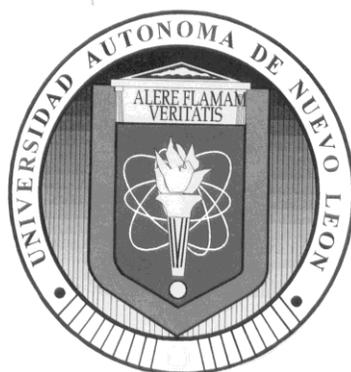


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**CONTRIBUCIONES AL DISEÑO DE UN BICULTIVO FORRAJERO  
DE HÍBRIDOS DE SORGO X PASTO SUDÁN (*S. bicolor* M. x *S.*  
*sudanense*) CON FRIJOL TÉPARI (*Phaseolus acutifolius* G.)**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS**

**POR**

**GUILLERMO RAY GUZMÁN FLORES**

**Marín, Nuevo León**

**Junio del 2006**

# INDICE

	Pag.
RESUMEN GENERAL	
GENERAL SUMMARY	
INDICE DE CUADROS POR CAPÍTULO	
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
i) Marco de referencia y planteamiento del problema	1
ii) Plantas forrajeras gramíneas y leguminosas	4
iii) Interacciones y productividad en policultivos	6
iv) Policultivos en la producción forrajera	11
v) Objetivos e hipótesis	14
vi) Metodología	15
Bibliografía	16
CAPÍTULO I	
Identificación de colectas de frijol tépari con potencial de asociación con híbridos de sorgo x Sudán	19
Introducción	19
Materiales y métodos	25
Resultados y discusión	27
Caracterización morfológica de los materiales	28
Caracterización por ciclo vegetativo	30
Comparación respecto a testigos	31
Consideraciones sobre el objetivo particular	31
Conclusiones y recomendaciones	32
Bibliografía	33
CAPÍTULO II	
Evaluación de la siembra asociada de un genotipo de frijol tépari con un híbrido de sorgo x pasto Sudán.	35
Introducción	35
Materiales y métodos	38
Resultados y discusión	41
Comportamiento de las plantas de híbrido de sorgo x Sudán	43
Comportamiento de las plantas de frijol tépari	44
Conclusiones	46
Bibliografía	46
CAPÍTULO III	
Capacidad de asociación de cuatro genotipos de frijol tépari domesticados con un híbrido de sorgo x pasto Sudán.	48
Introducción	48
Materiales y métodos	53
Resultados y discusión	56
Conclusiones y recomendaciones	60
Bibliografía	61

CAPÍTULO IV	Evaluación del comportamiento asociativo de seis materiales silvestres de frijol tépari con un híbrido de sorgo x pasto Sudán.	64
	Introducción	64
	Materiales y métodos	66
	Resultados y discusión	68
	Conclusiones	71
	Bibliografía	71
CAPÍTULO V	Efectos de densidades de siembra sobre la producción de biomasa de un híbrido de sorgo x pasto Sudán y su interpretación con fines de asociación con frijol tépari.	72
	Introducción	72
	Materiales y métodos	74
	Resultados y discusión	75
	Conclusiones	76
	Bibliografía	77
CAPÍTULO VI	Alelopatía de híbridos de sorgo x pasto Sudán sobre genotipos de frijol tépari.	79
	Introducción	79
	Materiales y métodos	85
	Resultados y discusión	87
	Conclusiones	90
	Bibliografía	91
CAPITULO VII	Producción de semillas de ocho materiales de frijol tépari en Zacatecas.	93
	Introducción	93
	Materiales y métodos	95
	Resultados y discusión	98
	Conclusiones	107
	Bibliografía	108
CAPITULO VIII	Grado de sensibilidad del frijol tépari a un ataque incidental de <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Phaseolicola</i> y su influencia en el rendimiento de grano	111
	Introducción	111
	Materiales y métodos	115
	Resultados y discusión	116
	Evaluación de la enfermedad	116
	Conclusiones	122
	Bibliografía	122

RESULTADOS Y DISCUSIÓN GENERAL	124
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	131

## INTRODUCCIÓN GENERAL

### **i) Marco de referencia y planteamiento del problema.**

Uno de los distritos de desarrollo rural (DDR) más importantes del estado de Nuevo León es el DDR Apodaca, ubicado en la franja central este-oeste del mismo, que incluye a 26 municipios, entre ellos a los de Pesquería y Los Ramones. El distrito se destaca por incluir más de 20 mil hectáreas de superficie irrigable, el 20% de la estatal (INEGI, 1994).

Los municipios de Pesquería y Los Ramones se encuentran en el centro del estado entre los 25°48' y 25°42' de latitud norte y los 99°37' y 100°04' de longitud oeste, sobre altitudes que varían entre los 226 y los 381 m.s.n.m. El clima predominante es  $BS_0(h)hw''(e')$ , es decir seco,  $P/T < 22.9$ , temperatura media anual de 22°C, con lluvias en verano, muy extremo; las unidades de suelos más comunes son xerosoles y rendzinas; la vegetación predominante es de matorral subespinoso-espinoso y áreas menores de pastizales en Los Ramones; la topografía es predominantemente de lomeríos suaves y bajadas; la mayor parte de la superficie irrigada es con aguas residuales del Río Pesquería, aunque superficies menores por bombeo (Guzmán, 1984).

Los cultivos más comunes son trigo, sorgo para grano, sorgo forrajero (que incluye a los híbridos de sorgo x pasto Sudán) y maíz para grano y forraje. Además de ser una zona agrícola importante, el DDR Apodaca también lo es en el ámbito ganadero, en la producción extensiva de becerros en la mayoría de las unidades de producción e intensiva de leche en algunos establos (García, 1992; INEGI, 1994). Las necesidades de forrajes para la producción ganadera se solventan en los ranchos del DDR Apodaca por una o varias de las siguientes vías: el pastoreo libre en terrenos de agostadero, el pastoreo en paraderas artificiales, la producción de forrajes de corte para el consumo, la adquisición en el mercado. Por otro lado, la producción de forrajes de corte se destina al consumo en el propio rancho o al mercado. La demanda de forrajes de corte se resuelve con la oferta intradistrital de heno de zacate buffel, sorgo forrajero, maíz forrajero e híbridos de sorgo x pasto Sudán (HS x S) y con la importación de pacas de alfalfa y gramíneas de corte provenientes de La Laguna, de Texas y de Tamaulipas y otras zonas de Nuevo León<sup>1</sup>.

Una de las características que distinguen a la calidad del forraje que se consume en el distrito es su bajo contenido de proteínas, pues casi todo el forraje embalado que se comercializa ahí, corresponde a especies gramíneas, incluyendo al zacate buffel. La demanda de forrajes se intensifica en el periodo de estiaje que abarca los meses de enero a mayo, en los que escasea la vegetación

---

<sup>1</sup> Com. pers. Valdés L., Ciro G.S., 2000 y Puente Tristán, Sergio, 2000.

aprovechable por el ganado en los agostaderos<sup>2</sup>. En el DDR Apodaca no se cultivan leguminosas forrajeras para el mercado, pero en algunos ranchos ganaderos, se ha intentado la producción para el consumo directo mediante pastoreo sobre algunas especies como el huizachillo *Desmanthus sp.*<sup>3</sup> y clitoria *Clitoria ternatea* <sup>4</sup>; esta alternativa podría llegar a afectar al mercado distrital reduciendo la demanda de forrajes ricos en proteína importados de otras regiones.

En el noreste de México las especies gramíneas forrajeras anuales se siembran en unicultivo; en Estados Unidos se han practicado las asociaciones de gramíneas y leguminosas (ej. maíz-soya) desde fines del siglo XIX, esto ha permitido aumentar la producción de proteína por unidad de superficie, y por tanto su valor económico, sin incremento de los costos en comparación con las gramíneas en unicultivo (Morrison, 1969; Huges *et al.*, 1981; Carr *et al.*, 1998; Holland y Brummer, 1999). Los sistemas técnicos de producción forrajera de corte en la región, además de unicultivos, son mecanizados, con aplicación restrictiva de insumos, salvo el empleo de semillas mejoradas (García, 1992). Los sorgos forrajeros, incluyendo a los híbridos de sorgo x pasto Sudán, se siembran principalmente de temporal pero también bajo riego; por lo regular se dan tres cortes, siendo el primero el más importante, aproximadamente a los setenta días

---

<sup>2</sup> Ibid.

<sup>3</sup> Com. pers. Guzmán Flores, Cesáreo, 2000.

<sup>4</sup> Com. pers. Puente Tristán, Sergio, 2002.

después de la siembra; las fechas se extienden de marzo a mayo bajo riego y de junio a agosto de temporal<sup>5</sup> (Gómez, 2003).

## **ii) Plantas forrajeras gramíneas y leguminosas**

Las plantas son los agentes primarios para la utilización de la energía solar, del hidrógeno y del oxígeno del agua, y del anhídrido carbónico del aire, para sintetizar los principios nutritivos que puedan proporcionar energía, poniéndolos a disposición de los animales que consumen la hierba (Hughes *et al.*, 1981).

Los alimentos para el ganado pueden dividirse, con fines prácticos, en dos grandes grupos: forrajes toscos y concentrados. Al primer grupo pertenecen aquellos forrajes voluminosos con relación a su valor nutritivo como la paja, el heno, los pastos verdes y el ensilaje. En sentido contrario, se llaman concentrados a los alimentos que tienen un gran valor nutritivo con relación a su volumen. Los forrajes toscos en su composición presentan un fuerte contenido de fibra y un contenido más bajo de proteínas que los concentrados; también son de más difícil digestión (Alba, 1963).

Las principales familias de plantas forrajeras son las gramíneas y las leguminosas; las últimas tienen diversas cualidades que las hacen superiores a todas las demás plantas utilizadas como forraje, entre ellas: son más ricas en

---

<sup>5</sup> Com. Pers. Ciro G.S. Valdés Lozano.

proteínas, henificadas son más gustosas, son más ricas en calcio, aumentan el rendimiento y la riqueza de proteínas de las gramíneas (Alba, 1963)

De acuerdo con la altura que alcanzan, se pueden distinguir gramíneas forrajeras de porte alto (de 1.5 a 4 m) y bajo (de .30 a 1.2 m): entre las primeras se incluyen al maíz y a varios genotipos del género *Sorghum sp.*; entre las segundas se incluyen a la avena y la cebada y a la mayoría de los pastos. Por otro lado se pueden diferenciar leguminosas forrajeras de crecimiento erecto de porte bajo o rastrero (alfalfa, tréboles) que alcanzan de 0.20 a 0.70 m de altura y trepadoras que se alzan de 0.60 hasta varios metros (soya, mucuna, vigna, frijol tépari, clitoria); las primeras, por lo regular son referidas para pastoreo o corte en unicultivo, aunque también para asociaciones con gramíneas de porte bajo y las segundas para siembras asociadas con gramíneas forrajeras de porte alto, para corte (Morrison, 1969; Hughes *et al.*, 1981; Alba, 1963).

Las leguminosas y gramíneas difieren en su capacidad de producir materia seca; los híbridos de sorgo x pasto Sudán son plantas C4; estas gramíneas tienen la propiedad de producir mayor biomasa rica en fibra y carbohidratos que las leguminosas, que son C3. Esta ventaja de las gramíneas se ve contrarrestada por el hecho de que las leguminosas producen mayor cantidad y mejor calidad de proteínas, sobre todo cuando han sido inoculadas con bacterias del género *Rhizobium*, fijadoras de nitrógeno (Odame, 1997).

El mejor momento para el corte de las plantas con el fin de obtener un buen forraje varía con la especie: en gramíneas como los pastos, y en leguminosas como tréboles y alfalfa, en el principio y a la mitad de la floración; en las plantas que producen semillas grandes, en gramíneas como el maíz y el sorgo y en leguminosas como la soya, el haba y los frijoles, cuando se comienzan a formar los granos (Alba, 1963).

En la producción de cultivos es importante la cantidad de la materia cosechable, pero también la calidad, dada por sus propiedades físicas y químicas. Por ejemplo, cuando el rendimiento de grano de trigo se incrementa, el nivel de proteína generalmente declina; lo mismo ocurre con cualidades de otros cultivos como cebada, tabaco, pastos, etc. Se ha mencionado que los altos rendimientos de materia seca en forrajes no son compatibles con un alto nivel de proteínas digestibles, por lo que debe ser considerado un compromiso entre calidad y rendimiento de materia seca (Fulkerson *et al.*, citados por Stoskopf, 1981).

### **iii) Interacciones y productividad en policultivos**

En una población de plantas que contiene a dos especies de plantas, en cada una de ellas se puede presentar interacción positiva, negativa o neutra. Es positiva para alguna de ellas cuando la presencia de la otra redunde en su beneficio: en el parasitismo la especie beneficiaria se reproduce a costa de la otra, sin destruirla, para la cual la interacción es negativa; en la predación, la especie

para la que la interacción es positiva, la predatora, desplaza a la otra que interactúa negativamente; en el comensalismo, una de las especies se beneficia de la presencia de la otra (interacción positiva para ella) sin afectarla (interacción neutra); en el mutualismo, la interacción es positiva para las dos especies. Se pueden presentar interacciones neutras para las dos especies, como en el neutralismo, o negativas para ambas como en la competencia. Las investigaciones en producción de cultivos han usado estos conceptos de la ecología para el estudio de los multicultivos (Geno y Geno, 2001).

Existe competencia cuando cada planta en una población se modifica en sus respuestas a los factores físicos presentes como luz, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, humedad y nutrientes; no existe competencia cuando en el entorno de cada planta los factores existen en exceso de acuerdo con sus requerimientos mínimos. La competencia existe entre plantas de una misma especie, "competencia intraspecífica"; también entre plantas de un cultivo y las malezas, del mismo modo entre plantas de dos especies sembradas en asociación, "competencia interespecífica" (Stoskopf, 1981).

Según Ford (citado por Stoskopf, 1981), se pueden presentar tres formas de respuesta de las plantas al estrés por competencia: 1) mortalidad dependiente de la densidad; 2) respuesta plástica, 3) jerarquía de explotación. En la primera, cuando se siembran plantas con una densidad excesiva y la competencia entre plantas es intensa, ocurre mortalidad de ellas descendiendo la densidad por

debajo de aquella en el que se tendría el óptimo rendimiento, no hay “autoajuste”, la densidad es responsabilidad del agricultor; en la segunda, ejemplificando con trigo, se presenta una respuesta en variables tales como semillas por planta, peso del grano por planta, etc., en función de la densidad de siembra; en la tercera, si dos especies o cultivares de la misma especie son mezclados, una puede rendir menos y la otra más que si se sembraran solas. Esto así porque una de ellas se comporta como “agresora” pues tiene mayor capacidad para aprovechar los factores del ambiente, actuando en detrimento de la otra.

Donald (citado por Stoskopf, 1981) desarrolló cuatro principios generales sobre competencia en multicultivos: 1) por lo regular las mezclas de variedades de una misma especie rendirán menos de lo que se obtendría con el genotipo de rendimiento más alto sembrado solo; 2) las asociaciones usualmente rendirán más que la especie de más bajo rendimiento sembrada sola; 3) las asociaciones podrán rendir más o menos que el promedio de las especies en unicultivo, generalmente menos; 4) aunque la cooperación entre especies existe, hay limitadas evidencias que demuestran que las asociaciones pueden explotar el ambiente mejor que los unicultivos. Los resultados conocidos soportan los cuatro principios; sin embargo, no se trata de reglas rígidas y pueden ocurrir excepciones, por eso la siembra de granos en asociaciones persisten en muchas áreas cerealeras del mundo.

Un policultivo es la producción de dos o más cosechas simultáneamente en el mismo campo, con el propósito de incrementar el LER (land equivalent ratio) el cuál es la razón del área bajo unicultivo que requiere cada uno de los cultivos asociados, con el mismo nivel de manejo, para obtener un rendimiento semejante. Resulta un rendimiento mayor cuando la producción conjunta de los cultivos asociados es más alta que la suma del equivalente del área en unicultivo, el cuál se indica con un LER mayor que uno. El LER representa el cambio en la eficiencia biológica provocada por el crecimiento de dos cultivos juntos en un ambiente particular, o el uso más eficiente del área de tierra disponible (Geno y Geno, 2001).

Según Geno y Geno (2001) una observación recurrente en la literatura es que los policultivos rinden una producción total y proporcionan mayor estabilidad y más bajo riesgo que los unicultivos. Según los mismos autores, citando a Trenbath, mencionan que entre las razones esgrimidas para explicar la supuesta superioridad de los cultivos múltiples sobre los unicultivos se encuentran los siguientes: 1) aunque exista competencia, es mejor el aprovechamiento de la luz cuando las especies muestran diferentes hábitos de crecimiento aéreo; 2) si se presentan efectos alelopáticos, operarán estos en conjunción con la competencia, si bien en forma subordinada; 3) en donde diferentes plantas de cultivo explotan el ambiente por distintos caminos, es probable que el cultivo múltiple sea más productivo que cualquiera especie involucrada en unicultivo; 4) los componentes de un policultivo pueden ser complementarios en un sentido espacial, por la

explotación de diferentes capas del suelo con sus sistemas radiculares; 5) cada componente de un cultivo múltiple puede complementar a cada otro nutricionalmente, usando diferentes nutrientes o distintas cantidades del mismo nutriente; 6) factores mecánicos pueden explicar el rendimiento adicional, como un intercultivo suspender a otro, p. ej.: el maíz soporta al frijol de guía; 7) los policultivos generalmente tienen una gran tolerancia a las enfermedades y ataques de insectos. En suma, se presentan interacciones complementarias que rebasan a los efectos de competencia, dando por resultado rendimientos adicionales. Hart (citado por Geno y Geno, 2001) mencionó que la producción más alta en cultivos múltiples ( $LER > 1$ ) puede ser explicada en términos ecológicos por los requerimientos en nichos diferentes y como el resultado de una competencia interespecífica menor que la competencia intraespecífica.

La siembra de cultivos múltiples es una forma de agricultura muy antigua, en la actualidad se practica principalmente entre los agricultores de subsistencia de los países subdesarrollados, que realizan las operaciones de cultivo manualmente y la cosecha es sólo para el consumo familiar y los pequeños excedentes para la venta. Los multicultivos se prestan para optimizar la fuerza de trabajo, además de la tierra y los demás factores ecológicos antes mencionados (Altieri, 1999).

Las razones más importantes por las que los policultivos no se han difundido masivamente a la agricultura comercial mecanizada, a pesar de los

esfuerzos de los multicultivistas, son de orden práctico y de carácter económico:

1) la organización de las operaciones de cultivo y cosecha es más complicada en los cultivos múltiples, elevando los costos por unidad de producto, contrarrestando las ventajas ecológicas del multicultivo; este es el *quid pro quo* del asunto; 2) es más fácil insertarse en el mercado produciendo a la vez, en una misma área, una sola clase de cultivo (Márquez, 1975).

