetales mejoradas que se siembran pueden ser de cuatro tipos (Valdés *et al.*, 1997). 1) variedades de polinización libre. 2) variedades tipo línea pura. 3) variedades híbridas y 4) variedades clonales.

Polinización y fertilización

Cuando el estigma llega a ser visible, los filamentos del estambre se alargan y las anteras llegan a ser pendientes. Este proceso toma alrededor de diez minutos, la flor permanece abierta de 30 a 90 minutos después de la dehiscencia de las anteras, el vertimiento o salida del polen se realiza a través del poro apical.

Desarrollo de la semilla de sorgo

Después de la fertilización el núcleo del endospermo forma un pequeño número de núcleos libres cerca del cigoto. Este forma un tejido celular que es el momento en el cual el cigoto experimenta la segunda división nuclear. El desarrollo del embrión es gradual, la deposición de los granos de almidón inicia alrededor de los diez días después de la fertilización. El desarrollo de la semilla de sorgo se divide en tres etapas: estado lechoso, estado masoso y la etapa de madurez fisiológica final cuando el grano está duro.

La semilla de sorgo es un cariósipide también llamado grano, las semillas son de forma esférica con el embrión en la base, su color puede ser rojo, café, café rojizo, café oscuro, blanco, blanco amarillento, amarillo, naranja, crema y negro. El endospermo es usualmente blanco, algunas veces amarillo. La semilla puede ser de varias formas elíptica, elíptica estrecha y circular. El color de las glumas durante la madurez del grano puede ser blanco, rojo, amarillo, amarillo pálido, café pálido, café rojizo, café oscuro y negro.

La semilla consta de tres partes: pericarpio (capa externa o testa 6% del peso total), el endospermo (tejido de

almacenamiento 84%) y embrión (germen 10%). El pericarpio es una capa delgada. El grano está compuesto por un eje embrionario y escutelo. El embrión se compone de un 70% de lípidos y 13% de proteína en el grano. El endospermo puede comprender un 100% de tejido suave harinoso o algunas veces pequeñas porciones cristalinas o solidas cristalinas en la semilla, presenta capa de aleurona, con una parte externa cristalina y en la parte central comprende el endospermo harinoso.

Mantenimiento de líneas de sorgo

El sorgo es una planta predominantemente autógena que presenta poca depresión de endogamia. Sin embargo, los niveles significativos de cruce natural pueden ocurrir, el nivel de cruzamiento varía según el tipo de panícula en un 10% en forma compacta (House, 1985). El mejoramiento puede ser logrado, mediante selección de las líneas más productivas en la mezcla por autofecundación para desarrollar una variedad tipo línea pura. Sin embargo, debido a la tendencia de cruzamiento natural, estas líneas puras requieren de mantenimiento por autofecundación para mantener su pureza genética.

La inflorescencia del sorgo es una panícula que varía en tamaño y forma desde ramas sueltas colgantes, hasta una panoja compacta y ovalada (IBPGR e ICRISAT, 1993) el desarrollo de espiguillas y flores en la inflorescencia continua cubierta por la hoja bandera, la diferenciación del primordio en partes florales, puede tardar alrededor de 30 días para mostrarse (House, 1985). Aunque la planta es principalmente autógena, la protoginia puede causar una tasa de por lo menos el 5% de polinización cruzada natural, por tanto, la integridad genética de las accesiones de sorgo se mantiene por autofecundación.

La integridad genética de una línea de sorgo se mantiene mediante la autofecundación, cuando se regeneran gran cantidad de accesiones simultáneamente y no es posible aislarlas, es necesario cubrir las panículas de sorgo con bolsas de papel, previo a la antesis para mantener la pureza de las líneas.

Manejo agroecológico de plagas

Para el control de plagas en el cultivo de sorgo, se contempla utilizar trampas con feromonas para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano soldado (*Spodoptera exigua*) con el objetivo de realizar un manejo agroecológico de plagas para mantener las poblaciones de insectos plaga por debajo del umbral económico. Se establecerán cuatro trampas con feromonas a 25 metros de las orillas en la parcela experimental de sorgo.