#### **iv) Policultivos en la producción forrajera**

Asumiendo la validez de los argumentos agroecologistas a favor de los multicultivos, la perspectiva es aún mejor para las asociaciones de especies forrajeras: 1) si son de corte, la siembra se puede hacer en una sola operación y es posible cosechar mecánicamente puesto que la especies mezcladas tienen el mismo valor de uso –sirven como alimento para el ganado- la cosecha conjunta forma un mismo producto-insumo o mercancía, de modo que la cosecha mecánica no eleva los costos de producción y las demás operaciones pueden permanecer inalteradas, o con mínimas adaptaciones; 2) lo mismo se puede decir para la mezcla de plantas en praderas para pastoreo libre; pudiéndose evaluar indirectamente una vez consumidas por el ganado en pastoreo, ya sea por ganancia en peso o producción de leche (Stoskopf, 1981).

Las mezclas o asociaciones más comunes de plantas forrajeras son a base de gramíneas y leguminosas, debido a que se trata de plantas con diferentes

hábitos de crecimiento aéreo y radicular. La proteína mayor de las leguminosas (entre el doble y el triple) y su mayor digestibilidad, contribuyen a elevar la calidad del forraje producido, lo que le da un mayor valor económico; por ello, tanto para el pastoreo como para henificación, es preferible una mezcla de leguminosas y gramíneas a cualquier mezcla de gramíneas solas (Morrison, 1969). Sin embargo, la producción de proteína bruta es mayor cuando se fertilizan gramíneas con nitrógeno, sin leguminosas (Hughes *et al.*, 1981).

En el peor de los casos, siguiendo la perspectiva de Donald (1963), las siembras de gramíneas y leguminosas en asociación tal vez no sea de esperarse un mayor rendimiento de biomasa total por unidad de superficie, pero sí de proteína bruta y digestible en relación a las gramíneas sembradas en unicultivo.

Cuando se intenta la asociación forrajera de una gramínea de porte alto con una leguminosa de guía de crecimiento indeterminado, es necesario conocer el grado de sincronización del momento ideal de corte de los materiales propuestos para obtener óptimos resultados en calidad de forraje cosechado: en las gramíneas cuando el grano se encuentra en estado masoso-lechoso y en las leguminosas cuando se inicia la maduración de las primeras vainas (Hughes *et al.*, 1981).

Los genotipos de gramíneas en los que se centró esta investigación son los híbridos de sorgo x pasto Sudán (HS x S) por ser los predominantes en los

municipios de Pesquería y Los Ramones, marco de referencia de este trabajo. Esos materiales se caracterizan por ser tolerantes a la sequía y a las altas temperaturas, supresores de malezas, altamente alelopáticos, mejoradores del suelo y controladores de nemátodos (Wolfe, s/f). Producen gran cantidad de biomasa pues alcanzan alturas de 2 a 3 m y tienen gran capacidad de ajustar a un nivel máximo en el espacio el número de tallos, por amacollamiento; tienen la desventaja de producir un bajo contenido de proteínas (Huges *et al.*, 1981; Morrison, 1969).

En una investigación realizada por tres años con varias especies forrajeras en Manhattan y Hutchinson, Kansas, los híbridos de sorgo x pasto Sudán S. Chow y Sudax arrojaron los siguientes resultados promedios: Altura de las plantas 2.06 m, rendimiento de materia seca al corte (grano en estado masoso lechoso) 8.98 ton acre<sup>-1</sup>, contenido de materia seca 34.5%, contenido de proteína bruta de la materia seca 6.6%, digestibilidad de la materia seca 55.7%; los experimentos se sembraron de temporal bajo punta de riego y se fertilizaron (Posler *et al.*, 1983).

Una leguminosa que es capaz de soportar las condiciones de estrés a las que comúnmente se ven sometidas las plantas forrajeras en los municipios de Los Ramones y Pesquería (como los híbridos de sorgo x pasto Sudán), principalmente al agobio hídrico y también a las altas temperaturas, es el frijol tépari *Phaseolus acutifolius* A. Gray (Lin y Markhart, 1996; Federici, 1990; Aguirre, 1988; Aguilar, 1986). Ninguna referencia orienta sobre la capacidad de esta especie de resistir a

la alelopatividad de los HS x S; los genotipos de *Phaseolus acutifolius* A. Gray son de crecimiento indeterminado, unos de guías largas y otros más cortas; con diferentes longitudes de ciclo de cultivo, producción de biomasa, formación de follaje y rendimiento de grano (Debouck, 1994). El contenido proteico de la materia seca forrajera de frijol tépari es semejante al de la alfalfa pues oscila entre el 16 y el 20% (Rodríguez, 1987).

El Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y y Sorgo de la FAUANL se encontraba en el año 2000 en posesión de 115 colectas de frijol tépari, con un número indeterminado de genotipos, realizadas por el INIFAP por todo el país a principios de los ochentas, con una gran diversidad genética, la cual fue aprovechada para realizar esta investigación de su potencialidad de asociación con híbridos forrajeros de sorgo x pasto Sudán, cuyos objetivos e hipótesis se plantean a continuación.

#### **v) Objetivos e hipótesis**

El objetivo general de este trabajo fue el de proponer una modificación al sistema de producción forrajero de corte para henificación y empaque de híbridos de sorgo x pasto Sudán para incrementar la cantidad y calidad de la proteína cosechada por unidad de superficie con un solo cambio operativo del sistema: siembra de la mezcla de semillas de un híbrido de sorgo x pasto Sudán y de frijol tépari, que implica el paso de un agrosistema en monocultivo, a uno de asociación.

Como objetivos particulares se plantearon: 1) la identificación de genotipos de frijol tépari asociables con híbridos de sorgo x pasto Sudán; 2) la determinación de una combinación de asociación conveniente de máxima producción de proteína por unidad de superficie, superior a la que se produce con híbridos en unicultivo.

La hipótesis general fue que, con relación a híbridos sembrados solos, era posible incrementar la producción de proteína por unidad de superficie mediante el establecimiento de asociaciones de híbridos de sorgo x pasto Sudán con frijol tépari, bajo el supuesto de ser especies que crecen en nichos diferentes.

Las hipótesis particulares fueron: 1) que, en virtud de la amplia variabilidad genética de los materiales disponibles, era posible identificar genotipos asociables de frijol tépari con híbridos de sorgo x pasto Sudán; 2) que era posible encontrar un nivel óptimo de producción de proteína por unidad de superficie resultante de una determinada combinación de plantas en asociación de híbridos de sorgo x pasto Sudán con frijol tépari.

## **vi) Metodología**

Con relación a los procedimientos experimentales seguidos para probar las hipótesis, se realizaron ocho experimentos en campo en siete ciclos de cultivo y un experimento bajo condiciones controladas a nivel de maceta durante el periodo

2000-2004. Los experimentos de asociación de híbridos de sorgo x pasto Sudán con frijol tépari se realizaron en el Campo Experimental de la FAUANL en Marín, N.L. y los exploratorios para producción de semillas en el mismo campo y en el Campo Experimental de la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas, en Cieneguilla, Zacatecas, Zacatecas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Aguirre G., J.A.. 1988. *Efectos de la acumulación de calor y humedad del suelo en el crecimiento, rendimiento de grano y sus componentes en cuatro cultivares de Phaseolus spp.*, Tesis de Maestría, FAUANL, Marín, N.L.

Aguilar S., M. 1986. *Efecto de la tensión hídrica en diferentes etapas del desarrollo sobre el crecimiento de Phaseolus acutifolius*, Tesis de Maestría, FAUANL, Marín, N.L.

Alba, J. de. 1963. *Alimentación del ganado en América Latina*, La Prensa Médica Mexicana, México.

Altieri, Miguel. 1999. Applying agroecology to enhance the productivity of peasant farming systems in Latin America, *Environment, Developmentt and Sustainability* 1: 197-217.

Carr, P.M., G.B. Martin, J.S. Caton and W.W. Polland 1998. Forrage and Nitrogen yield of Barley-Pea and oat-pea intercrops, *Agronomy Journal*, 90(1): 79-84.

Debouck, D.G. 1994. Beans (*Phaseolus spp.*), *Plant Production and Proteccion Series*, n. 26, FAO, Roma

Federici, C.T., B. Ehdaie and J.G. Waines. 1990. Domesticated and wild tepary bean: Field performance with and without draought-stress, *Agronomy Journal* 82(5): 896-900.

García S., M.G. 1992. *Caracterización de la producción agrícola del DDR Apodaca, N.L.*, Tesis de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, FAUANL, Marín, N.L., México.

Geno, L. and B. Geno. 2001. *Polyculture production. Principles, benefits and risks of multiple cropping land management systems for Australia*, Rural Industries Research & Development Corporation, Australia.

Guzmán B., G. 1984. *Problemática en la producción de cultivos básicos en la sub-región de lomeríos suaves de las zonas bajas de Nuevo León*, Tesis de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, Facultad de Agronomía de la UANL, Marín, N.L., México.

Holland, J.B. and E.C. Brummer. 1999. Cultivar effects on oat-berseem clover intercrops, *Agronomy Journal*, 91: 2, 321-329.

Huges, H.D., M. Heath y D.S. Metcalfe. 1981. *Forrajes, CECSA, México*.

INEGI, 1994, *VII Censo Agropecuario, Nuevo León*, T. 1, Aguascalientes, México.

Lin, T. Y. and A.H. Markhart . 1996. *Phaseolus actifolius* A. Gray is more heat tolerant than *P. vulgaris* L. in the absence of water stress, *Crop Science* 36 (1): 110-114.

Márquez S., F. 1975. *Agroecosistemas*, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México (mimeo.).

Morrison, F. B. 1969. *Alimentos y alimentación del ganado*, T. I. UTEHA, México.

Odame, H. 1997. Biofertilizer in Kenya, Research production and extension dilemmas, *Biotechnology and Development Monitor*, 30: 20-23

Posler, G.L., K.K. Bolsen y M.Y. Nuwanyapka. 1983. *Summer Annual Forages for Livestock Production in Kansas*, Agricultural Experiment Station, Kansas State University, Bulletin 642.

Rodríguez P., J.A. 1987. Comparison of yield and protein content of white and yellow tepary beans grown for bean and forage production on the Island of Tenerife, *Journal of Arid Environments*, 13:3, 287-292.

Stoskopf, N. C. 1981. *Understanding crop production*, Reston Publishing Company, Inc., Reston, Virginia.

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.1	Características morfológicas de 54 colectas de <i>Phaseolus acutifolius</i> del PMFyS de la FAUANL, P-V 2000, Marín, N.L.	29
1.2	Caracterización por ciclo de cultivo de 54 colectas de <i>Phaseolus acutifolius</i>	31
2.1	Cuadrados medios para bloques y cinco tratamientos de siete variables de la asociación de frijol tépari 112 : HS x S. FAUANL, Marín, N.L., ciclo primavera-verano del 2001	41
2.2	Rendimiento de forraje verde total, número promedio de plantas/0.8 m <sup>2</sup> , altura y perímetro de planta del HS x S. Marín, N.L., ciclo primavera-verano 20001	43
2.3	Comparación de promedios del número de vainas/0.8m <sup>2</sup> ; altura de las guías y del follaje del tépari. FAUANL, Marín, N.L., ciclo primavera-verano 2001	45
3.1	Cuadrados medios para bloques y cuatro tratamientos de asociación frijol tépari-sorgo x Sudán. FAUANL, Marín, N.L., ciclo tardío del 2001	57
3.2	Comparación de medias de cinco variables de frijol tepari sembrado en asociación con un HS x S. FAUANL, Marín, N.L., ciclo tardío 2001.	58
3.3	Análisis de varianza de la producción estimada de proteína bruta t ha <sup>-1</sup> .	59
3.4	Promedios de rendimiento de proteína bruta estimada t ha <sup>-1</sup> .	60
4.1	Características de las semillas de los materiales empleados	67
4.2	Cuadrados medios para cuatro bloques y seis tratamientos de asociación de materiales silvestres de frijol tépari con un híbrido de sorgo x pato Sudán. FAUANL, Marín, N.L., ciclo tardío del 2001	68
4.3	Comparación de medias de cuatro genotipos de frijol tépari para tres variables. FAUANL, Marín, N.L., ciclo tardío 2001	69
5.1	Cuadrados medios para cuatro bloques (CMB) y diez tratamientos (CMT) de cuatro variables relacionadas con seis niveles de siembra de un híbrido de sorgo x Sudán. FAUANL, Marín, N.L., ciclo temprano 2002	75
5.2	Medias para rendimiento de biomasa, número de tallos/ha, diámetro y altura de tallos del HS x S. FAUANL, Marín, N.L., ciclo temprano del 2002	76

6.1	Peso de 100 semillas de los materiales utilizados	85
6.2	Diseño de tratamientos correspondientes a cuatro genotipos de frijol tépari (G) bajo tres ambientes (A)	86
6.3	Análisis de varianza del peso seco promedio de plantas de cuatro genotipos de frijol tépari (G) en tres ambientes (A) y su interacción	88
6.4	Comparación de medias por DMS del peso seco promedio (mg) de plántulas de cuatro genotipos de frijol tépari en tres ambientes	89
7.1	Peso (g) y color de las semillas y hábito de crecimiento de los genotipos de frijol tépari evaluados	96
7.2	Coeficientes de los contrastes para la comparación de conjuntos de genotipos	98
7.3	Cuadrados medios para bloques y tratamientos de cuatro variables de rendimiento de ocho materiales de frijol tépari y un testigo	99
7.4	Producción promedio ( $t\ ha^{-1}$ ) de grano, paja y biomasa e índice de cosecha de ocho materiales de frijol tépari y un testigo. Zacatecas, Zac., sept. de 2002	100
7.4	Cuadrado medio de contrastes ortogonales de tres grupos de genotipos de <i>Phaseolus spp.</i>	102
7.5	Medias ( $k\ ha^{-1}$ ) de grupos de los contrastes	104
8.1	ANAVA del grado de afectación por el tizón del halo a las parcelas experimentales de nueve genotipos de <i>Phaseolus spp.</i> Zacatecas, 2003	117
8.2	Comparación de medias de la calificación de daños en las parcelas experimentales por el método de la DMS	118
8.3	Análisis de varianza del rendimiento de grano de nueve genotipos de frijol tépari y un testigo. Zacatecas, 2003	119
8.4	Comparación de medias del rendimiento de grano de nueve genotipos de frijol tépari y un testigo. Zacatecas, 2003	119
8.5	Análisis de varianza de bloques completos al azar de nueve materiales de frijol tépari en dos ciclos de cultivo. Zacatecas, 2002 y 2003	120
8.6	Rendimientos promedios de los ciclos de cultivo	120
8.7	Rendimiento de grano ( $t\ ha^{-1}$ ) en el 2003, en términos obtenidos en el 2002	121

## CAPÍTULO I

### IDENTIFICACIÓN DE COLECTAS DE FRIJOL TÉPARI CON POTENCIAL DE ASOCIACIÓN CON HÍBRIDOS DE SORGO X SUDÁN

#### INTRODUCCIÓN

Uno de los cultivos más importantes en los municipios de Los Ramones y Pesquería, colindantes con el de Marín, N.L., es el sorgo para forraje, generalmente bajo precarias condiciones tecnológicas, destacándose su bajo contenido de proteína cruda, para generar una propuesta alternativa y mejorar la calidad del forraje producido, sobre todo el de su contenido proteico, es el de asociar los híbridos forrajeros de sorgo x Sudán con leguminosas forrajeras anuales.

Entre las especies leguminosas que han sido apreciadas por su calidad forrajera está el frijol tépari, *Phaseolus acutifolius* (Debouck, 1994; Rodríguez, 1987; Hughes y Metcalf, 1981; Morrison, 1969); del cual se dice que su contenido proteico es semejante al de la alfalfa (Nabhan, citado por Angel y Vázquez, 1998). Por sus características de resistencia a la sequía y a temperaturas altas, el frijol tépari ha sido seleccionado en esta investigación para experimentar con asociaciones para mejorar la calidad forrajera de sorgo en los municipios arriba citados, tanto en riego como en temporal.

*Phaseolus acutifolius* presenta variabilidad genética para hábitos de crecimiento, incluyendo el indeterminado de tipo trepador, lo que indica que algunos genotipos de esta especie podrían utilizarse en asociaciones con sorgo forrajero, tanto en temporal como en riego. Existe evidencia referente a tal potencialidad la cual ha sido aportada por otros autores (Rodríguez, 1987; Kuruvadi, 1993) .

Según Debouck (1994), el frijol tépari crece entre los 50 y los 1,900 msnm; el rango de temperatura más favorable para su desarrollo es de los 20° a los 32° C, prosperando aun en regiones con 200 a 400 mm de precipitación pluvial; su ciclo de crecimiento es de 60 a 110 días y su rendimiento promedio, bajo las condiciones descritas, es de 400 a 2,000 k ha<sup>-1</sup>.

La especie *P. acutifolius* está adaptada a condiciones áridas y se distingue de otras especies del género *Phaseolus* por su germinación epigea, por sus hojas primarias sésiles y sus folíolos romboides; produce pseudoracimos con tres a cuatro flores pequeñas, rosadas o blancas con bracteolas muy pequeñas y triangulares y vainas con cinco a diez óvulos; la autogamia parece ser dominante. Se han identificado dos formas silvestres: la variedad *acutifolius*, con folíolos romboides y la variedad *tenuifolius* con folíolos lineales, algunas veces sagitados. Una tercera forma aparece esporádicamente con folíolos angostos; porque esta tiene diferentes características blastogénicas que la variedad *tenuifolius* y posee una cierta incompatibilidad para cruzarse con ella, por lo que podría ser

considerada como una especie separada denominada *P. parvifolius* (Debouck, 1994).

Tanto las formas cultivadas, como las formas silvestres de frijol tépari, tienen un ciclo corto, floreciendo entre los 27 y los 40 días después de la germinación y madurando de los 60 a los 80 días. Las plantas marchitan completamente (son anuales) excepto *P. parvifolius*. En las formas silvestres las semillas son dispersadas en un radio de tres metros debido a la dehiscencia explosiva de las vainas. En algunos cultivares hay una breve latencia de postcosecha de un mes. Las semillas de las plantas silvestres germinan a través de la imbibición causada por las lluvias fuertes del desierto del año siguiente. Sin embargo, a veces germina a los tres años (Debouck, 1994).

La forma cultivada de *P. acutifolius* se desarrolla de los 50 a los 1,920 msnm. Prospera con precipitaciones anuales de 150 a 700 mm. Durante el período vegetativo, la temperatura puede variar de los 20° a los 32 °C. Crece en suelos bien drenados, arenosos o arcillosos y algunas veces orgánicos, con pH de 6.7 a 7.1 (Debouck, 1994).