Las trampas con feromonas atraen y capturan al macho de la palomilla, ya que simulan el aroma de la hembra, evitando los apareamientos que ocurren en forma natural, disminuyendo la infestación de la plaga., cada cuatro días se realizaba el cambio de agua en la trampa para evitar la pérdida del efecto de las feromonas por el mal olor (INIFAP, 2016). Después del inicio de antesis, se contempla realizar la liberación de crisopas, para control biológico del pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari/sorghii*).

Asimismo, mediante la implementación de una fecha óptima de siembra para el cultivo de sorgo, se logra reducir el efecto de la incidencia del aumento de las poblaciones del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari/sorghii*). Además, se recomienda un programa adecuado de nutrición vegetal, aprovechamiento de enemigos naturales, así como un manejo racional de insecticidas, asimismo se recomienda eliminar oportunamente socas, zacate johnson, plantas voluntarias y plantas silvestres hospederas, para lograr un manejo integrado y por lo tanto, enfrentar con éxito ésta plaga que actualmente limita la producción del cultivo de sorgo. Es muy importante la presencia de insectos depredadores, entre ellos catarinas, las cuales son enemigos naturales y contribuyen significativamente en el manejo integrado del pulgón amarillo.

Manejo agronómico y requerimientos del lote de producción de semillas

Durante el manejo del lote de producción de semilla de sorgo, se deberá realizar un estricto control de malezas, principalmente de correhuela y zacate Johnson. La correhuela, además de ser una maleza que compite con el cultivo por nutrientes, agua y luz es un contaminante físico de la semilla, ya que produce semillas de tamaño y forma muy similares a las del sorgo y es muy difícil separarlas durante el acondicionamiento.

Requerimientos de aislamiento para la producción de semilla de sorgo

Se recomienda considerar los siguientes aislamientos: a) Un aislamiento de 300 metros como mínimo de otros sorgos comerciales para grano en todas las direcciones, b) 500 metros de sorgos forrajeros (*S. bicolor* x *S. sudanense*) c) 5,000 metros de sorgos escoberos, d) 400 metros de zacate Johnson (*Sorghum halepense*) y e) 1,000 metros de zacate sudan (*Sorghum sudanense*).

Cuando se realice la siembra durante el ciclo agrícola P-V será necesario intensificar el control de malezas, plagas y enfermedades. Además, si durante el período de emergencia de la panícula sobre la hoja bandera se presentan temperaturas frescas acompañadas de alta humedad relativa, es fundamental prevenir la aparición de la enfermedad denominada "Ergot" (*Claviceps africana*), que ataca la inflorescencia del sorgo y por lo tanto, afecta la producción de semilla, por lo tanto, se recomienda realizar aplicaciones preventivas con el fungicida a base del ingrediente activo (Propiconazole), se deberán realizar tres aplicaciones al inicio de la antesis, antesis media y fin de antesis.

Desmezcle

Esta práctica se realiza desde poco antes de la floración, durante y después de ésta y antes de la cosecha. Al desmezclar los lotes de producción de semilla de sorgo para remover las plantas indeseables o fuera de tipo, es necesario arrancar toda la planta de raíz, en vez de cortar las panículas, debido a que los hijos tardíos y ramas laterales pueden florecer y producir semilla. Los surcos machos y hembras deben ser cuidadosamente desmezclados, en los surcos machos se requiere especial cuidado para reducir la cantidad de polen indeseable en el campo, en los surcos hembra, las plantas fértiles y aquellas fuera de tipo, se deben arrancar antes de que liberen polen. Las plantas fuera de tipo, pueden diferir en características tales como altura, tipo de panoja, color de anteras, color de planta y presencia o ausencia de aristas.

En el lote de producción de semilla, antes del inicio de la floración, durante la etapa de madurez de grano y previo a la cosecha, se deben eliminar las plantas fuera del tipo, esto es diferentes en porte a la variedad que se multiplica. Posteriormente, se debe realizar la cosecha, una vez que el grano alcanza su madurez fisiológica final. Una cosecha ideal para sorgo destinado como semilla, es cuando presente entre un 14 y 16% de contenido de humedad. Además, es necesario considerar la depuración en precosecha de panojas verdes y de otro tipo morfológico.