Las variedades silvestres de *P. acutifolius* crecen a la sombra de mezquites y cactus, en ambientes semisoleados; la forma cultivada es una heliofita y tiene características que le permiten tolerar el sol excesivo (Debouck, 1994).

Comparado con el frijol común, el frijol tépari tiene una menor variabilidad en la semilla; básicamente se presentan dos formas: semilla pequeña, redondeada, blanca o negra y otra grande, angular, romboédrica, que puede ser blanca, blanco-verdosa, gris, bayo, amarilla obscura, caoba, negra, púrpura-moteada o café. El peso promedio de 100 semillas de tépari cultivado es de 10 a 20 g y de la forma silvestre de 2 a 5 g (Debouck, 1994).

Con relación a los hábitos de crecimiento, las variedades silvestres son generalmente trepadoras con pocas guías de dos a tres metros de largo; existen dos grupos cultivados: las variedades de guías cortas y las variedades de guías largas y trepadoras (Debouck, 1994).

El frijol tépari ha sido conservado en las comunidades rurales de la porción sur de su distribución, parte de México y Centroamérica, particularmente por su maduración temprana y requerimientos reducidos de manejo del cultivo; se siembra asociado con el maíz al inicio de las lluvias para obtener ejotes o al final de ellas para obtener grano; también en solares en cualquier época del año. En la parte norte de su distribución, noroeste de México y suroeste de los EE.UU., es sembrado bajo condiciones de baja precipitación pluvial, en parcelas pequeñas con topografía favorable o en los márgenes de los arroyos solo o con calabazas, en presencia de malezas tolerables por el frijol tépari. La siembra se realiza en surcos después de la primera lluvia o al voleo después de la segunda lluvia. Cuando han madurado, las plantas son arrancadas y puestas a secar al sol. Una semana después son trilladas sobre una superficie limpia y las semillas

recolectadas; se les almacena en canastas o vasijas de barro, no plástico, donde conservan su capacidad de germinación hasta por tres años. En Campeche se conserva la semilla en sus vainas, una vez que estas han sido ahumadas (Debouck, 1994). A pesar de que los rendimientos de frijol tépari son más altos que los de frijol común bajo condiciones precarias, un problema para la difusión de su cultivo es la falta de consistencia de su consumo y por tanto su débil mercado.

En cuanto a variedades mejoradas de esta especie, han sido citados dos cultivares: uno es blanco y otro amarillo oscuro, ambos resultantes de selección masal. Según Debouck (1994), esta especie es considerada útil para mejorar frijol común, no es atacada por mildiú o tizón (*Xhantomonas phaseoli*), pero ningún programa había sido puesto en marcha para mejorarla a ella misma (excepto programas de selección durante su conservación); por ejemplo, el problema de su semilla pequeña puede ser corregido mediante mejoramiento genético. Según el mismo autor se ha encontrado una pronunciada heterosis cuando las líneas de frijol tépari son cruzadas y que algunas líneas de esta especie tienen buenos o excelentes niveles de resistencia a plagas y enfermedades.

Según Nabhan (citado por Angel Y Vázquez, 1998) los niveles de proteína cruda para los frijoles téparis domesticados varían entre 22 y 24%; su forraje agrada al ganado y es comparable con la alfalfa por su calidad nutritiva y supera en producción a otros forrajes de leguminosas en las regiones áridas de América del Norte.

En un experimento realizado en Marín, N.L., se encontró que las variedades probadas de frijol tépari son más eficientes fisiológicamente en el uso del agua que las correspondientes a frijol común con las que se compararon, dado que mostraron ser resistentes al agobio hídrico, lo que se reflejó en un mayor rendimiento de grano y materia verde bajo condiciones de temporal (Aguilar, 1986).

En una prueba realizada en Tenerife, España, en septiembre-octubre de 1982, se encontró que la proteína cruda en variedades amarilla y blanca de frijol tépari, sembradas sin fertilizar para forraje, cortado a los 45 días, cuando las plantas estaban en completa floración, fue de 16.99 y 18.60%, respectivamente. En otra prueba se encontró que para una misma variedad amarilla con y sin fertilizante, el contenido de proteína cruda fue de 20.44 y 17.64%, respectivamente (Rodríguez, 1986).

Al no existir antecedente sobre esta asociación particular, uno de los primeros trabajos de investigación requeridos es el de obtener y caracterizar germoplasma de frijol tépari por su potencial forrajero y su asociación con los híbridos de sorgo x Sudán, para lo cual el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo (PMMFyS) de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. posee semillas en pequeñas cantidades de 115 colectas de frijol tépari provenientes del noroeste de México y adquiridas en 1985, teniendo la mayoría de ellas más de diez años sin sembrar; además se cuenta con dos variedades de frijol vigna (*Vigna unguiculata*) una de sesbania, (*Sesbania sp.*) y otra de pueraria (*Pueraria*

*phaseoloides*), especies leguminosas tropicales de apreciable calidad forrajera, ninguna de las cuales se consigue fácilmente en el mercado local y las cuales a la fecha no han sido caracterizadas en la región.

El objetivo del presente trabajo fue la selección de colectas de frijol tépari y de las especies *Sesbania sp.*, *Vigna unguiculata* y *Pueraria phaseoloides*, caracterizarlas, incrementar y conservar su semilla para que puedan ser usadas en ensayos posteriores de esta misma investigación dirigida a su asociación con sorgo x pasto Sudán para producir forraje de mejor calidad.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se sembraron cinco experimentos en el campo experimental de la FAUANL, en Marín, N.L., durante el ciclo PV (tardío) del 2000, con 115 colectas de frijol tépari, las variedades Bondadosa y Escambray de *V. unguiculata*, una de *Sesbania sp.* y una de *P. Phaseoloides*, en un suelo de textura arcillosa, alcalino, irrigado con aguas negras provenientes del drenaje de Marín, N.L.

En los cinco experimentos se utilizaron diseños de látices simples, en los que la unidad de observación fue un surco de 5 m de largo. En los primeros cuatro experimentos se asignaron 25 tratamientos: 24 colectas de frijol tépari y un testigo que fue la variedad de *P. vulgaris* Selección # 4; en el quinto ensayo se incluyeron 19 colectas de frijol tépari, las dos variedades de *V. unguiculata*, la de *Sesbania*

*sp.* y la de *P. Phaseoloides*, además de dos de frijol común: Selección # 4 y Pinto Americano; todos ellos como testigos.

Se observaron siete variables, las cuales fueron: 1) hábito de crecimiento: de guía larga (tallos de más de 1.5 m en plena floración) o corta (menos de 1.5 m); días a la floración (aparición de las primeras flores), 2) forma de las hojas, 3) tamaño de las semillas (peso en gramos: grandes, más de 10 g por 100 semillas; pequeñas, menos de 10 g por 100 semillas), 4) forma de las semillas, 5) color de la flor, 6) color de la semilla, 7) días a la floración (aparición de las primeras flores), 8) días a la maduración de las primeras vainas (inicio del cambio de coloración, de verde a paja). Es necesario aclarar que las variables referidas a las semillas (3, 4 y 6) se incluyeron pues no se dispuso de tiempo para estudiarlas antes de sembrarlas.

La siembra se hizo a mano el día 24 de agosto del 2000, en seco. Debido a la poca semilla disponible, en el primer ensayo se colocaron a chorrillo aproximadamente 40 semillas en surcos de 5 m de largo x 0.8 m de ancho, sin fertilizar, como parcela experimental. Dada la mayor cantidad de semilla de los genotipos de los otros cuatro experimentos, se sembraron 150 semillas en un surco de 5 m de largo x 0.8 m de ancho. los cuatro ensayos restantes, se dejó semilla de reserva. Debido a la premura del tiempo, no se efectuaron pruebas de germinación antes de la siembra, por lo que debido al deterioro de la semilla por el largo tiempo de almacenaje se esperaban fallas al establecimiento; no obstante en aquellas parcelas en las que se lograra un buen establecimiento se planeó "ralear"

las plantas que emergieran, para dejar las mismas densidades de población, práctica que no se realizó.

Las prácticas de presiembra fueron: barbecho, rastreo, nivelación y formación de melgas para controlar riegos. Se aplicó el primer riego el día 26 de agosto (2 dds\*), aplicándose un segundo dos días después para evitar que el “encostramiento” impidiera la emergencia de las plántulas. Se realizó una escarda el día 20 de septiembre (27 dds). Se realizó un tercer y último riego el día 5 de octubre (42 dds). No se aplicó ningún insumo agroquímico, salvo tres aspersiones de fertilizante foliar para corregir problemas de clorosis en algunos cultivares los días 23 de septiembre, 4 de octubre y 24 de octubre.

Durante el desarrollo de los experimentos, las condiciones atmosféricas fueron atípicas pues se presentaron lluvias fuertes seguidas de bajas temperaturas (hasta 2 °C) en la segunda semana de octubre; durante el ciclo de cultivo se presentaron muchos días nublados y frescos.

## **RESULTADOS**

De las 115 colectas de frijol tépari no prosperaron 61, tampoco el material de la *Pueraria phaseoloides*, probablemente debido a que las semillas no eran viables; del total de las 250 unidades experimentales de los cinco ensayos, se perdieron 134: 38 en el primer experimento, 31 en el segundo, 32 en el tercero, 26

---

\* dds = días después de la siembra

en el cuarto y 7 en el quinto. En muchas de las unidades experimentales establecidas en algún grado, la emergencia y el establecimiento de plantas fue irregular.

Los resultados anteriores impidieron la evaluación estadística de los experimentos; sin embargo, se hicieron observaciones sobre las variables de estudio que aportaron datos para la clasificación *grosso modo* del germoplasma rescatado de *P. acutifolius* (Cuadros 1.1 y 1.2). Dado que los materiales de *V. Unguiculata* mostraron susceptibilidad a bajas temperaturas y al ataque de plagas y a que la *Sesbania sp.* tienen un hábito de crecimiento erecto, se descartaron de esta investigación.

#### Caracterización morfológica de los materiales estudiados

De las 115 colectas sembradas, sólo se obtuvo planta de 54 (el 49%), de las que se hizo una caracterización por hábito de crecimiento, forma de la hoja, tamaño y forma de la semilla, color de la flor y color de la semilla (Cuadro 1.1).

Se identificaron dos grupos de materiales de frijol tépari uno con hábito de crecimiento de guía corta y otro de guía larga; el grupo de materiales de guía corta presentó dos subgrupos: el primero con hojas romboides, flores blancas, vainas indehiscientes, semillas grandes redondeadas, color blanco o beige claro, mientras que el otro subgrupo presentó flores lilas, semillas grandes redondeadas

de color gris casi negro, con pequeñas motas blancas casi imperceptibles o café obscuro con motas rosadas (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Características morfológicas de 56 colectas de *Phaseolus acutifolius* del PMMFyS de la FAUANL, P-V 2000, Marín, N.L.

Colecta	Hábito de crecimiento	Forma de la hoja	Tamaño y forma de la semilla	Color de la flor	Color de la semilla
59, 74, 79, 80, 83, 87, 110, 112, 117, 132, 156, 157, 162, 194	Guía corta	Trifoliada, romboide	Grande, redondeada	Blanca	Blanco y beige claro
36, 62	Guía corta	Trifoliada, lanceolada corta	Grande, redondeada	Rosada a lila	Gris casi negro con motas blancas o café con motas rosadas
3, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 70, 121, 122, 123, 146, 165, 183, 184, 185, 188*, 193, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 202, 204, 205, 206	Guía larga	Trifoliada, foliolos lanceolados aunque de relación variable ancho-largo algunas presentan foliolos romboides	Pequeño aunque variable; en la mayoría de los casos romboédrica, en algunos casos redondeada	Rosada a lila	Gris, café púrpura, pardo, etcétera; en casi todos los casos con motas o rayas cafés, negras, blancas o amarillas

El otro grupo presentó hábito de crecimiento de guía larga, flores de rosadas a lilas, hojas lanceoladas de longitud y anchura variable; las vainas de dehicentes a indehicientes, más cortas que las del otro grupo, las semillas

angulares, romboédricas y a veces casi cúbicas, de colores variados, más pequeñas que las del otro grupo.

### Caracterización por ciclo vegetativo

Los resultados de las características por tipo de ciclo se presentan en el Cuadro 1.2. En este cuadro se observa que ocho colectas del tipo de guía larga presentaron alta precocidad (ninguna de guía corta) pues iniciaron floración de los 23 a los 32 días de emergidas las plántulas. Las colectas (10) que exhibieron la floración de 47 días o más se consideraron tardías, más de 20 días después de las primeras. En este grupo se encuentran dos materiales de guía corta (70 y 79) y ocho de guía larga. Un grupo intermedio, constituido por la mayoría de las colectas (38) entre los que se encuentran colectas de guía corta (10) y de guía larga (26) presentaron un ciclo vegetativo entre los 33 y los 47 días.

La maduración de las vainas se inició aproximadamente un mes después de floreadas las primeras colectas y en algunas de las que presentaron floración tardía la maduración de las vainas fue más dilatada, de 15 a 20 días después que las primeras.

Cuadro 1.2. Caracterización por ciclo de cultivo de 54 colectas de *Phaseolus acutifolius*

Colectas	Días a la floración	Días a la maduración de las primeras vainas	Tipo de ciclo vegetativo
12, 27, 28, 29, 31, 32, 122, 123	23 a 32	50 a 60	Precoz
3, 9, 10, 14, 15, 16, 20, 24, 26, 30, 33, 36, 59, 62, 74, 80, 83, 87, 110, 112, 117, 121, 146, 156, 157, 162, 165, 183, 184, 185, 188, 193, 196, 197, 200, 204, 205, 206	33 a 47	Más de 60 y hasta 75	Intermedio
13, 22, 70, 79, 132, 194, 195, 198, 199, 202	Más de 47	Más de 75	Tardío

#### Consideraciones sobre el objetivo particular

Las colectas de guía corta, cuyos tallos no superaron la longitud de un metro (al inicio de la floración), según las mediciones tomadas en este trabajo, no deben ser descartadas para las pruebas de asociación con sorgo forrajero, aunque su bajo porte es una desventaja para asociarse con este.

Entre las colectas de frijol tépari rescatadas existe un continuo con relación a las etapas de floración y maduración de las primeras vainas que va de los 23 a

más de 47 días para la primera (inicio de la floración) y de los 50 a los 75 días para la segunda etapa (maduración de las primeras vainas). Lo anterior debe ser un criterio para seleccionar colectas de tépari que permitan hacer sincronizaciones de la etapa de maduración de las primeras vainas con la etapa de grano masoso-lechoso de los híbridos forrajeros de sorgo x pasto Sudán, ya que en la asociación, ambos materiales estarían en el mejor momento de corte para obtener un forraje con alta calidad nutricional para fines de consumo en verde, henificación o empaque.

Por todo lo anterior, el banco de materiales preseleccionados para continuar investigando las mejores selecciones para asociarse con híbridos forrajeros de sorgo x Sudán está formado por 47 colectas, de las cuales 37 son de guía larga y 10 de guía corta, que se tardan de 60 a 75 días a maduración de las primeras vainas y que podrían coincidir con el momento de corte de los híbridos, que entran al estado masoso-lechoso del grano aproximadamente a los 70-75 días después de la siembra .

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

De las 115 colectas sembradas de frijol tépari, sólo se lograron rescatar 56.

Se seleccionaron preliminarmente 28 colectas con potencial para ser asociadas con híbridos forrajeros de sorgo x pasto Sudán: todas las de guía corta

(16) y las de guía larga números 9, 14, 16, 121, 183, 184, 188, 193, 194, 196, 198 y 206.

Deberá ampliarse y profundizarse la caracterización morfológica y del comportamiento de las 28 colectas de frijol tépari preseleccionadas, sobre todo en otras fechas de siembra y sometiendo al cultivo a condiciones diferentes de humedad del suelo, con el propósito de seleccionar las mejores de acuerdo a las condiciones de los productores forrajeros de la región de Pesquería y Los Ramones, N.L.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Aguilar S., M. 1986. *Efecto de la tensión hídrica en diferentes etapas del desarrollo sobre el crecimiento de Phaseolus acutifolius*, Tesis de maestría, FAUANL, Marín, N.L.

Aguirre G., J.A. 1988. *Efecto de la acumulación de calor y humedad del suelo en el crecimiento, rendimiento de grano y sus componentes en cuatro cultivares de Phaseolus spp.*, tesis de Maestría en Ciencias en Producción Agrícola, FAUANL, Marín, N.L., México.

Angel L., M. A. y R. E. Vázquez A. 1998. Interacción leguminosa materia-orgánica y su efecto en el suelo, *Ciencia Agropecuaria FAUANL*, Vol. 8, Num. 1, junio de 1998, Marín, N.L.

Debouck, D.G. 1994. Beans (*Phaseolus spp.*). *Plant Production and Protection Series*, n. 26, FAO, Roma.

Huges, H. D., M. Heat y D.S. Metcalfe. 1981. *Forrajes*, CECOSA, México.

Kuruvadi, S. e I. Sánchez V. 1993. Range of Yield Components and Phenotypic

Correlations in Tepary Beans (*Phaseolus acutifolius*) Under Dryland Conditions, en Janik, J. and J.E. Simon (eds.) *New Crops*, Willey, New York.

Martin, F.W. 1998. *Forages* (technical note), ECHO, Florida, U.S.A. <http://www.echonet.org>.

Morrison, Frank B. 1969. *Alimentos y alimentación del ganado*, UTEHA, México.

Nabhan, G.P., 1983. The Desert Tepary as Food Resource, *Desert Plants*, Vol. 5, No. 1, Published by The University of Arizona, 63 pp.

Rodríguez P., J.A. 1987. Comparison of yield and protein content of white and yellow tepary beans grown for bean and forage production on the Island of Tenerife, *Journal of Arid Environments*, 13:3, 287-292.

## CAPITULO II

### EVALUACIÓN DE LA SIEMBRA ASOCIADA DE UN GENOTIPO DE FRIJOL TÉPARI CON UN HÍBRIDO DE SORGO X PASTO SUDÁN

#### INTRODUCCIÓN

Existen antecedentes desde el siglo XIX de producción comercial en forma de asociación de gramíneas forrajeras anuales con leguminosas (Hughes *et al.*, 1981). La evolución de la agricultura moderna llevó a privilegiar la siembra de monocultivos por las facilidades para el uso de maquinaria y manejo general de los mismos (Márquez, 1975 ).

La asociación de cultivos es una de las formas de sembrar dos o más especies mezcladas en el mismo terreno haciendo que estas coincidan en algún momento de su desarrollo. La proporción en la que han de asociarse los dos cultivos debe tomar como base a las densidades de plantas cuando estos se siembran solos (Sullivan, 1998).

Al sembrar en asociación dos o más especies se forma un microambiente diferente al de ellas si se siembran por separado, lo cual ha sido poco estudiado. Pueden ocurrir alteraciones en el desarrollo fenológico normal de las especies involucradas en la asociación debido a que el microambiente ha sido modificado (Sullivan, 1998).

Al sembrar dos especies diferentes como un solo cultivo se establece una competencia adicional a la competencia intraespecífica, la cual es la competencia interespecífica, por luz, agua y nutrientes. La asociación de cultivos tiene sentido si al sustituir la competencia intraespecífica por la competencia interespecífica, el retroceso en la producción de un cultivo es superado por el incremento del otro, en términos productivos o económicos (Sullivan, 1998) o bien el rendimiento combinado de las especies asociadas es superior al rendimiento de las especies solas, en lo biológico o en lo económico o ambas (Márquez, 1975) tal como ocurre en la asociación de gramíneas y leguminosas forrajeras.

En los municipios de Pesquería y Los Ramones, N.L., la producción de forraje con híbridos de sorgo x pasto Sudán (HS x S) es muy importante en los ranchos ganaderos. Para incrementar el valor nutritivo del forraje sin alterar las operaciones de siembra, el manejo del cultivo, la cosecha y la henificación y empaque del producto, se podrían sembrar en forma asociada tales híbridos con alguna leguminosa forrajera trepadora, que forme una combinación compacta que pueda cosecharse como si fuera un solo cultivo.

La especie *Phaseolus acutifolius* G., comúnmente conocida como frijol tépari, es resistente a la sequía y su contenido de proteína es del 16 al 20% (Rodríguez, 1987); al asociar el frijol tépari con algún híbrido de sorgo x pasto Sudán se podría lograr un incremento en el contenido de proteína del forraje

cosechado, lo cual daría superioridad en cuanto a la calidad del forraje en la asociación, sobre la siembra de los híbridos forrajeros de sorgo x Sudán en unicultivo.

Uno de los problemas de la siembra de cultivos asociados es el de la sincronización, o asincronización, según sea el caso, de la cosecha en su óptimo estado de crecimiento, de cada cultivo involucrado. En el caso que nos ocupa, el problema es el momento de corte de los genotipos asociados donde se obtenga la mayor cantidad y calidad de forraje. Para el híbrido el mejor momento es el de estado masoso-lechoso del grano y para las leguminosas forrajeras de crecimiento indeterminado es cuando se inicia la maduración de las primeras vainas (Hughes *et al.*, 1981 ). Considerando lo anterior, una vez seleccionadas preliminarmente las colectas de frijol tépari con potencial de asociación con híbridos de sorgo x Sudán, el objetivo del presente estudio fue el de aproximar combinaciones apropiadas de semilla en la siembra asociada de un híbrido de sorgo x pasto Sudán con cuatro de las colectas preseleccionadas de frijol tépari (aunque se evaluó circunstancialmente sólo una), bajo la hipótesis de que el comportamiento forrajero de ambos genotipos se verá influenciado por la asociación respecto a los cultivos sin asociar.

## MATERIALES Y METODOS

Un experimento se sembró el 22 de marzo del 2001 y se condujo bajo tres riegos con aguas negras, uno de presiembra y dos de auxilio, en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., en Marín, N.L. La siembra se realizó en un suelo arcilloso, alcalino y la semilla se colocó a una profundidad de siembra de 5 cm. Para el experimento se utilizaron cuatro materiales de frijol tépari identificados como asociables con híbridos de sorgo x Sudán y por tener suficiente semillas de las mismas, las cuales fueron las colectas de tipo silvestres números 16, 193 y 196 y la de tipo cultivada número 112; las primeras de guía y la última de semiguía, asociadas una a una con el híbrido de sorgo x pasto Sudán (HS x S) Grow-N-Graze. La semilla de las colectas de tipo silvestre fue pequeño ya que el peso de 100 semillas varió 2 a 2.5 g, la del híbrido fue de 3.5 g y las de la colecta 112 fue de 11 g. El propósito de sembrar los primeros tres materiales fue el de probar semillas del mismo tamaño que las del híbrido, a fin de que en un eventual éxito en la asociación, se pudiera hacer la siembra de las semillas de esos materiales mezcladas con las del HS x S.

Se diseñaron cinco combinaciones ó relación de semillas en la siembra de frijol tépari con el híbrido forrajero, las cuales fueron los siguientes: 1:0, 3:1, 1:1, 1:3 y 0:1, el primer número para tépari y el segundo para el HS x S, siendo la primera y la última combinaciones consideradas testigos. Los tratamientos 1 al 5

correspondieron a las cinco combinaciones con la colecta 16, los tratamientos 6 al 10 a la colecta 193, del tratamiento 11 al 15 a la colecta 196 y del 16 al 20, a la colecta 112. La densidad de siembra en los testigos para el híbrido y el frijol tépari de guía fue de 20 k ha<sup>-1</sup>, en tanto que para frijol tépari de guía corta (colecta 112) fue de 66 k ha<sup>-1</sup>.

Los veinte tratamientos se aleatorizaron en parcelas experimentales de cuatro surcos de 5 m de largo x 0.8 m de ancho en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Se definieron siete variables para la evaluación, las cuales tuvieron el propósito de estimar el comportamiento de los genotipos involucrados en el experimento al cambiar los niveles de asociación:

1. Número de plantas del híbrido por metro de surco (0.8 m<sup>2</sup>): se seleccionó al azar uno de los dos surcos centrales y de este, del mismo modo, un tramo de un metro en donde se hizo el conteo de plantas.
2. Altura de las plantas del híbrido en metros: se seleccionó una muestra de 10 plantas de los surcos centrales, se midió del suelo hasta el nudo de la hoja bandera y se obtuvo el promedio.
3. Perímetro promedio de los tallos del híbrido en centímetros: se utilizó una muestra de 10 plantas de los surcos centrales y a cada uno de sus

tallos se les midió su perímetro a una altura sobre el suelo de 10 a 15 cm, en la parte inferior del primer nudo y se obtuvo el promedio.

4. Número de vainas por metro lineal de surco (0.8 m<sup>2</sup>). Se tomó al azar uno de los surcos centrales y de este, del mismo modo, un tramo de un metro en donde se hizo el conteo de todas las vainas presentes, el total se dividió entre el porcentaje de plantas presentes en el tratamiento correspondiente para obtener una aproximación al número de vainas por planta de frijol tépari en asociación.

5. Altura en metros de las guías: de la parte útil de la parcela, se midió la altura de las 10 guías más altas y se obtuvo el promedio.

6. Altura en metros del follaje en frijol tépari: en la parte útil del surco se utilizaron cinco medidas de la altura alcanzada por el follaje en su parte más densa.

7. Rendimiento en toneladas por hectárea del forraje en verde: se cortó y pesó todo el forraje producido en la parcela útil.

Los datos de las variables 1 a 6 se tomaron los días 24 y 25 de mayo (62 dds) y el corte se realizó el día 12 de junio (79 dds).

Para el análisis estadístico de los datos se usó el Paquete de Diseños Experimentales FAUANL (Olivares, 1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La colecta 112 fue la única que prosperó bajo las densidades de siembra que se habían planeado; se observó que las plantas de los materiales silvestres de semilla pequeña que emergieron tuvieron un crecimiento raquítrico, esmirriado, con plantas cloróticas. En consecuencia las variables se midieron y analizaron solamente para los tratamientos de asociación frijol tépari 112-híbrido de sorgo x Sudán: 1:0, 3:1, 1:1, 1:3 y 0:1.

En el Cuadro 2.1 se presentan los resultados del análisis de variación para las siete variables en términos de los cuadrados medios para los bloques y para tratamientos con sus niveles de significancia, así como el coeficiente de variación correspondiente.

En el cuadro 2.1 se observa que se detectó diferencia significativa entre bloques para tres variables y que los coeficientes de variación no fueron muy grandes para número de plantas/0.8 m<sup>2</sup> y número relativo de vainas/0.8 m<sup>2</sup>, por lo que el manejo del experimento puede considerarse aceptable. Sólo en la altura de planta del híbrido no se detectó diferencia significativa entre tratamientos, por lo que en el resto de las variables del híbrido y del frijol tépari se procedió a la comparación de los promedios entre tratamientos para determinar la magnitud de las diferencias.

Cuadro 2.1. Cuadrados medios para bloques y cinco tratamientos de siete variables de la asociación de frijol tépari 112 : HS x S. FAUANL, Marín, N.L., ciclo primavera-verano del 2001

Variable	Cuadrado medio de bloques	P>F	Cuadrado medio de tratamientos	P>F	C.V.
Variables que incluyen a los dos materiales					
Rendimiento de forraje verde total (t ha <sup>-1</sup> )	25.0217	0.024*	66.4503	0.001**	18.72
Variables del HS x S					
Número de plantas/.8 m <sup>2</sup>	27.5625	0.373	279.2292	0.002**	23.84
Altura de planta del híbrido (m)	0.3400	0.003**	0.0158	0.680	9.92
Perímetro de planta del híbrido (cm)	0.0057	0.662	0.4248	0.021*	5.03
Variables del frijol tépari 112					
Número relativo de vainas/.8 m <sup>2</sup>	254.3958	0.010*	1057.7291	0.000**	20.88
Longitud de las guías (m)	0.0475	0.364	1.1767	0.000**	17.00
Altura de concentración del follaje del tépari (m).	0.0129	0.918	0.2571	0.001**	16.10

\* Diferencia significativa, \*\* Diferencia altamente significativa

### Comportamiento de las plantas del híbrido de sorgo x Sudán

En el Cuadro 2.2 presentan las comparaciones de promedios para rendimiento de forraje en verde, número promedio de plantas del híbrido  $0.8 \text{ m}^2$ , altura y perímetro de plantas del híbrido. Se observa que el menor rendimiento de forraje verde de ( $5.35 \text{ t ha}^{-1}$ ) se presentó cuando se sembró solo el frijol tépari (1:0). Al respecto, en un experimento con frijol tépari blanco, sembrado bajo riego y fertilización en Tenerife, España, en septiembre de 1983, se obtuvo un rendimiento promedio de forraje verde de  $6.63 \text{ t ha}^{-1}$  (Rodríguez, 1987). Por otra parte, cuando el tépari se asoció con sorgo, tratamientos 1:3, 1:1 y 3:1, el rendimiento de forraje verde no fue estadísticamente diferente a cuando se sembró el híbrido solo (0:1). En el mismo cuadro puede apreciarse que el número de plantas de sorgo x Sudán por metro cuadrado tiende a disminuir conforme se reduce la proporción del híbrido sembrado del 100 (0:1) al 25% (3:1), pero en la reducción del 100% (0:1) al 75% (1:3) no difieren entre sí, presentando significativamente más plantas por metro cuadrado que las reducciones del híbrido en la asociación del 50 (1:1) al 25% (3:1) las cuales resultaron iguales entre sí para esta variable.

La altura de la planta no se afectó al pasar el híbrido de unicultivo a la asociación; sin embargo, se puede apreciar en el mismo cuadro que el grosor de los tallos se incrementó al pasar el híbrido de la condición de unicultivo a la de asociado,

siendo los tallos más gruesos cuando la proporción del híbrido se redujo al 25% (3:1). Estos resultados indican que la igualdad estadística del rendimiento de forraje verde entre el híbrido solo y asociado con frijol tépari puede explicarse por el mecanismo compensatorio del incremento del grosor de los tallos del híbrido y posiblemente también por un mayor rendimiento de forraje verde del frijol tépari, el que al asociarse trepa sobre el híbrido teniendo menos competencia interespecífica por luz.

Cuadro 2.2. Rendimiento de forraje verde total, número de plantas/0.8 m<sup>2</sup>, altura y perímetro de planta del HS x S. Marín, N.L., ciclo primavera-verano 2001

Tratamiento tépari: HSxS	Rendimiento de forraje verde (t ha <sup>-1</sup> )	Tratamiento tépari: HSXS	Núm. de plantas del HSxS/0.8 m <sup>2</sup>	Tratamiento tépari: HSXS	Altura de planta del HSxS (m)	Tratamiento tépari: HSXS	Perímetro promedio de planta del HSxS (cm)
3:1	15.235 a	0:1	33a	0:1	1.8	3:1	3.76 a
0:1	14.297 a	1:3	28a	1:3	1.8	1:1	3.23 b
1:1	14.157 a	1:1	14 b	1:1	1.7	1:3	3.04 bc
1:3	13.880 a	3:1	10 b	3:1	1.7	0:1	2.56 c
1:0	5.350 b	-	-	-	--	-	-
DMS	6.231	DMS	7.746	DMS	NS	DMS	0.35

Letras iguales = promedios iguales bajo un nivel de significancia de 0.05.

#### Comportamiento de las plantas de frijol tépari

Los resultados del frijol tépari se presentan en el Cuadro 2.3. Se consideró que el número absoluto de vainas producidas por unidad de superficie no puede ser comparado en razón de que las densidades de plantas del frijol tépari son distintas en cada tratamiento, por lo que se efectuó una corrección, dividiendo el número real de vainas entre el porcentaje de la participación del frijol tépari en el tratamiento correspondiente (1, 0.75, 0.50, 0.25), resultando promedios muy

inferiores en los tratamientos de asociación con relación al frijol tépari solo y la tendencia a la reducción del número relativo de vainas conforme se reduce la participación del frijol tépari en la asociación. El fenómeno podría ser atribuido al incremento del sombreado, consecuencia del aumento de la participación del híbrido en la misma.

Cuadro 2.3. Comparación de promedios del número de vainas/0.8 m<sup>2</sup>; altura de las guías y del follaje del tépari. FAUANL, Marín. N.L., ciclo primavera-verano 2001

Tratamiento	Número relativo de vainas /0.8m <sup>2</sup>	Tratamiento	Altura de guías (m)	Tratamiento	Altura del follaje (m)
1:0	51.2500 a	1:0	0.3725 a	1:0	0.3725 a
3:1	29.0000 b	3:1	1.4150 b	3:1	0.8500 b
1:1	22.5000 bc	1:1	1.5750 b	1:1	0.9500 b
1:3	13.0000 c	1:3	1.3200 b	1:3	0.7800 b
DMS	13.8853	DMS	0.3182	DMS	0.1901

\*Letras iguales = medias iguales bajo un nivel de significancia de 0.05%.

En un experimento de asociación de surcos intercalados de maíz y frijol común se encontró que el incremento de la población de maíz tiende a reducir la producción de vainas y el rendimiento de frijol (Itulya, 1996).

En el Cuadro 2.3 se observa también que la altura promedio (elevación) alcanzada por las guías del frijol tépari presentó diferencias entre el tratamiento 1:0, 100% frijol tépari, y los demás; algo semejante ocurrió con relación a la altura media de concentración de su follaje, obviamente porque las plantas del frijol tépari treparon sobre los tallos del híbrido en los tratamientos de asociación, pero

no en los de tépari en unicultivo.

Los resultados relativos a la altura de las guías alcanzadas por las plantas de frijol tépari al trepar sobre las plantas del híbrido en los tratamientos de asociación (1.44 m en promedio), así como la altura alcanzada de concentración del follaje (0.86 m en promedio), son importantes porque al cosechar, una buena proporción del follaje del frijol tépari podrá ser cortada mecánicamente para su henificación y empaque, formando una misma masa, esperándose con ello que se mejore la calidad nutritiva del forraje cosechado.

## **CONCLUSIONES**

Los niveles de asociación al 25, 50 y 75% ó 1:3, 1:1 y 3:1 de frijol tépari : HSxS no redujeron significativamente el rendimiento de forraje verde al alcanzar los tallos del híbrido un mayor grosor, aunque hubo influencia del momento de corte, por lo que es un imperativo repetir la experiencia.

La mayor producción de vainas por planta en los tratamientos de asociación tépari : HSxS 3:1 y 1:1, sin reducción de la biomasa producida, permite presumir una mejor calidad de forraje bajo esos tratamientos.

## **BIBLIOGRAFIA**

Hughes, H.D., M. Heath y D.S. Metcalfe. 1981. *Forrajes*, CECSA, México.

Itulya, F.M. 1996. The influence of intercropping and maize (*Zea mays* L.) inter-row spacing on seed yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and maize under semi arid conditions in Kenya, *Discovery and Innovation*, 8:1 59-68.

Márquez S., F. 1975. *Agroecosistemas*, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.

Olivares S., E. 1994. *Paquete de diseños experimentales, versión 2.5*, FAUANL.

Rodríguez P., J.A. 1987. Comparison of yield and protein content of white and yellow tepary beans grown for bean and forage production on the island of Tenerife, *Journal of Arid Environments*, 13:3, 287-292.

Sullivan, P. 1998. *Intercropping. Principles and Production Practices*, ATTRA, Fayetteville, Arkansas, <http://www.attra.org/attra-pub/intercrop.html>

## **CAPÍTULO III**

### **CAPACIDAD DE ASOCIACIÓN DE CUATRO GENOTIPOS DE FRIJOL TEPARI DOMESTICADOS CON UN HÍBRIDO DE SORGO X PASTO SUDÁN**

#### **INTRODUCCIÓN**

Se han realizado investigaciones para evaluar el potencial productivo y nutricional de los híbridos de sorgo por Sudán. Hussain y Khan (2001) reportaron para ocho materiales de sorgo forrajero que se siembran en cuatro locaciones de Pakistán, un rendimiento comercial promedio de 43.0 toneladas ha<sup>-1</sup> de materia verde, con un contenido de 14% de materia seca. Mencionan un contenido de 9.66% de proteína cruda para híbridos de sorgo x pasto Sudán.

En un experimento con cuatro materiales forrajeros, que incluyeron dos HS x S, realizado en Venezuela (García, 2000), con aplicación de tres niveles de fertilización nitrogenada más un testigo (no se menciona si fue bajo riego o temporal), se encontró que la producción de materia seca y de proteína se incrementa con el aumento de aplicación del fertilizante y que el rendimiento de materia seca es mayor al cortar en plena floración que en un estado temprano de desarrollo; que lo contrario ocurre con el contenido porcentual de proteína de la materia seca. Los HS x S sin fertilizar produjeron a la floración en promedio 790 kilogramos de materia seca con un contenido de proteína del 9%.

En un estudio realizado en Manhattan y Hutchinson, Kansas, E.U.A., por Nuwanyakpa *et al.* (1979) con materiales forrajeros de verano, se encontró que la materia seca y el contenido de proteína cruda varía según el momento de corte de dos híbridos de sorgo por pasto Sudán y de otros materiales forrajeros: en tanto que el contenido porcentual de materia seca aumenta, el de proteína disminuye. En estado masoso-lechoso del grano, el contenido promedio de materia seca de los dos materiales HS x S fue de 14% en Manhattan y de 13.5% en Hutchinson; el contenido de proteína cruda fue de 9.2% en la primera y de 4.5% en la segunda localidad; no se mencionan las condiciones de humedad y fertilidad bajo las cuales se realizaron las pruebas.