Tratamiento de la semilla de sorgo

El tratamiento de la semilla de sorgo es fundamental para garantizar la sanidad de la semilla y evitar ataques de plagas y patógenos, durante las etapas de germinación de la semilla y emergencia de la plántula. El objetivo es proteger las semillas y aumentar su desempeño en el campo durante sus primeras etapas vegetativas.

Se recomienda utilizar los siguientes productos que se encuentran a nivel comercial para el tratamiento de semilla de sorgo, los cuales son: Vitavax (Carboxin + thiram) fungicida agrícola suspensión acuosa, Allectus (insecticida), K-obiol, Captan, Clorpirifos-metil, Deltametrina y Rodamina como colorante. Maxim FS, Apron XL, Storcide, Concep III, Gaucho líquido Poncho, Precise. El Concep III líquido a una dosis de 1ml del producto en 200 ml de agua ó 1 ml del producto en 20 g de semilla de sorgo para un tratamiento efectivo.

Descripción varietal de sorgo

La descripción varietal de los genotipos de sorgo se realizará bajo condiciones de campo abierto, durante las diversas etapas fenológicas del cultivo de sorgo que comprende desde la etapa de plántula, hasta la etapa de madurez fisiológica final del grano y posteriormente durante postcosecha.

La descripción varietal se realizará en base a la guía técnica para la Descripción Varietal de Sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench, que recomienda el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la SAGARPA, la cual se encuentra basada en los principios de la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV, 2017) de acuerdo con las "Directrices para la ejecución del examen de la distinción, homogeneidad y estabilidad (TG/122/4) en el cultivo de sorgo".

Harina de sorgo para consumo humano

Actualmente, en los Estados Unidos de América existe un incremento en el uso del grano de sorgo como alimento, por la característica de alimento sin gluten, en donde se elaboran diversos productos alimenticios a base de harina como panes, pasteles y galletas (Dykes & Rooney, 2006). Actualmente, en el mercado Japonés de alimentos, se encuentran a la venta snacks (botanas), así como palomitas de sorgo blanco, importado de Estados Unidos.

En el Salvador el Laboratorio de Tecnología de Alimentos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), en colaboración con el Instituto para la Investigación en Sorgo y Mijo de los Estados Unidos de América (INTSORMIL), han desarrollado investigación en sorgos para la alimentación humana. Actualmente, se está promoviendo el uso de la harina de sorgo en la industria panificadora, ya que se ha encontrado que es factible técnica y económicamente en la elaboración de pan tradicional con un 100% de harina de sorgo (CENTA, 2011).

El grano de sorgo es una rica fuente de proteína, fibra, hierro, zinc y es rico en vitaminas del complejo B. Además, contiene altos niveles de antioxidantes, en los cuales se ha demostrado que el consumir el grano entero de sorgo ayuda a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo II, cáncer gastrointestinal (Awika & Rooney, 2004); (Dykes & Rooney, 2007). La harina sin gluten del grano entero de sorgo, es una excelente fuente de fibra dietética con 6.6 g/ 100 g de harina (USDA, 2011).

4.- Procedimiento Experimental

El proyecto de investigación se realizará, bajo condiciones de campo abierto en el Campo Experimental del Bajío de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizado en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Establecimiento de parcelas experimentales de sorgo

La siembra del cultivo de sorgo, se realizara durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018. Se utilizará germoplasma experimental de sorgo desarrollado inicialmente en trabajos de investigación a nivel Posgrado en mejoramiento genético de sorgo de instituciones nacionales, así como germoplasma introducido del Programa de Mejoramiento de Sorgo de Texas A&M University de Estados Unidos de Norteamérica y de germoplasma introducido del Programa de Mejoramiento Genético de Sorgo del International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) localizado en la India.

Se realizara la siembra de las parcelas experimentales de sorgo en el Campo Experimental del Bajío de la UAAAN, en donde se realizará la evaluación del comportamiento agronómico, uniformidad y estabilidad de las líneas experimentales de sorgo para grano con potencial para consumo animal y humano.

Diseño experimental

Se utilizará un diseño experimental de bloques completos al azar, en parcelas experimentales de un surco de 5 metros x 0.8 metros con 4 repeticiones. Para el análisis estadístico de las variables, se utilizará el programa estadístico SAS y/o SPSS, asimismo se realizará una prueba de comparación de medias en las variables en donde se detecte diferencia significativa entre tratamientos.