En experimentos realizados por cuatro años en Kyabram Dairy Centre, Northern Victoria, Australia, bajo condiciones de riego y fertilización, se determinó para híbridos de sorgo x pasto Sudan, bajo tres cortes, un contenido promedio de materia seca de 16.5 t ha<sup>-1</sup>, y de proteína cruda de 9.5% (Pritchard, 1995).

En evaluaciones hechas a dos híbridos de sorgo x Sudán, en Arauco, Perú (Cofré, s/f) en suelos fertilizados que conservan la humedad en verano, se obtuvieron rendimientos promedio de materia seca en tres cortes de 24.7 t ha<sup>-1</sup>, representando el 18% con relación al peso de biomasa verde; el contenido de proteína fue del 8.4 % de la materia seca.

De acuerdo con Hall y Roth (s/f) en Pennsylvania, E.U.A., bajo condiciones adecuadas de humedad y fertilización, es común cosechar en el primer corte 4.15

toneladas de materia seca por acre de híbridos de sorgo por pasto Sudán, con un contenido de proteína cruda del 12.2%.

Una estrategia empleada para mejorar el contenido proteico del forraje producido por gramíneas, es sembrarlas y cosecharlas en asociación con leguminosas (Hughes *et al.*, 1981), aprovechando, cuando existen, sus propiedades sinérgicas de comensalismo y mutualismo, como se propone para cualquier policultivo (Sullivan, 1998; Geno y Geno, 2001).

Una leguminosa con características complementarias compatibles con las de los híbridos de sorgo x pasto Sudán que se siembran en el Noreste de México es la del frijol tépari (*Phaseolus acutifolius* Gray), según numerosas investigaciones que se desarrollaron sobre todo en la década de los ochenta (Fletcher, 2001).

En un experimento conducido en Cerralvo, Nuevo León, en 1988 (Aguirre, 1988) se encontró que el frijol tépari presentó altas tasas de crecimiento inmediatamente después de las lluvias a pesar de haber estado sometido previamente a estrés hídrico, indicando su potencial para la producción de forraje aún bajo condiciones adversas de humedad. Lin y Markhart (1996) reportaron que en ausencia de estrés hídrico, el frijol tépari es más resistente a las altas temperaturas que el frijol común.

Morrison (1977) reportaba ya a principios del siglo XX, que el contenido de proteína cruda del frijol tépari era semejante al de la alfalfa. Nabhan (1983) anota que

el forraje del frijol tépari agrada al ganado y es comparable con la alfalfa por su calidad nutritiva y supera en producción a otros forrajes de leguminosas en las regiones áridas de América del Norte.

En una prueba realizada en Tenerife, España, en 1982, se encontró que la proteína cruda en variedades amarilla y blanca de frijol tépari, sembradas sin fertilizar para usar como forraje contenían 17.0 y 18.6% de proteína respectivamente, cuando se cortaron a los 45 días de la siembra, estando las plantas en completa floración; también se encontró que para una misma variedad amarilla con y sin fertilizante, el contenido de proteína cruda fue de 20.4 y 17.6% respectivamente (Rodríguez, 1987).

En la selección de un genotipo de frijol tépari apto para establecerse en asociación con fines forrajeros con híbridos de sorgo x Sudán, es importante considerar ciertas características morfológicas (muy semejantes a las del frijol común que describe Kohashi, 1990) tales como el hábito de crecimiento, la energía con la que trepa en el cultivo tutor y la altura que alcanza; el tamaño de las hojas, su densidad y los estratos en los que se desarrolla la floración y, por tanto, la formación de vainas. Lo ideal es que las plantas de frijol tépari se desarrollen en alturas que permitan el corte sin pérdidas ni menoscabo de la calidad del forraje y que permitan el desarrollo normal de los híbridos de sorgo x Sudán. Aunque se supone que los genotipos de guía son los ideales para el propósito anterior, es cuestionable porque algunos de esos materiales son de hoja pequeña que presentan un desarrollo esmirriado, pobre en ramificaciones, clorosis bajo las condiciones en las que se está

experimentando y la altura que alcanzan las guías es variable y en general no aceptable (Guzmán *et al.*, 2001) .

De acuerdo con las observaciones del germoplasma de frijol tépari preseleccionado en la FAUANL para asociarse con híbridos forrajeros de sorgo x Sudán, entre los genotipos de semiguía pueden encontrarse genotipos superiores a otros de guía para asociaciones con gramíneas forrajeras de porte alto (Guzmán *et al.*, 2001).

En trabajos previos de esta investigación se han observado dos diferencias generales entre las semillas de dos grupos de colectas de frijol tépari: semiguía y guía, con las que se ha podido establecer que: 1) el tamaño de la semilla es mucho mayor en las colectas de semiguía, variando de 12 a 14 gramos por 100 semillas, en el segundo el peso varía de 2.5 a 3.5 gramos; y 2) casi la mitad de las colectas del grupo de guía presenta heterogeneidad en cuanto a su tamaño, forma y color, en tanto que las de semiguía son homogéneas (Guzmán *et al.*, 2000).

En el ciclo primavera verano o tardío del 2001, se estableció un experimento que tuvo el objetivo de observar la habilidad asociativa y el grado de sincronización, así como la de su productividad forrajera, de cuatro genotipos de frijol tépari de semiguía, asociados con un híbrido de sorgo x pasto Sudán.

La hipótesis fueron: 1) bajo un mismo nivel de asociación, los cuatro genotipos de frijol tépari tendrán distinto comportamiento en habilidad asociativa; 2) los

tratamientos resultarán en rendimientos de biomasa diferenciados; 3) la producción de proteína bruta será superior para los tratamientos de asociación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El 18 de agosto del 2001, aplicando un riego de presembrado, se sembró un experimento en un suelo arcilloso y alcalino, en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., en Marín, N.L., sin emplear agroquímicos, con cuatro genotipos de frijol tepari de semiguía, identificados como colectas números 80, 83, 87 y 156, con un peso promedio de 100 semillas de 14 g, asociadas con el híbrido sorgo x pasto Sudán (HS x S) Sucrosse el cual presentó un peso promedio de 3.5 gr 100 semillas<sup>-1</sup>.

Se plantearon cinco tratamientos que consistieron en la asociación de las colectas de frijol tepari a razón de 50 k de semilla ha<sup>-1</sup> con el híbrido a una densidad de 10 k de semilla ha<sup>-1</sup>, además del híbrido solo como testigo, a razón de 20 kg ha<sup>-1</sup>, estos fueron: T1 = colecta 80 + HS x S, T2 = colecta 83 + HS x S, T3 = colecta 87 + HS x S, T4 = colecta 156 + HS x S y T5 = HS x S solo (testigo).

Los tratamientos se aleatorizaron en parcelas experimentales de cuatro surcos de 5 x 0.8 m, en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela útil fue de los dos surcos centrales, se dieron dos riegos de auxilio y a la cosecha se eliminó un metro a cada extremo de ellos.

Las variables a evaluar, que a continuación se mencionan, tuvieron como propósito comparar el comportamiento de asociación forrajera de los genotipos de frijol tépari empleados en los siguientes aspectos: 1) altura de las guías en metros, 2) grado de sincronización de su estado ideal de corte con el estado ideal de corte del HS x S, 3) rendimiento de forraje verde total, 4) rendimiento de forraje verde de frijol tépari, 5) rendimiento relativo de forraje del frijol tépari. Las cinco variables se midieron del siguiente modo:

1. Altura de las guías en metros: Se midió la altura de las 10 guías más altas del suelo al ápice en la parte útil de la parcela y se obtuvo el promedio.

2. Índice de sincronía forrajera: para medir el grado de sincronización óptimo forrajero del frijol tépari con el híbrido, se obtuvo contando, por un lado, los días a la maduración de las primeras vainas de los genotipos de frijol tépari y, por otro, los días a la presentación generalizada del estado masoso-lechoso en las semillas del híbrido. Al cociente de dividir los días al estado de corte ideal del frijol tepari, entre los días al momento ideal de corte del híbrido, se le denominó “índice de sincronía forrajera”: a medida que el índice se aproxima a uno, la sincronía va siendo alta; si el índice es menor que uno, el frijol tépari madura antes que el HS x S; si es mayor que uno, madura después.

3. Rendimiento de forraje verde total: peso en verde, en  $t\ ha^{-1}$ , de la biomasa aérea producida en la parcela útil por el frijol tépari y el HS x S, cortados al ras del suelo.

4. Rendimiento de forraje del frijol tépari: peso en verde en  $t\ ha^{-1}$ , de la biomasa aérea del frijol tépari en la parcela útil.
5. Rendimiento relativo de forraje del frijol tépari: porcentaje con relación al total, de la biomasa aérea producida por el frijol tépari.
6. Producción de proteína bruta estimada por los tratamientos de asociación y el testigo.

Para la medición de las variables 3, 4 y 5 se utilizaron muestras de un metro de surco de la parcela útil. La altura de las plantas se midió en la fecha ideal de corte del frijol tépari (al inicio de la maduración de las primeras vainas); el corte se realizó cuando el HS x S alcanzó el estado masoso-lechoso del grano, el 2 de noviembre del 2001 (76 dds).

Para la medición de la variable 6 se asumió, tomando en consideración a la literatura citada, un 18% de materia seca de la biomasa para el HS x S, con un contenido de proteína bruta del 9 % de la materia seca (Nuwanyakpa *et al.*, 1979; Pritchard, 1995; Hussain y Khan, 2000; García, 2000; Cofré, s/f; Hall y Roth s/f). Como no se encontraron referencias para el frijol tépari, se estimó para ese cultivo un contenido de materia seca de 18 % (igual a la del híbrido); la proteína bruta estimada del frijol tépari fue del 18.6 % de la materia seca ( Rodríguez, 1987)

Las variables evaluadas se analizaron utilizando el Paquete de Diseños Experimentales, versión 2.5 (Olivares, 1994).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el Cuadro 3.1 se presentan los resultados del análisis de varianza para cinco de las variables evaluadas. Dos de los cinco tratamientos, los correspondientes a las asociaciones del híbrido con las colectas 83 y 87, no fueron evaluados para rendimiento de forraje verde total y rendimiento de forraje verde absoluto y relativo de frijol tépari, esto en virtud de que presentaron bajos índices de sincronía, de 0.80 y 0.83 respectivamente, es decir, se adelantaron mucho en su estado de corte al del híbrido. Se observa que las pruebas de F arrojaron diferencias altamente significativas entre tratamientos para altura de las guías, índice de sincronía y biomasa total, no así para biomasa absoluta de frijol tépari y biomasa relativa; en ningún caso hubo significancia para bloques. Los coeficientes de variación fueron aceptables para las variables en las que la F fue altamente significativa, no así para las que no tuvieron significancia, lo cual es un indicio de un error experimental alto, de diferencias pequeñas no detectables o de ambos.

Cuadro 3.1. Cuadrados medios para bloques y cinco tratamientos de asociación frijol tépari-sorgo x Sudán. FAUANL, Marín N.L., ciclo tardío del 2001

Variable	Cuadrado medio de bloques	P>F	Cuadrado medio de tratamientos	P>F	C.V. (%)
Altura de las guías(m)	0.0189	0.404	0.1791	0.004**	9.56
Índice de sincronía	0.00001	0.181	0.0225	0.000**	0.28
Rendimiento de forraje verde total total (t ha <sup>-1</sup> )	18.0531	0.379	290.3840	0.005**	12.00
Biomasa de frijol tépari (t ha <sup>-1</sup> )	0.6052	0.790	0.6990	0.583	18.28
Biomasa relativa del frijol tépari (%)	0.0015	0.775	0.001	0.730	23.00

\*\*Diferencia altamente significativa

Con las variables que alcanzaron significancia se procedió a realizar comparaciones de medias por el método de la DMS protegida de Fisher (Steel y Torrie, 1980), estas se presentan en el Cuadro 3.2. y se observa que para la altura de las guías de frijol tépari los tratamientos de asociación con las colectas 80 y 156 resultaron iguales y superiores a las otras dos, colectas 87 y 83, que a su vez resultaron iguales. Destaca la altura alcanzada por las guías más altas de la colecta 80, de 1.57 m en promedio y también la colecta 156, que alcanzó una altura de 1.51, por lo que estas dos colectas son aceptables para continuar con las pruebas de asociación; un resultado semejante se tuvo con la colecta 112 en el ciclo de temprano del 2001 (Guzmán *et al.*, 2001).

Con relación al índice de sincronía forrajera, la prueba de la DMS arrojó diferencias para todos los materiales, es decir, llegaron al momento de corte

escalonadamente; el material más apto para la asociación resultó ser la colecta 156 pues casi igualó su punto ideal de corte con el estado de madurez del híbrido, presentando un índice de sincronía del 0.95; en segundo término la colecta 87 con 0.89; los otros dos materiales, como ya se dijo, se adelantaron mucho al momento de corte del híbrido de sorgo x Sudán, por lo que no serían deseables para asociaciones con fines forrajeros.

Cuadro 3.2. Comparación de medias de cinco variables de frijol tépari sembrado en asociación con un HS x S. FAUANL, Marín, N.L., ciclo tardío 2001

Altura de las guías (m)	Índice de sincronía forrajera	Rendimiento de forraje verde total (t ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento de forraje verde de frijol tépari (t ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento relativo de forraje verde de frijol tépari (%)
C 80 1.57 a	C 156 0.95 a	Testigo 41.250 a	C 156 7.3450	C 156 28
C 156 1.51 a	C 87 0.89 b	C 156 26.751 b	C 87 6.7536	C 87 26
C 87 1.29 b	C 80 0.80 c	C 87 26.247 b	--	--
C 83 1.11 b	C 83 0.83 d	--	--	--
Testigo --	--	--	--	--
DMS 0.2137	DMS 0.0058	DMS 6.8530	DMS NS	DMS NS

Letras iguales = promedios iguales. Los niveles de significancia en las pruebas de medias por el método de la Diferencia Mínima Significativa, fueron 0.05 en todos los casos, excepto en la variable índice de sincronía que fue de 0.01.

El rendimiento de forraje verde del híbrido sembrado solo como testigo fue muy superior a los tratamientos de asociación los cuales no presentaron diferencia entre ellos. Este resultado contrasta con el obtenido en el experimento del ciclo temprano del 2001, donde no hubo diferencias entre el híbrido sembrado solo y los tratamientos de asociación (Guzmán *et. al.*, 2001), lo cual podría explicarse en base a que en el ciclo temprano el forraje se cosechó tardíamente, después de varios días

de altas temperaturas, por otro lado a la mayor humedad que se presentó en el ciclo (tardío) de este experimento.

La prueba de F no arrojó significancia con respecto a las dos variables de producción de forraje verde de frijol tépari, colectas 156 y 87, que promediaron 7.05 t ha<sup>-1</sup>. Este resultado fue superior al obtenido (5.35 t ha<sup>-1</sup>) en esta misma investigación por la colecta 112 de frijol tépari, sembrada sin asociar, en el ciclo temprano de este año (capítulo anterior). Por otro lado, fue semejante al obtenido en un experimento con frijol tépari para forraje sembrado en unicultivo el 10 de septiembre de 1983 en Tenerife, España, bajo riego y fertilizado, con una densidad de 60 k ha<sup>-1</sup> de semilla (Rodríguez, 1987).

En el cuadro 3.3 se expone el análisis de varianza de la producción estimada de proteína bruta t ha<sup>-1</sup>. No se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos. El coeficiente de variación fue bajo.

Cuadro 3.3 Análisis de varianza de la producción estimada de proteína bruta t ha<sup>-1</sup>

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.034447	0.017223	5.3720 ns	0.057
Bloques	3	0.017477	0.005826	1.8170 ns	0.261
Error	5	0.016031	0.003206		
Total	10	0.069968			

\* Se perdió una repetición; ns = no significativa; C.V. 9.60 %

Aunque no se detectaron diferencias entre tratamientos, las medias estimadas de proteína bruta t ha<sup>-1</sup> se presentan en el Cuadro 3.4. Comparando los resultados

de ese cuadro con los de la producción de proteína bruta por hectárea de HS x S sembrados solos en otras regiones del mundo, resulta que fueron muy inferiores (menos del 50%) a los reportados por Nuwanyakpa *et al.* (1979) para Kansas con experimentos fertilizados, inferiores al resultado reportado por García (2000) para experimento fertilizado en Perú, y semejantes a los reportado por Hall y Roth (s/f) para siembras comerciales en Pennsylvania, por Pritchard (1995) para experimentos fertilizados en Australia y por Hussain y Khan (2001) para siembras comerciales en Pakistán.

Cuadro 3.4. Promedios de rendimiento de proteína bruta estimada t ha<sup>-1</sup>

Tratamiento	Rendimiento promedio*
HS x S solo	0.668
HS x S + frijol tépari 156	0.560
HS x S + frijol tépari 87	0.540
Media	0.589

\*No se detectaron diferencias entre tratamientos

Finalmente, es muy conocido que la digestibilidad de las proteínas es mayor en las leguminosas en general, que en las gramíneas (Morrison, 1977; Huges *et al.*, 1981).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El genotipo que arrojó el mejor resultado para asociación con el híbrido de sorgo x Sudán, fue la colecta 156 pues conjuntó el mejor comportamiento en todas

las variables, salvo en altura de planta, aunque esta fue aceptable. Secundariamente la colecta 80 es elegible para continuar experimentando por la altura alcanzada por sus guías, aunque haciendo ajustes a la fecha de siembra para lograr un crecimiento bajo temperaturas menos calurosas o asociando con otro híbrido u otra gramínea de ciclo más corto.

Se estima que se produjo la misma cantidad de proteína  $\text{ha}^{-1}$  sembrando el HS x S solo, que asociado con cualquier de los dos materiales analizados de frijol tépari.

Se recomienda probar otros niveles de asociación del HS x S con frijol tépari, para tratar de incrementar la producción de proteína bruta  $\text{ha}^{-1}$ , lo cual es posible frente a los resultados obtenidos en este trabajo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

García O., G.S. 2000. Producción de forraje y evaluación cualitativa de cuatro híbridos de sorgo forrajero. Potencial de rendimiento, *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 17: 413-423.

Guzmán F., G. R. Y C.G.S. Valdés L. 2000. Rescate, caracterización y selección preliminar de germoplasma de *Phaseolus acutifolius*, por aptitud forrajera en Marín, N.L., *Memorias Seminarios de Doctorado Otoño 2000*, Facultad de Agronomía, División de Estudios de Posgrado, U.A.N.L., Marín, N.L., México.

Guzmán F., G. R., C.G.S. Valdés L. Y U.R. López D. 2001a. Evaluación preliminar de la siembra asociada de un genotipo de *Phaseolus acutifolius* con un híbrido de sorgo x pasto Sudán, *Memorias Seminarios Primavera 2001*, Facultad de Agronomía, División de Estudios de Posgrado, U.A.N.L., Marín, N.L., México.

Hall, M. H. Y G. W. Roth. s/f. *Summer-Annual Grasses for Supplemental or Emergency Forage*, Agronomy Facts 23, Cooperative Extension, College of Agricultural Sciences, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, U.S.A.

Hughes, H.D., M.E. Heath y D.S. Metcalfe. 1981. *Forrajes*, Compañía Editorial Continental S.A., México, 758 p.

Hussain, A. y S. Khan. 2001. *Impact of research and extensión on fodder productivity in Pakistan*, The 5<sup>th</sup> TAPAFON Meeting, Bajo, Buthan.

Kohashi S., J. 1990. *Aspectos de la morfología y fisiología del frijol Phaseolus vulgaris L. y su relación con el rendimiento*, Centro de Botánica, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.

Morrison, F.B. 1977. *Alimentos y alimentación del ganado*, Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, México, 721 p.

Nabhan, G.P. 1983. "The Desert Tepary as Food Resource", *Desert Plants*, Vol. 5, n. 1, Published by The University of Arizona.

Nuwanyapka, M., G.L. Posler, K.K. Bolsen y H. Ilg. 1979. *Yield and Quality of Six Summer Annual Forages*, Report of Progress 350, Agricultural Experimental Station, Kansas State University.

Olivares S., E. 1994. *Paquete de Diseños Experimentales, versión 2.5*, FAUANL.

Pritchard, Ken. 1995. *Irrigated summer fodder crops 1: Crops for Northern Victoria*, DPI Customer Service Centre, Victoria, Australia.

Rodríguez P., J.A. 1987. Comparison of yield and protein content of white and yellow tepary beans grown for bean and forage production on the Island of Tenerife, *Journal of Arid Environments* 13: 287-292.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach*, Mc.Graw-Hill Book Company, New York.

## CAPÍTULO IV.

### EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ASOCIATIVO DE SEIS MATERIALES SILVESTRES DE FRIJOL TÉPARI CON UN HÍBRIDO DE SORGO x PASTO SUDAN.

#### INTRODUCCIÓN

Algunos autores reconocidos como Debouck (1994), han empleado como criterio para apreciar la domesticación de los genotipos de frijol tépari, el peso de la semilla, afirmando que los genotipos silvestres pesan de 2 a 5 centigramos, en tanto que los cultivados pesan más de 10 centigramos. En esta investigación, sin embargo, se ha encontrado un *continuum* desde 2.5 hasta 19.5 centigramos, a partir de 56 colectas del banco de semillas.

Algunas de las llamadas colectas son una mezcla abigarrada de genotipos, a juzgar por varios caracteres de las semillas como peso, color y forma y de caracteres de las plantas observadas en el campo como la forma y tamaño de las hojas, la longitud de las guías y los días a la floración (Guzmán y Valdés, 2000).

En el curso de esta investigación, en un experimento realizado en el ciclo temprano 2001 se comparó el comportamiento de varios genotipos silvestres de semilla pequeña y un domesticado con peso de semilla tres veces mayor (Guzmán *et al.*, 2001a). Solamente se evaluó el comportamiento del material domesticado debido a que los de semilla pequeña tuvieron una emergencia muy inferior a la

esperada y las plantas que llegaron a desarrollarse manifestaron en general un crecimiento pobre exhibiendo clorosis, además de un comportamiento asociativo negativo (las guías del frijol tépari torcían a las del híbrido) cuando este llegó a darse.

Después de la experiencia negativa del trabajo realizado el ciclo mencionado, en el que los genotipos de semilla pequeña manifestaron un desarrollo inadecuado, en un nuevo intento por identificar genotipos silvestres de guía, se decidió escoger semillas de mayor tamaño contenidas en las colectas silvestres, bajo el supuesto de que se trata de poblaciones, y por ser plantas autóгамas, de mezclas de líneas puras, con la esperanza de que el carácter sea heredable y no resultante de factores puramente ambientales (Guzmán *et al.*, 2001a).

Los objetivos generales de este trabajo fueron: i) encontrar si los materiales silvestres de semilla más grande de frijol tépari manifiestan un adecuado comportamiento asociativo con los HS x S; ii) incrementar la semilla de los materiales de frijol tépari probados.

La hipótesis que sirvió de guía al trabajo fue la siguiente: es de esperarse un comportamiento asociativo adecuado de alguno o algunos de los materiales probados en virtud de que, a pesar de ser silvestres, el tamaño mayor de la semilla permitirá un establecimiento y desarrollo normal de las plantas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se sembró el 18 de agosto del 2001 en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., en Marín, N.L., en un suelo arcilloso y alcalino, aplicándose un riego de presembrado y dos de auxilio, sin emplear agroquímicos.

Se probaron semillas escogidas por su mayor tamaño de seis colectas silvestres de frijol tépari siendo estas colectas los números 9, 14, 121, 188, 194 y 206, sembrándolas asociadas, una a una, con el híbrido de sorgo por pasto Sudán (HS x S) llamado Sucrosse.

La semilla del HS x S presentó un peso promedio de 3.5 centigramos; el peso promedio de las semillas de cada material de frijol tépari se presenta en el Cuadro 4.1, aclarando que salvo el genotipo 121, el resto de los materiales fue heterogéneo en cuanto al tamaño de las semillas. Se sembraron las semillas de ambas especies en una relación 1:1, tomándose como base la recomendación comercial de siembra del híbrido de 20 kg ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos se aleatorizaron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La siembra se hizo en surcos a 0.8 m de distancia, mezclándose la semilla en sobres, bajo la proporción 1:1 y sembrándose estas a mano. Las parcelas experimentales fueron de dos surcos de 3 m de longitud, con parcela útil definida por la eliminación de 0.5 m en cada extremo; en las parcelas de las orillas se evaluó el surco interior.

Cuadro 4.1. Características de las semillas de los materiales empleados

Número de Colecta	Peso de 100 semillas de la población (g)	Peso de 100 semillas seleccionadas por su mayor tamaño (g)	Color y forma de las semillas
9	4.8	7.6	Café claro, liso o con pequeñas pintas negras.
14	4.3	7.6	Café con pequeñas pintas negras y café naranja liso; romboédricas.
121	3.5	4.8	Café con pintas negras; romboédricas, casi cúbico
188	4.6	6.4	Bayo liso, café con pintas negras; varias formas predominando la romboédrica con aristas redondeadas
194	4.4	6.8	Café oscuro casi negro; reniforme
206	4.0	6.4	Gris con pintas negras, café con pintas negras; varias formas.

Con el propósito de incrementar las semillas, se realizó una evaluación no destructiva. Se midieron tres variables: densidad de plantas al momento de corte, altura de las diez guías más largas e índice de sincronía forrajera (ISF). La primera variable fue importante porque se trataba de evaluar la capacidad de establecimiento y sobrevivencia de las plantas de cada material de frijol tépari en las condiciones de estrés por competencia y posible alelopatividad del HS x S; la segunda para apreciar la apropiada asociatividad forrajera toda vez que la altura

alcanzada por las guías es importante para la homogeneidad de las mezclas de forraje de la gramínea y la leguminosa al hacer el corte y embalaje; el índice de sincronía para seleccionar materiales que empaten lo más al momento ideal de corte; este concepto se desarrollo en el capítulo anterior.

El análisis estadístico de las variables evaluadas se realizó utilizando el Paquete de Diseños Experimentales, versión 2.5 (Olivares, 1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4.2 se presentan los resultados de los análisis de varianza de las tres variables consideradas. Solamente el número de plantas de frijol tépari por metro lineal de surco tuvo una F significativa para bloques, en tanto que para tratamientos fue altamente significativa en todos los casos. Los coeficientes de variación fueron bajos en los tres análisis.

Cuadro 4.2. Cuadrados medios para cuatro bloques y seis tratamientos de asociación de materiales silvestres de frijol tépari-con un híbrido de sorgo x pasto Sudán. FAUANL, Marín N.L., ciclo tardío del 2001

Variable	Cuadrado medio de bloques	P>F	Cuadrado medio de tratamientos	P>F	C.V. (%)
Altura de las guías (m)	0.0001	0.988	0.245	0.000**	7.11
Índice de sincronía	0.00002	0.913	0.007	0.000**	1.32
Num. de plantas de frijol tépari por m lineal de surco	20.056	0.006**	39.656	0.000**	9.42

\*Diferencia significativa, \*\*Diferencia altamente significativa

La comparación de medias de alturas de las guías (Cuadro 4.3) arrojó que la colecta 188, con 1.69 m, fue la más larga, con más de 30 cm de la siguiente, que fue la colecta 206, con igual valor estadístico que la colecta 14. De todas las colectas probadas a la fecha, en este y en otros experimentos, la 188 (de semilla seleccionada por su mayor tamaño de la colecta correspondiente) ha sido la más alta, sin presentar el crecimiento esmirriado exhibido por otros materiales silvestres pero de semilla pequeña (Guzmán *et al.*, 2001a y 2001b).

Cuadro 4.3. Comparación de medias de cuatro genotipos de frijol téparý para tres variables. FAUANL, Marín, N.L., ciclo tardío 2001

Colecta	Altura de las guías (m)	Índice de sincronía forrajera (ISF)	Num. de plantas por m lineal de surco
9	0.843 d	0.953 d	16.0 a
14	1.340 b	1.013 bc	18.0 a
121	1.163 c	0.963 d	12.7 b
188	1.693 a	1.023 b	18.7 a
194	1.110 c	1.083 a	18.3 a
206	1.353 b	0.993 c	17.0 a
DMS	0.162	0.024	2.8

Letras iguales denotan promedios iguales. Los niveles de significancia en las pruebas de medias por el método de la Diferencia Mínima Significativa fueron de 0.05 en todos los casos.

El índice de sincronía forrajera más alto (1.083, con letra a) fue alcanzado por la colecta 194, seguida (letra b) por la 188 (1.023) y la 14 (1.013) . La colecta 206 con 0.993 (letra c) resultó diferente a las dos primeras pero igual a la tercera. Por último, las colectas 9 y 121 resultaron iguales (letra d), con el índice de sincronía más bajo.

De acuerdo con la definición de índice de sincronía, expuesta en el capítulo anterior, ninguna colecta obtuvo una sincronía perfecta al momento de corte con el HS x S, el cual se alcanza cuando el  $ISF = 1$ . La llegada a punto de corte de las colectas con las que se obtuvo  $ISF > 1$  (colectas 194, 188 y 14), excedieron ligeramente al número de días ideal para el corte del HS x S, el cual se alcanza cuando el grano de este se encuentra en estado masoso-lechoso. En sentido contrario, las colectas 206, 9 y 121, llegaron a punto de corte unos días antes que el HS x S debido a que se obtuvo con ellas  $ISF < 1$ .

Con relación al número de plantas por m lineal de surco (Cuadro 4.3), no hubo diferencias (letra a) entre los materiales 9, 14, 188, 194 y 206, con un rango de 16 a 18.7 plantas ( la DMS fue de 2.8). El único material diferente respecto a la variable mencionada fue la colecta 121, con 12.7 plantas por m de surco. Es de resaltar que el genotipo 121 es un material muy homogéneo, con semillas definidamente romboédricas, casi cúbicas, y las que tuvieron menos peso; probablemente la interacción de ese genotipo con algún factor relacionado con el suelo, la profundidad de siembra, o el híbrido afectó su grado de establecimiento.

Por último, es necesario agregar dos resultados observados: 1) el peso de las semillas cosechadas fue semejante al de las sembradas para cada genotipo; 2) las plantas más altas de la colecta 188 produjeron las vainas más largas ( 5 a 6 cm) y semillas de mayor tamaño (de aproximadamente 0.08 g).

## CONCLUSIONES

Se identificaron materiales de frijol tépari silvestres, con un comportamiento asociativo adecuado con los HS x S. Con base en la altura obtenida por sus guías, y a que el ISF no se desvía mayormente de su valor ideal, se identificó a las colectas 188, 14 y 194 como las de mayor potencial para asociación con los HS x S ensayados.

## BIBLIOGRAFÍA

Debouck, D.G. 1994. Beans (*Phaseolus spp.*). *Plant Production and Protection Series*, n. 26, FAO, Roma

Guzmán F., G. R. Y C.G.S.Valdés L. 2000. Rescate, caracterización y selección preliminar de germoplasma de *Phaseolus acutifolius*, por aptitud forrajera en Marín, N.L, *Memorias Seminarios de Doctorado, Otoño 2000*, FAUANL, División de Estudios de Posgrado, Marín, N.L., México.

Guzmán F., G. R., C.G.S. Valdés L. Y U.R. López D. 2001a. Evaluación preliminar de la siembra asociada de un genotipo de *Phaseolus acutifolius* con un híbrido de sorgo x pasto Sudán, *Memorias Seminarios Primavera 2001*, FAUANL, División de Estudios de Posgrado, Marín, N.L., México.

Guzmán F., G. R., C.G.S. Valdés L. y U.R. López D. 2001b. Capacidad de asociación de cuatro genotipos de *Phaseolus acutifolius* Gray con un híbrido de sorgo x pasto Sudán, *Memoria de Seminarios Otoño 2001*, FAUANL, División de Estudios de Posgrado, Marín, N.L., México.

Olivares S., E. 1994. *Paquete de Diseños Experimentales*, versión 2.5, FAUANL.

## CAPÍTULO V

### EFFECTOS DE DENSIDADES DE SIEMBRA SOBRE LA PRODUCCION DE BIOMASA DE UN HIBRIDO DE SORGO X PASTO SUDAN Y SU INTERPRETACIÓN PARA FINES DE ASOCIACIÓN CON FRIJOL TEPARI

#### INTRODUCCIÓN

La especie *Phaseolus acutifolius* Gray o frijol téparl es tolerante a la sequía (Federici *et al.*, 1990) así como los híbridos resultantes de la cruza *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*, comúnmente sorgo x pasto Sudán (HS x S), por lo que son dos genotipos apropiados para las condiciones de producción en la región a la que pertenece Marín, N.L., en la que se produce de temporal o bajo riego restrictivo.

Los genotipos de gramíneas como el HS x S poseen la estrategia de sobrevivencia, conocida como “amacollamiento”, de generar brotes laterales para ajustar su población de tallos a un máximo que limite la competencia de otras especies vegetales. La densidad de siembra de cultivos pertenecientes a ese grupo debe planearse tomando en cuenta aquél fenómeno, tanto en unicultivo como en asociaciones (Stoskopf, 1981). Se entiende por “asociación de cultivos” (mixed intercropping) a la siembra simultánea de semillas de diferentes especies, mezclas, ya sea en surcos o en terreno plano (Sullivan, 1998).

La asociación de cultivos forrajeros de gramíneas y leguminosas se ha intentado para otras especies como *Avena sativa* L.- *Trifolium alexandrinum*

(Holland y Brummer, 1999), *Hordeum vulgare* L.-*Pisum sativum* (Carr, et. al., 1998), etcétera, pero no existen informes sobre asociaciones de tépari con otras especies para producir forrajes. El propósito de las asociaciones citadas es el de mejorar el contenido proteico del forraje con relación a la siembra de las gramíneas como unicultivos, como los híbridos forrajeros de sorgo x Sudán (HS x S) que se siembran ampliamente en el noreste de México.

Se ha probado que el forraje del frijol tépari no sólo es rico en proteína, que llega a rebasar el 18% (Rodríguez, 1987), sino que aún es palatable y digestible (Feather y Fulbright, 1995).

En esta línea de investigación, por tres ciclos de cultivo, se han realizado pruebas experimentales para seleccionar genotipos de frijol tépari en asociación con materiales de HS x S y ajustar combinaciones entre ellos, con el propósito general de incrementar el contenido de proteína del forraje y su valor económico en relación al HS x S sembrado solo. Para obtener información adicional, el objetivo de este trabajo fue el de medir el efecto de las densidades de siembra de un HS x S, sembrado en unicultivo, sobre características del mismo. La hipótesis de trabajo fue que las densidades de siembra del HS x S en unicultivo, afectan la manera como se expresan las características del cultivo elegidas y las relaciones cuantitativas entre ellas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se sembró un experimento

El experimento se sembró el día 22 de marzo del 2002 bajo un riego de presiembra y tres de auxilio, con aguas negras, en un suelo arcilloso, alcalino. Se sembró en terreno plano, al voleo, a mano y luego se dio un paso ligero de rastra; se utilizaron semillas del híbrido Gro-N-Graze y de la colecta 112 de frijol tépari mezcladas, la cual es un material domesticado de semiguía. No se fertilizó y se dieron dos deshierbes a mano, el 15 de abril (21 dds) y el 3 de mayo (40 dds). Se presentó ataque de diabrotica por lo que se realizó control químico el día 2 de mayo (39 dds). El corte y la medición de las variables se realizó los días 11,12 y 13 de junio (78, 79 y 80 dds), a razón de un bloque por día.

El experimento se condujo bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en parcelas experimentales de 3 x 3 m. Se diseñaron los tratamientos de asociación en un espacio de exploración para dos variables (Turrent, 1985): kilogramos de semilla de frijol tépari y del HS x S. Aquí solamente se incluyen las densidades de siembra del HS x S pues solamente ese material prosperó adecuadamente y se evaluó: T1 = 10, T2 = 13, T3 = 14.5, T4 = 16, T5 = 19 y T6 = 20 k ha<sup>-1</sup> .

Se consideraron las siguientes variables para el HS x S: biomasa producida en t ha<sup>-1</sup>; altura de las plantas en centímetros, número de tallos ha<sup>-1</sup> y perímetro

de los tallos en centímetros. Los análisis estadísticos se hicieron con el paquete de cómputo Diseños Experimentales, versión 2.5 (Olivares, 1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como ya se ha mencionado, se evaluó el HS x S como unicultivo debido a que la población de frijol tépari muy baja, lo que se reflejó en la biomasa del mismo que como máximo llegó al 2% en una parcela experimental y en la mayoría de ellas fue inferior al 1%; en consecuencia, considerando que el frijol tépari no interfirió con el crecimiento del HS x S, se seleccionaron para análisis las cuatro variables relacionadas con el HS x S.

En el Cuadro 5.1 se presentan los resultados del análisis de varianza de las cuatro variables. Ninguna tuvo una F significativa para tratamientos y para bloques biomasa y altura de tallos resultaron con una F altamente significativa. Los

Cuadro 5.1 Cuadrados medios para cuatro bloques (CMB) y diez tratamientos (CMT) de cuatro variables relacionadas con seis niveles de siembra de un híbrido de sorgo x Sudán. FAUANL, Marín, N.L., ciclo temprano 2002

Variable	CMB	F	P>F	CMT	F	P>F	CME	CV (%)
Biomasa (t ha <sup>-1</sup> )	156.838	0.012*	0.0005	29.256	0.328	0.1120	22.075	9.24
Número de tallos ha <sup>-1</sup>	40245.250	5.589	0.9955	11273.701	1.566	0.7712	7200.299	17.31
Perímetro de tallos (cm)	0.005	0.851	0.4638	0.026	1.590	0.7777	0.0160	13.15
Altura de tallos (m)	0.034	0.009**	0.0003	0.005	1.074	0.5861	0.004	3.49

\*Diferencia significativa, \*\*diferencia altamente significativa.

coeficientes de variación fueron aceptables en todos los casos.