Previo a la floración se realizará la autofecundación de plantas con el objetivo de mantener la integridad genética de los genotipos de sorgo, por lo tanto, será necesario cubrir las panículas de sorgo con bolsas de papel, previo a la antesis para mantener su pureza en la producción de semilla.

Las plantas autofecundadas y cosechadas en cada unidad experimental, se almacenarán en sus bolsas correspondientes para posteriormente ordenarlas por repeticiones y tratamientos, las panículas que fenotípicamente sean superiores por rendimiento y tamaño de grano y por resistencia a factores bióticos y abióticos, se seleccionarán para el próximo ciclo agrícola.

Las plantas seleccionadas se desgranarán individualmente para avanzarlas al siguiente ciclo generacional, para continuar con el mejoramiento genético mediante el método genealógico.

Durante el crecimiento y desarrollo de las plantas de sorgo, se seleccionarán los mejores genotipos, en los cuales se realizará el examen de distinción, homogeneidad y estabilidad (TG/122/4) Descripción Varietal de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el ciclo agrícola (Otoño-Invierno). El examen antes mencionado, se encuentra basado en los principios de la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV) y de acuerdo a los lineamientos que establece el Grupo de Apoyo Técnico de Cereales, Oleaginosas, Forrajeras e Industriales (COFI) Órgano Colegiado del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la SAGARPA, México para el registro de nuevas variedades vegetales. Posteriormente, se contempla realizar el registro de las nuevas variedades, ante el SNICS de la SAGARPA.

Análisis de laboratorio

En muestras de grano de sorgo se realizará la limpieza, lavado y secado, para su procesamiento en harina. A su vez, se realizará el etiquetado de las muestras en paquetes individuales de 100 gramos cada una, para la determinación de un análisis proximal en un Laboratorio de Tecnología de Alimentos, para determinar la calidad del grano o en su caso de la harina procesada. Para determinar la calidad del grano de sorgo, se realizará el análisis de las siguientes variables: contenido de proteínas, humedad, lípidos, fibra, almidón, calorías, fenoles totales y taninos.

Cronograma de Actividades para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Planeación de la siembra, elaboración del croquis de campo, para establecimiento de parcelas experimentales de sorgo.	x											
Labores de preparación del terreno, delimitación en campo de las parcelas experimentales.	x											
Rotulación de sobres, preparación de la semilla experimental, tratamiento a la semilla previo a la siembra.		x										
Siembra en el Campo Experimental-Bajío UAAAN				x								
Revisión de literatura, para elaborar el recetario de productos a base de sorgo y elaboración de productos alimenticios con grano de reserva		x	x	x	x							
Evaluación de la germinación y emergencia de las plántulas, rotulación para identificación de las parcelas en campo				x								
Evaluación de la distinción, homogeneidad y				x	x							