A pesar de que no se detectó diferencia estadística entre tratamientos, en el cuadro 5.2 se presentan las medias de las variables para estos y se observa que la producción de biomasa osciló entre las 47.5 y las 54.5 t ha<sup>-1</sup>. La correlación entre la densidad de siembra y el número de tallos ha<sup>-1</sup> fue de 77.5 (ns al 0.05) y entre la biomasa y el perímetro de tallos de .65 (ns al 0.05). Por otra parte, se encontró una correlación negativa de 0.82\*, entre las medias del número de tallos ha<sup>-1</sup> y el diámetro promedio de los mismos.

Cuadro 5.2 Medias para rendimiento de biomasa, numero de tallos/ha, diámetro y altura de tallos del HS x S. FAUANL, Marín, N.L., ciclo temprano del 2002.

Tratamiento (k sem/ha)	Biomasa ton/ha	Num de tallos/ha	Perímetro de tallos (cm)	Altura de tallos (m)
10	54.476	374,814	1.110	1.897
13	48.444	481,481	0.957	1.800
14.5	54.715	505,184	1.003	1.833
16	51.002	548,148	0.850	1.890
19	47.448	499,259	0.883	1.867
20	49.037	531,851	0.973	1.827

\*Las pruebas de F determinaron que no hay diferencias estadísticas entre tratamientos (cuadro 1)

## CONCLUSIONES

A diferentes densidades de siembra, que van de los 10 a los 20 k ha<sup>-1</sup>, el HS x S Grow-N-Graze expresó el mismo valor estadístico para las cuatro variables estudiadas.

Los resultados apuntan a la probabilidad de que el mecanismo más importante de ajuste a rendimientos de biomasa semejantes, para diferentes densidades de siembra, sea el perímetro o grosor de los tallos, lo cual puede precisarse con otros ensayos.

## BIBLIOGRAFÍA

Carr, P.M., G.B. Martin, J.S. Caton and W.W. Poland. 1998. Forage and Nitrogen yield of barley-pea and oat-pea intercrops. *Agronomy Journal*, 90(1): 79-84.

Feather, C.L. and T.E. Fulbright. 1995. Nutritional quality and palatability to white-tailed deer of four warm-season forages, *Wildlife Society Bulletin*, 23 (2): 238-244.

Federici, C.T., B. Endaie and J.G. Waines. 1990. Domesticated and wild tepary bean: Field performance with and without drought stress, *Agronomy Journal*, 82 (5): 896-900.

Guzmán F., G., C.G.S. Valdés L. y U.R. López D. 2001a. Evaluación preliminar de la siembra asociada de un genotipo de *Phaseolus acutifolius* con un híbrido de sorgo x pasto Sudán, *Memorias Seminarios Primavera 2001*, División de Estudios de Posgrado, FAUANL, Marín, N.L., México.

Guzmán F., G. C.G.S. Valdés L. y U.R. López D. 2001b. Capacidad de asociación de cuatro genotipos de *Phaseolus acutifolius* Gray con un híbrido de sorgo x pasto Sudán, *Memoria de Seminarios Otoño 2001*, FAUANL, Marín, N.L., México.

Holland, J.B. and E.C. Brummer. 1999. "Cultivar effects on oat-berseem clover intercrops", *Agronomy Journal*, 91:2, 321-329

Olivares S., E. 1996. *Diseños experimentales con aplicación a la experimentación agrícola y pecuaria*, FAUANL, Marín, N.L.

Olivares S., Emilio.1994. Paquete de Diseños Experimentales, versión 2.5, FAUANL.

Rodríguez P., J.A. 1987. Comparison of yield and protein content of white and yellow tepary beans grown for bean and forage production on the island of Tenerife, *Journal of Arid Environments*, 13:3, 287-292.

Stoskopf, N.C. 1981. *Understanding crop production*, Reston Publishing Company, Inc., Reston, Virginia.

Sullivan, P. 1998. Intercropping Principles and Production Practices, ATTRA, Fayetteville, Ark. [http: www.attra.org/attra-pub/intercrop.html](http://www.attra.org/attra-pub/intercrop.html) (18-IV-01).

Turrent, A. Y R. Laird. 1985. *La matriz experimental Plan Puebla para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos*. Colegio de Postgraduados, Rama de Suelos, Chapingo.

## **CAPÍTULO VI**

### **ALELOPATÍA DE HÍBRIDOS DE SORGO X PASTO SUDAN SOBRE GENOTIPOS DE FRIJOL TÉPARI**

#### **INTRODUCCIÓN**

El término alelopatía fue acuñado por Molish en 1937 (citado por Sampietro, 2002) para referirse a efectos directos o indirectos resultantes de la acción de compuestos químicos liberados por cualquier órgano de una planta de una especie, los cuales afectan a otra planta de una especie diferente; los compuestos citados son también llamados aleloquímicos. Muller (citado por Sampietro 2002) empleó en 1964 el término alelopatía como efecto nocivo, a diferencia de Molish, para quien los efectos alelopáticos pueden ser perjudiciales o benéficos.

En la actualidad el término alelopatía se utiliza en el sentido que le dio Muller. No deben confundirse los términos competencia y alelopatía. La competencia implica que en un mismo hábitat se da la utilización de uno o varios factores ambientales por un individuo, en detrimento de la utilización de tal o tales factores por otro u otros individuos de la misma u otra especie. En otro sentido, la alelopatía involucra la secreción de un aleloquímico por una planta que ocasiona un perjuicio a otra. La competencia y la alelopatía pueden actuar simultáneamente y confundirse en sus efectos (Sampietro, 2002).

Los compuestos alelopáticos se producen en diferentes estructuras y etapas fenológicas de las plantas; asimismo, su naturaleza química es diversificada; sólo por mencionar algunas: lactonas no saturadas, lípidos y ácidos grasos, terpenoides, glicósidos cianogénicos y compuestos aromáticos como: fenoles simples, ácido benzoico y derivados, ácido cinámico y sus derivados, quinonas y derivados, cumarinas, flavonoides y taninos. La formación y modo de acción de muchos de estos compuestos no ha sido suficientemente investigada. Por otra parte, los aleloquímicos tienen una acción variada sobre las plantas receptoras, provocando principalmente la inhibición de la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas (Sampietro, 2002).

Para Sampietro (2002) la investigación del fenómeno alelopático comprende dos etapas: una fase biológica-ecológica y otra química-analítica. La primera incluye la observación de si en condiciones de campo existe una aparente interacción negativa severa entre plantas. La siguiente es la de descartar la influencia de otro proceso causal, que puede deberse a la competencia o a condiciones ambientales. Posteriormente debe determinarse el mecanismo de liberación y el camino por el cual se mueve el supuesto aleloquímico en el medio, con el propósito de recuperar tales sustancias, supuestamente alelopáticas, de las plantas mediante técnicas físico-químicas. Para la investigación de un fenómeno específico debe realizarse un bioensayo, seleccionando “especies blanco” para aplicarles los compuestos colectados, y luego evaluar los cambios en tamaño y peso en las plantas probadas; otra técnica es la de analizar el efecto de las plantas consideradas como alelopáticas sobre las plantas de la especie “blanco”

creciendo juntas, realizando las observaciones anteriores. Si el efecto alelopático ha sido probado, se procede al aislamiento e identificación de los aleloquímicos responsables. Finalmente se analiza el entorno donde se presenta el fenómeno alelopático, la cual es la fase más problemática.

Según Weston *et al.* (1996), la actividad alelopática de las plántulas de sorgo (*Sorghum bicolor*) ha sido demostrada a través de muchos estudios de invernadero, laboratorio y campo. El sorgo ofrece una única oportunidad de encontrar las bases fisiológicas de la interferencia alelopática. Las raíces de las plántulas de sorgo producen un compuesto hidrofóbico, amarillo-dorado, que exhibe notable actividad herbicida. Cuando se ha aplicado a malezas de hoja ancha y pastos, el compuesto demuestra selectividad. Más específicamente, el sorgoleone, uno de los aleloquímicos de *Sorghum spp.*, inhibe la evolución del oxígeno fotosintético por una acción semejante a la del diurón, un potente herbicida.

Cuando se siembran a elevadas densidades, los híbridos de sorgo x pasto Sudán (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) constituyen efectivos supresores de malezas; sus plántulas, hojas y raíces secretan compuestos alelopáticos que suprimen muchas de ellas (Wolfe s/f). El exudado principal, sorgoleone, es intensamente activo a extremadamente bajas concentraciones, comparable a algunos herbicidas sintéticos. Tan temprano como cinco días después de la germinación, las raíces comienzan a secretar ese aleloquímico que persiste por semanas. Por otro lado, algunas leguminosas como sesbania (*Sesbania exaltata*),

frijol soya forrajero (*Glycine max*) y vigna (*Vigna unguiculata*) han prosperado en la siembra asociada con los híbridos mencionados, a pesar de su carácter alelopático (Wolfe, s/f).

De acuerdo con Nimbal *et al.* (1996), numerosos estudios han mostrado que los residuos de sorgo para grano pueden suprimir malezas hasta ocho semanas después de haber sido incorporados al suelo y han inhibido el crecimiento de malezas a través de la siguiente estación; el mismo autor, refiriendo a varias investigaciones, certifica que varias especies del género *Sorghum* han mostrado fuerte interferencia alelopática.

Nimbal *et al.* (1996) refieren que a mediados de los ochenta, Netzley y Butler aislaron el sorgoleone, extraído de exudados de raíces de sorgo para grano (*Sorghum bicolor*) encontrando que aquel es el compuesto p-benzoquinone y, que con otros tres compuestos que se le asemejan, constituyen el 90 % o más de los exudados de raíces del sorgo. También refieren que el sorgoleone, según Einhellig y Souza, ha mostrado ser un potente inhibidor de la formación de clorofila en la especie *Lemna minor* L. y que también inhibe el crecimiento de algunas malezas de hoja ancha y pastos.

En la misma investigación reportada por Nimbal *et al.* (1996), encontraron que existe notable variabilidad en genotipos de sorgo respecto a su capacidad de producir sorgoleone, al margen de factores ambientales como la humedad del suelo y las temperaturas altas que lo favorecen.

En otra investigación (Czarnota *et al.*, 2001), para comparar la producción de exudados aleloquímicos por diferentes genotipos del género *Sorghum*, y para localizar el lugar de las plantas en el que se producen los exudados, se encontró que el sorgoleone constituye más del 85 % de los mismos; que el zacate Johnson (*Sorghum alepense*) produjo 7.4 veces más exudados (14.8 mg g<sup>-1</sup> de raíz fresca) que otras especies del mismo género; que los exudados son producidos en los pelos radicales, siendo depositados entre el plasmalemma y las paredes celulares. Sin embargo, no quedó claro como se producen y transportan estos compuestos en la planta.

En un experimento realizado por Almeida *et al.* (2001), se probaron tres niveles de concentración de sorgoleone aplicados a plántulas de cinco especies vegetales sembradas en macetas de 0.1 lt. Se midieron las variables peso seco de la parte aérea y peso seco de las raíces. A los catorce días de la siembra se evaluó el experimento, resultando *Hyptis suaveolens* la especie más afectada. Las plántulas de los testigos de esta especie fueron las de menor crecimiento, comparadas con las de las otras especies ensayadas (*Cucumis sativus*, *Lactuca sativa*, *Desmodium tortuosum* y *Euphorbia heterophylla*).

En otra investigación realizada en Brasil (Nascimento *et al.*, 1999), se probaron los efectos de tres niveles de concentración de sorgoleone sobre cuatro especies de plantas, resultando que tres de ellas manifestaron sensibilidad al compuesto; el orden de sensibilidad se dio en relación inversa con el peso seco de

los testigos de las plántulas de las especies probadas, evaluadas a los quince días de sembradas.

En otro bioensayo realizado por Nimbal *et al.* (1996), en el que se probaron cuatro niveles de concentración de sorgoleone sobre cuatro especies vegetales, resultó que a los quince días los pesos secos de la parte aérea de las plántulas de los testigos fueron menores en las dos especies que exhibieron mayor susceptibilidad al sorgoleone.

En ninguno de los tres trabajos anteriores se analizó la correlación entre el peso de las plántulas y semillas y su grado de sensibilidad al sorgoleone.

Las investigaciones sobre el carácter alelopático de los genotipos del género *Sorghum* se han enfocado a su aprovechamiento como productores de sustancias supresoras del crecimiento de otras plantas consideradas como malezas (Sampietro, 2002); sin embargo, el fenómeno tiene otra dimensión relacionada con la producción del sorgo asociado con otras especies, principalmente leguminosas con fines de producción de forraje de una mejor calidad. Al respecto, en dos experimentos de asociación de un híbrido de sorgo x pasto Sudán con genotipos de frijol tépari realizados en los ciclos tempranos del 2001 y 2002 en Marín, N.L., México, se encontró un pobre o nulo establecimiento de genotipos de frijol tépari con semilla de menor tamaño (3.5 centigramos), desconociéndose las causas de ello.

Con base en estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo fue el de conocer si los híbridos de sorgo x pasto Sudán, de la germinación a la brotación completa de las primeas hojas verdaderas, ejercen un efecto alelopático detrimental sobre el crecimiento del frijol tépari, al sembrarse asociados. En este trabajo la hipótesis fue que los híbridos de sorgo x pasto Sudán pueden ejercer efecto alelopático sobre los genotipos de frijol tépari y más intensamente sobre las plántulas de los genotipos con semillas de menor peso.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se ensayó el efecto alelopático de dos HS x S sobre cuatro selecciones de frijol tépari. Los híbridos fueron Gro-N-Graze y Sucrosse, ambos de la casa Warner Seeds. Los materiales de frijol tépari fueron las selecciones 188-BY y 206-OV y las colectas 183 y 188, las primeras dos obtenidas a partir de las colectas donadas a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas y Pecuarias. En el Cuadro 6.1 se presenta el peso de 100 semillas de los materiales empleados.

Cuadro 6.1. Peso de 100 semillas de los materiales utilizados

Genotipo	Peso de 100 semillas (g)
<u>HS x S</u>	
Gro-N-Graze	3.5
Sucrosse	3.5
<u>Frijol tépari</u>	
112	12.5
188 BY	9.0
206 OV	4.5
183	3.5

Se consideró el factor genotipos, correspondiente a los cuatro genotipos de frijol tépari (G) y el factor ambientes de crecimiento para el frijol tépari (A) con tres niveles: 1) unicultivo, 2) con Grow-Ngraze y 3) con Sucrosse, generando la combinación bifactorial que se presenta en el Cuadro 6.2.

Cuadro 6.2. Diseño de tratamientos correspondientes a cuatro genotipos de frijol tépari (G) bajo tres ambientes (A)

GENOTIPOS DE F TÉPARI (G)	AMBIENTES (A)		
	F Tépari + GN-Graze	F Tépari + Sucrosse	F Tépari en unicultivo
183	T1	T2	T3
206-0V	T4	T5	T6
188-BY	T7	T8	T9
112	T10	T11	T12

Los tratamientos se aleatorizaron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, dando 48 unidades experimentales, consistentes en macetas de plástico de 45 ml rellenas con turba. El experimento se estableció el día 24 de septiembre del 2002, sembrando en los ocho tratamientos de asociación, dos semillas de frijol tépari con cinco de HS x S y en unicultivo siete de frijol tépari. La germinación ocurrió al tercer día de la siembra y dos días después, se aplicó el fertilizante comercial X-Treme Triple 17 Plus de la empresa Happy Flower, cuyo contenido es de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O al 17% más elementos menores, diluido en agua, 0.1 g maceta<sup>-1</sup>.

Para comparar los tratamientos se consideró la variable de peso seco promedio de la parte aérea de las plantas de frijol tépari, obteniendo también esta variable para las plántulas de sorgo x pasto Sudán. El corte se realizó a los doce

días de la emergencia; las plántulas se deshidrataron en un horno de microondas con la función “high” hasta alcanzar peso constante, en promedio cuatro minutos. Se pesó en una báscula con precisión de centésimas de gramo.

Para las fuentes del análisis de variación en las cuales se detectó diferencia significativa entre tratamientos, se procedió a la comparación de medias por el procedimiento de la diferencia mínima significativa protegida de Fisher (Steel y Torrie, 1960). Los datos se concentraron y se analizaron estadísticamente mediante los paquetes de cómputo “Métodos Estadísticos” (s/f) y “Diseños Experimentales” (Olivares, 1994).

## **RESULTADOS**

El análisis de regresión del peso seco de las plántulas como variable dependiente con el de las semillas, indicó una alta asociación lineal, donde el modelo:

$$Y = 3.3 + 7.1 X$$

presentó un valor de  $R^2 = .95$ , lo cual indica que del total de la variación en el peso promedio de las plantas de frijol tépari a los doce días después de la siembra, el 95% es linealmente explicado por el peso de la semilla sembrada de tal forma que con cada incremento de 1 mg en el peso de la semilla de frijol tépari

sembrada, se tendrá un incremento de 7.1 mg de peso seco promedio en las plántulas.

En cuanto al análisis de varianza del experimento, éste se presenta en el Cuadro 6.3.

Cuadro 6.3. Análisis de varianza del peso seco promedio de plantas de cuatro genotipos de frijol tépari (G) en tres ambientes (A), y su interacción

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Factor A	2	.000091	.000045	0.356	.710
Factor G	3	.026593	.008864	69.569**	.000
I A x G	6	.001822	.000304	2.383*	.050
Error	36	.004587	.000127		
Total	47	.033093			

\* Significativo, \*\* altamente significativo. C.V. = 12.8

Considerando la P>F del Cuadro 6.3, se aprecia que en el factor A no se detectó diferencia significativa entre ambientes de crecimiento para el peso seco promedio de las plántulas de frijol tépari. En cuanto al factor G, se aprecia que se detectaron diferencias altamente significativas entre los materiales empleados; finalmente la interacción A x G resultó significativa, indicando que el peso seco promedio de las plántulas de frijol tépari es diferente en al menos uno de los cuatro genotipos en al menos uno de los tres ambientes, esto es al asociarlos con Grow-N-Graze o Sucrosse y como unicultivo.