estabilidad. Examen (TG/122/4). Descripción Varietal en etapa de plántula en el cultivo de sorgo. Plántula: coloración de antocianinas del coleóptilo, coloración de antocianinas del dorso de la primera hoja, coloración de antocianinas en vaina de la primera hoja																				
Manejo agronómico de las parcelas experimentales, riegos, control de malezas, fertilización, labores culturales, control de plagas y enfermedades (todas estas actividades se realizan durante las diversas etapas fenológicas del cultivo de sorgo que comprende un periodo de 120 días después de siembra, hasta llegar a la etapa de madurez fisiológica del grano para llegar a cosecha).				X	X	X	X	X												
Manejo agronómico de las parcelas experimentales de sorgo, evaluación y toma de datos de (incidencia de enfermedades foliares, acame, días a floración, altura de planta, uniformidad, longitud de excersión y panícula)				X	X	X	X	X												
Inspecciones de campo				X	X	X	X	X												
Eliminación de plantas fuera de tipo, previo a floración							X	X												
Descripción varietal a nivel de hoja. Evaluación de la coloración de antocianinas de la hoja (en etapa de 5ª hoja).				X	X															
Evaluación de días a floración a emergencia de la panícula y uniformidad de los genotipos de sorgo.							X	X												
Selección fenotípica de plantas y autofecundaciones, durante el inicio de antesis para mantenimiento e incremento de semilla pura							X	X												
Evaluación en la planta de la altura natural del follaje en la emergencia de panícula y en las hojas, se evaluara su color verde al momento de la emergencia de la panícula							X	X												
En la hoja bandera de la planta de sorgo, se evaluara la extensión de la decoloración de la nervadura central y coloración amarilla de la nervadura central							X	X												
Evaluación en glumas: color en floración, coloración de antocianinas, lema formación de aristas								X	X											
Evaluación de estigmas: coloración de antocianinas, coloración amarilla, longitud de estigma y longitud de la flor con pedicelo.								X	X											
Evaluación del proceso de polinización y llenado del grano de sorgo en sus etapas de madurez del grano								X	X											
Aplicación de fungicida-insecticida en las panículas para evitar Ergot del sorgo (<i>Claviceps africana</i>) y otras enfermedades en el grano								X	X											
Evaluación del descriptor: panícula, densidad al finalizar la floración									X											
Evaluación del descriptor: Estambre seco: color (después de terminar la floración), altura total de la planta en madurez, evaluación del diámetro del tallo al (primer tercio de la altura de la planta, en madurez)									X	X										
Evaluación de descriptores varietales en hojas: longitud de la tercera hoja de la parte superior, ancho de la tercera hoja de la parte superior									X	X										

Evaluación de descriptores varietales en panícula: longitud sin cuello, longitud de ramificaciones, densidad en madurez, forma de la panícula y cuello de panícula: longitud visible por arriba de la vaina								x	x										
En madurez fisiológica del grano, evaluación precosecha de la sanidad del lote experimental de sorgo y aplicación de fungicidas								x	x										
Evaluación de descriptores varietales en gluma: color en madurez y longitud de glumas								x	x										
Manejo agronómico de las parcelas experimentales de sorgo (riegos, control de malezas, fertilización, labores culturales, control de plagas y enfermedades)				x	x	x		x	x										
Evaluación y desmezcle de panículas fuera de tipo, previo a la cosecha del grano de sorgo								x	x										
Rotulación de las bolsas con el número de parcela experimental y la genealogía de la línea de sorgo								x											
Cosecha de las parcelas experimentales								x	x										
Acondicionamiento del grano de sorgo (cribado y limpieza) para eliminar glumas e impurezas									x										
Evaluación de descriptores varietales (caracteres cualitativos y cuantitativos) en el grano de sorgo en post-cosecha									x										
Preparación y rotulado de los sobres con 100 gramos de grano para identificación de las muestras y manejo en el laboratorio									x	x									
Análisis estadístico de los datos de rendimiento de grano en campo									x	x									
Presentación de resultados de variables agronómicas en congreso nacional y/o internacional										x									
Interpretación de resultados del análisis estadístico										x	x								
Envío de muestras para análisis de laboratorio										x	x								
Análisis estadístico e interpretación de los resultados de laboratorio											x	x							
Almacenamiento e inventario de la semilla de autofecundación para resguardo en el banco de germoplasma como semilla de reserva											x								
Preparación del grano, previo a la molienda: limpieza del grano											x	x							
Producción de harina													x						
Publicación de resultados del proyecto de investigación en revista indizada														x					x
Publicación del recetario de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench).																			x

Cronograma de distribución de presupuesto para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Labores de preparación del terreno												
Preparación del experimento, planeación de la siembra (compra de bolsas de papel, insumos para el tratamiento de la semilla experimental de sorgo).												
Compra de insumos agrícolas para el manejo agronómico del cultivo de sorgo												
Compra de bolsas de papel para autofecundación de plantas en inicio de anthesis												

Análisis de laboratorio																			
Compra de herramientas menores, para la cosecha manual de las panículas de sorgo																			
Trillado de las panículas																			
Compra de envases de plástico, contenedores, bolsas para el almacenamiento de la semilla experimental																			

Duración total del proyecto

Año de Inicio	2018	Año estimado de conclusión	2022
---------------	------	----------------------------	------

5.-Productos Esperados

- Obtención de semillas mejoradas de sorgo con potencial para consumo animal y humano, como parte del banco de germoplasma de cultivos de interés agrícola de la UAAAN.
- Informe técnico. Descripción varietal de líneas experimentales de sorgo con propósitos de registro en el CNVV del SNICS-SAGARPA.
- Resultados de análisis de laboratorio en muestras de grano, para la obtención de nuevos genotipos de sorgo con potencial.
- Publicación de un recetario completo de productos alimenticios elaborados a base de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench).
- Publicación de un artículo en revista indizada nacional y/o internacional.
- Presentación de resultados del proyecto en memoria de un congreso nacional.

6.-Literatura Citada

Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología, Agrícola 2016-2022. Primera edición, 2016. Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable. México.

Allard, R. W. y A. D. Bradshaw. 1964. Implications of genotype environment interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4: 503-504.

Awika, J. M., and L. W. Rooney. 2004. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry.* 65 (9): 1199-1221.

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2011. Guía técnica del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Capítulo VIII. Industrialización del grano de sorgo para consumo humano. San Andrés, La Libertad, El Salvador.

Dykes, L., Rooney, L.W. 2006. Sorghum and Millet phenols and antioxidants. *Journal of Cereal Science* 44 (2006) 236-251. Cereal Quality Laboratory. Department of Soil & Crop Sciences. Texas A&M University, College Station, Tx. 77843-2474, USA.

Dykes, L., Rooney, L.W. 2007. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Foods World.* AACC International, Inc. Texas A&M University, College Station, Tx. 77843-2474, USA.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2016. FAOSTAT. ProdStat database, yearly production (en línea). Consultado en Mayo del 2017. Disponible en <http://www.faostat.fao.org>

Flores-Naveda, A., Valdes L.C.G.S, Rooney W. L, Olivares S. E, Zavala G. F, Gutierrez D. A, Vazquez B. M. E. 2012. Grain yield of sorghum lines planted under irrigation and limited irrigation in Texas. *International Journal of Experimental Botany.* (2012) 81: 113-121.

Flores-Naveda, A., Valdes L.C.G.S, Zavala G. F, Olivares S. E, Gutierrez D. A, Vazquez B. M. E. 2013. Agronomic performance of sorghum seed production lines. *Agronomia Mesoamericana*. 24 (1): 111-118.

House, L. R. 1985. A guide to sorghum breeding. 2nd edition. Patancheru, A.P. 502324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT).

IBPGR and ICRISAT. 1993. Descriptors for Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). IBPGR, Rome, Italy. ICRISAT, Patancheru, India.

ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 2016. Annual report 2016. ICRISAT, Patancheru. Andhra Pradesh, India. 68 p.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2016. Manejo agroecológico de gusano cogollero. Manejo agroecológico de plagas del Hub Bajío-INIFAP. Agricultura de Conservación. CIMMYT-MasAgro. Abril, 2016.

ISTA (International Seed Testing Association). 2016. International rules for seed testing. Ed. ISTA. Suiza. 550 p

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2016. Perspectivas Agrícolas 2016-2025. Producción y consumo mundial de sorgo. Mercado mundial de cereales secundarios (sorgo, cebada y avena).

Poehlman, J. M. 2005. Mejoramiento genético de las cosechas 2a Edición. México D.F. Editorial Limusa.

Rosenow, D. T., and J. A. Dahlberg. 2000. Collection, conversion, and utilization of sorghum. In C.W. Smith and R. A Frederiksen (ed.) Sorghum Origin, History, Technology, and Production. John Wiley and Sons, New York, NY. 309-328.

UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). 2017. Sorgo. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Documento TG/122/4. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. Ginebra. 35 p. <http://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg122.pdf>. (Enero, 2017).

USDA (United States Department of Agriculture). 2011. Gluten free whole grain sorghum. An excellent source of dietary fiber. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 24. 2011. Item # 20648

USDA (United States Department of Agriculture). 2016. Foreign Agricultural Service. 2016. GAIN Report. Mexico. Grain and Feed Update.

Valdés, L. C. G. S., Gómez R. I. and Pedroza F. J. A. 1997. Practical use of heterosis in *Sorghum* x *Sudangrass Hybrids*. In: The genetics and exploitation of heterosis in crops. An International Symposium. CIMMYT. Book of Abstracts. p. 96. 17-22 August 1997. Mexico City. Mexico.