Considerando la significancia para la interacción, se procedió a las comparaciones por DMS del peso seco promedio de las plántulas de frijol tépari para cada uno de los genotipos dentro de cada uno de los tres ambientes: con

Grow-N-Graze, con Sucrosse y en unicultivo; estas comparaciones se presentan en el cuadro 6.4.

Cuadro 6.4. Comparación de medias por DMS del peso seco promedio (mg) de plántulas de cuatro genotipos de frijol tépari en tres ambientes

AMBIENTES	GENOTIPOS				Media (A)
	183	206-OV	188-BY	112	
Gro-N-Graze	31.9b	40.0a	60.0a	92.5b	56.1 N. S.
Sucrosse	25.0b	42.5a	61.2a	107.5a	59.1 N. S.
Unicultivo	43.0a	40.9a	57.9a	83.0b	56.2 N.S.
Media (G)	33.3c	41.1c	59.7b	94.4a	57.1

Letras iguales = medias iguales. Nivel de significancia 0.05. DMS = 10.6 mg.

Analizando los resultados de la comparación de medias del Cuadro 6.4, se puede observar en concordancia con el análisis de varianza, la no significancia entre medias de los tres ambientes (A). En cuanto a la comparación de la medias de los cuatro genotipos de frijol tépari (G), la cual se presenta en la última fila, es notable que el 112, genotipo de frijol tépari con mayor peso de semilla en la prueba, fue el que produjo el mayor peso seco, seguido por el 188-BY, siendo iguales estadísticamente el 206-OV y el 183, lo que se explica por la alta relación entre el peso de las semillas y el de las plántulas, como se exhibió en la función de regresión presentada líneas arriba. En cuanto a la interacción, se explica al comparar verticalmente la media de cada genotipo entre ambientes, observándose que el 183, con semilla de menor tamaño, presentó en unicultivo un mayor peso de plántula en relación al que manifestó en ambientes de asociación; los genotipos 206-OV y 188-BY no presentaron diferencias estadísticas entre ambientes. El resultado atípico del peso menor en unicultivo del genotipo 112 y la

diferencia entre ambientes de asociación para el peso seco del mismo, se puede explicar por efectos de la deficiencia de humedad en el sustrato causada en los últimos tres días por el manejo uniforme a las unidades experimentales bajo temperaturas ambientales superiores a los 30° C y no por efectos alelopáticos del HS x S sobre ese material.

Los resultados anteriores indican que la sensibilidad a los aleloquímicos podría ser inversa al peso de las plántulas y correlativamente, al de las semillas. La disminución del peso seco de las plántulas del material 183, al pasar de unicultivo a la asociación, se podría deber al efecto alelopático ejercido sobre ellas por los híbridos de sorgo x Sudán utilizados en la prueba, en virtud de que la competencia entre las plántulas de tépari 183 y de los HS x S se asume inexistente en la etapa de desarrollo considerada, bajo las condiciones del ensayo realizado.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. Los resultados de este trabajo conducen a la hipótesis planteada de que los híbridos de sorgo x pasto Sudán pueden ejercer efecto alelopático sobre algunos genotipos de frijol tépari, especialmente aquellos con menor peso de semilla.

2. Para futuros trabajos de investigación se habrán de elegir genotipos de frijol tépari con semillas de peso igual o mayor a los 4.5 cg, para tratar de evitar posibles efectos alelopáticos del HS x S sobre las plántulas.

3. Los genotipos de frijol tépari con semillas menores a los 4.5 cg deben ser ensayados en asociación con los HS x S bajo condiciones controladas, para determinar si sobre ellos se ejerce efecto alelopático.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Almeida B., L.C., M.L. Ferreira and A.J. Demuner 2001. Preparation and Phytotoxicity of Sorgoleone Analogues, *Química Nova*, 24:6, 751-755.

Czarnota, C.I., R.N. Paul, F.E. Dayan, C.I. Nimbal and L.A. Weston. 2001. Mode of action, localization of production, chemical nature, and activity of sorgoleone: A potent PIS inhibitor in Sorghum spp. root exudates, *Weed Technology*, 15 (4): 813-825.

Nascimento de S.,C., I. Ferreira de S. Y M. Pasqual. 1999. Extracao e acao de Sorgoleone sobre o crescimento de plantas, Universidad Federal de Labras, Rev. Cienc. e Agrotec., 23:2, 331-338

Nimbal, J. J., F. Pedersen, C.N. Yerkes, L.A. Weston and S.C. Weller. 1996. Phytotoxicity and Distribution of Sorgoleone in Grain Sorghum Germplasm, [www.optisci.com/papers/paper1.htm](http://www.optisci.com/papers/paper1.htm), 9-vii-o2

Olivares S., E. 1994. Paquete de cómputo Diseños Experimentales, versión 2.5, FAUANL.

Olivares S., E. s/f. Paquete de cómputo Métodos Estadísticos FAUANL, versión 1.1.

Sampietro, D.A. 2002. *Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia*, Cátedra de Fitoquímica, Facultad de Bioquímica, U.N.T., Tucumán, Argentina, [www.fai.unne.edu.ar/biological/alelopatia.htm](http://www.fai.unne.edu.ar/biological/alelopatia.htm), 9-vii-02

Steel, G.D.R. and H.J. Torrie. 1960. *Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences*, McGraw-Hill Book Company Inc.

Weston, L.A., C.I. Nimbal, and J. St. Pyrek. 1996. Physiological Basis for Allelopathic Interference of *Sorghum bicolor* as Mediated by Sorgoleone, *in*: Mortensen, D.A. (Panel Manager), *Weed Science*, University of Nebraska, [www.reeusda.gov/nri/pubs/archive/abstracts/abstract96/weedsci.htm](http://www.reeusda.gov/nri/pubs/archive/abstracts/abstract96/weedsci.htm), 9-vii-02.

Wolfe, David. s/f. Sorghum-Sudangrass Hybrids (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*), Cornell University, [www.sare.org/handbook/mccp2/sorgsudn.htm](http://www.sare.org/handbook/mccp2/sorgsudn.htm), 9-vii-02

## CAPÍTULO VII

### PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE OCHO MATERIALES DE FRIJOL TÉPARI EN ZACATECAS

#### INTRODUCCIÓN

El concepto “índice de cosecha” (IC) relaciona la parte con valor antropocéntrico de la biomasa producida por un cultivo con la biomasa total. El término expresa la productividad económica y permite apreciar el nivel de mejoramiento genético o domesticación de una especie donde a mayor IC mayor nivel de domesticación (Donald, 1976). Para los fines de este capítulo es básico tener presente el término.

El frijol tépari no se cultiva en Nuevo León; en Sonora se le ha sembrado para producción de grano, en pocos casos comercialmente (Bouscaren *et al.*, 1983) y en otras regiones es de subsistencia. Cualquier intento de introducirlo como un nuevo cultivo comercial para producir grano o forraje debe pasar por la determinación del lugar de producción de la semilla, esto como complemento a la selección de genotipos apropiados para tal fin.

En las zonas bajas de Nuevo León sólo se puede producir frijol tanto común como tépari para semilla en ciclo tardío (julio-noviembre) debido a que en el temprano (febrero-junio) se presenta abscisión de las flores, la cual se reduce al asociar con maíz (Cantú, 1982). De los materiales de frijol tépari con que cuenta el

Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo (PMMFyS) de la FAUANL, algunos han sido evaluados para producción de grano en el ciclo tardío (Aguilar, 1986; Aguirre, 1988). En el proceso de esta investigación se han seleccionado varios materiales de frijol tépari con habilidad asociativa forrajera (Guzmán *et al.*, 2001a, Guzmán *et al.*, 2001b, Guzmán *et al.*, 2002) pero no se ha investigado directamente sobre la producción de su semilla.

En México, es de dominio público que Zacatecas es el principal estado productor de frijol común, donde ese cultivo se siembra principalmente bajo secano en cuanto se establecen las lluvias de mayo-junio, sin que se presenten temperaturas altas en la floración, por lo que es de esperarse que el frijol tépari no exhiba abscisión de las flores y se adapte bien, tal como en el ciclo tardío en las zonas bajas de Nuevo León. Por lo anterior, Zacatecas puede ser una zona productora de semilla de frijo tépari para utilizarse en siembras de asociación con los híbridos forrajeros de sorgo x pasto Sudán.

Los genotipos de frijol tépari proceden de regiones contrastantes, desde climas tropicales hasta templados, no sabiéndose de momento la procedencia de cada una de las accesiones con que cuenta el PMMFyS de la FAUANL. Por su apariencia y tamaño de semillas, algunos son domesticados y otros deben ser silvestres (Debouck, 1994; Federici, 1990).

El objetivo de este trabajo fue el de ensayar varios genotipos de frijol tépari, domesticados y silvestres, con cualidades forrajeras, en cuanto a su potencial para la

producción de grano, para contar con elementos que permitan juzgar sobre la conveniencia económica de producir semilla en la región del sitio experimental.

Hipótesis: se espera un comportamiento diferenciado de los materiales, expresándose en mayores rendimientos en grano e índice de cosecha superior de los genotipos de frijol tépari de cultivo para grano respecto de los silvestres.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo se estableció en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas (FAUAZ), ubicado en Cieneguilla, municipio de Zacatecas, a 2,200 msnm, en las coordenadas 22°35'27" de latitud norte y 102°30'53" de longitud oeste, con un clima semiseco templado, temperatura media anual de 16-18° C y precipitación de 500-600 mm. El patrón de lluvias es bimodal con un periodo de sequía del 14 de julio al 20 de agosto; se presenta un promedio de 40 heladas entre los meses de noviembre y abril (INEGI, 1982).

Los materiales que se sembraron han sido probados anteriormente en esta investigación en asociación con híbridos de sorgo x pasto Sudán: colectas 9, 12, 14-NR, 14-PN, 184-NG, 188-BY, 198-NG, 206, 74, 79 y 112, los primeros siete tienen semillas pequeñas (menores de 10 cg), de colores diversos, crecimiento en forma de guía, aparentemente silvestres y los tres últimos son de semilla grande (más de 10 cg), blanca, de semiguía, seguramente de cultivo para grano; como testigo se

empleó la variedad de frijol Flor de Mayo Agronomía 156 generada por el Programa de Mejoramiento Genético de Frijol de la Unidad Académica de Agronomía de la U.A.Z. que ha manifestado un rendimiento promedio bajo riego de 3 t ha<sup>-1</sup>. Como en el transcurso del experimento se perdieron tres tratamientos (materiales 9, 188-BY y 206) los genotipos que finalmente se evaluaron aparecen en el Cuadro 7.1.

Cuadro 7.1. Peso (g) y color de las semillas y hábito de crecimiento de los genotipos de frijol tépari evaluados.

Tratamiento- Genotipo	Peso de cien semillas	Color de semilla	Hábito de crecimiento
T1 12	8.8	Café	Guía
T2 14-NR	8.2	Café	Guía
T3 14-PN	7.6	Pinto	Guía
T4 184	7.2	Negro	Guía
T5 198-NG	6.2	Negro	Guía
T6 74	10.0	Blanco	Semiguía
T7 79	10.0	Blanco	Semiguía
T8 112	12.0	Blanco	Semiguía
T9 Testigo	36.0	Rosado	Mata

Los tratamientos se establecieron bajo una sola densidad de siembra, de 20 semillas por metro lineal y se aleatorizaron bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

El experimento se estableció el día 13 de abril de 2002 y se cosechó en tres fechas, según el estado de maduración: el 15 de agosto se cortaron los genotipos de guía, el 30 de agosto los genotipos 74 y 112 y el 15 de septiembre el testigo y el tépari 79.

La semilla se sembró en parcelas de cuatro surcos de 4 m de longitud espaciados a 0.76 m, se evaluaron los dos surcos centrales eliminando un metro de cada extremo.

Se aplicaron tres riegos, uno de presembrado y dos de auxilio, no se fertilizó. Durante el ciclo de cultivo no se presentaron plagas ni enfermedades; se deshierbó a mano en tres ocasiones; se manipularon las plantas de tépari para evitar la pudrición, tratando de asolear y ventilar.

Las variables evaluadas fueron rendimiento de grano en  $t\ ha^{-1}$ , paja (parte aérea como residuo de cosecha) en  $t\ ha^{-1}$ , biomasa seca (suma de grano y paja) en  $t\ ha^{-1}$  e índice de cosecha (relación grano/paja).

Para comparar conjuntos de materiales cualitativamente diferentes, se realizaron contrastes ortogonales: el primer contraste comparó la media de los materiales silvestres con la media de los de cultivo, incluyendo al testigo; el segundo al testigo con la media de los téparis de cultivo; el tercero al frijol tépari 112 con la media de las otras dos colectas téparis de cultivo; el cuarto contraste comparó a la media de los frijoles téparis silvestres semilla negra con los otros silvestres. En el Cuadro 7.2 se exponen los coeficientes de los contrastes conforme a lo anterior:

Cuadro 7.2 Coeficientes de los contrastes para la comparación de conjuntos de genotipos

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
C <sub>1</sub>	4	4	4	4	4	-5	-5	-5	-5
C <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	-3
C <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	-1	-1	2	0
C <sub>4</sub>	2	2	2	-3	-3	0	0	0	0

Los contrastes son ortogonales entre sí porque la suma del producto de los coeficientes de los tratamientos incluidos en cada contraste es igual a cero. Se realizaron los contrastes tanto para el rendimiento de grano como para el de paja, biomasa total e índice de cosecha. Para los análisis estadísticos se utilizó el Paquete de Diseños Experimentales, versión 2.5, FAUANL (Olivares, 1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los meses de julio y agosto llovió en forma extraordinaria, se trató de un ciclo atípico por lo que queda restringida la generalización de los resultados. Las condiciones que se presentaron provocaron la pérdida de un bloque completo.

El análisis de varianza de las cuatro variables evaluadas (Cuadro 7.3) arrojó diferencias altamente significativas para tratamientos pero no detectó diferencias entre bloques. Los coeficientes de variación fueron aceptables para la producción de grano (17.23%), biomasa (18.94%) e índice de cosecha (15.72%) y ligeramente alto para la producción de paja (22.98%).

Cuadro 7.3. Cuadrados medios para bloques y tratamientos de cuatro variables de rendimiento de ocho materiales de frijol tépari y un testigo

	Cuadrado medio de boques	P>F	Cuadrado medio de tratamientos	P>F	C.V. (%)
Producción de grano (t ha <sup>-1</sup> )	33544.000	0.550 ns	309237.500	0.000**	17.23%
Producción de paja (t ha <sup>-1</sup> )	169408.000	0.629 ns	1443712.000	0.002**	22.98%
Producción de biomasa (t ha <sup>-1</sup> )	328016.000	0.525 ns	5090188.000	0.000**	18.94%
Índice de cosecha	0.00096	0.680 ns	0.067162	0.000**	15.72%

ns, no significancia, \*Diferencia significativa, \*\*Diferencia altamente significativa

En el Cuadro 7.4 se exponen las comparaciones de las medias de las cuatro variables consideradas. La comparación de los rendimientos de grano entre genotipos detectó grandes diferencias entre el testigo y las variedades de frijol tépari. El testigo, con máxima producción promedio, obtuvo casi nueve veces la media del material con más baja producción (frijol tépari 14-PN); el rendimiento del testigo fue el esperado\*. De los frijoles téparis 79 y 112, con letra b, se obtuvieron rendimientos inferiores a los regionales para frijol común bajo condiciones tecnológicas semejantes, representadas por el testigo. El frijol tépari 74, tercero de la escala (letra C), se manifestó con rendimientos inferiores a los otros dos frijoles tépari blancos, de cultivo. Todos los materiales silvestres obtuvieron rendimientos muy bajos (letras d y e).

\* Com. Pers. Ing Juan F. Casillas, titular del programa de Mejoramiento de frijol de la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

La comparación de medias en el rendimiento de paja indica que el testigo y los frijoles tépari 12, 14-NR, 14-PN y 112 obtuvieron la misma media, que fue la más alta. Las colectas 74, 79 y 184 manifestaron también rendimientos semejantes aunque inferiores y el 74 fue el que produjo menos paja.

Cuadro 7.4. Producción promedio (ton/ha) de grano, paja y ´biomasa e índice de cosecha de ocho materiales de frijol tépari y un testigo. Zacatecas, Zac., sept. de 2002

Tratamiento	Rendimiento de grano (t ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento de paja (t ha <sup>-1</sup> )	Producción de biomasa (t ha <sup>-1</sup> )	Índice de cosecha
Tépari 12	547.367 de	2461.833 abc	3009.200 cde	0.1817 cd
Tépari 14-NR	698.267 d	3191.733 a	3890.000 bc	0.1803 cd
Tépari 14-PN	324.633 e	2315.567 abc	2640.200 cde	0.1232 d
Tépari 74	1085.900 c	1385.667 c	2471.567 cde	0.4422 a
Tépari 79	1797.233 b	1842.067 bc	3639.300 bcd	0.4945 a
Tépari 112	1939.500 b	3082.233 a	5021.733 ab	0.3937 ab
Tépari 184	437.833 de	1680.200 bc	2118.033 de	0.1956 cd
Tépari 198	583.067 de	1486.333 c	2069.400 e	0.2801 bc
Testigo	2892.067 a	2882.933 a	5775.000 a	0.5061 a
DMS	341.464	898.390	115.789	0.1166

Letras iguales = promedios iguales bajo un nivel de significancia 0.05

Con relación al rendimiento de biomasa, el orden fue un tanto diferente: aunque la máxima producción de biomasa (letra a) correspondió al testigo y a la colecta 112 el segundo lugar (letra b) fue ocupado por el frijol tépari tipo silvestre 14-NR, que en la producción de grano fue de los últimos (letra d). La colecta 79 (de cultivo), que obtuvo letra b en la producción de grano, compartió el tercer lugar descendente (letra c) en producción de biomasa con el frijol tépari 12. la colecta 74 de cultivo y la 14-PN de guía, ocuparon un cuarto puesto (letra d) y en el último lugar las colectas 184 y 198, de tipo silvestre. De lo anterior se desprende que, a diferencia de la variable rendimiento de grano, en la producción de biomasa no

parecen ser superiores los materiales de cultivo, esto se verá más claramente con los contrastes ortogonales.

Por último, el índice de cosecha revela que el testigo obtuvo el índice más elevado, al igual que los materiales 79, 74 y 112 de frijol tépari (letra a). Todos los materiales silvestres se comportaron de modo inferior.

En el Cuadro 7.5 se presentan los contrastes de las clases y subclases de materiales. Debe aclararse que las sumas de cuadrados de los contrastes para cada variable debe ser igual a la suma de cuadrados de tratamientos de la variable correspondiente (cuadro 7.3), esto en virtud de que la suma de cuadrados de los contrastes sólo son una partición de los últimos (Olivares, 1996). En el Cuadro 7.5 las sumas no coinciden porque sólo se consideraron cuatro contrastes en lugar de ocho ( $t-1$ ). En el cuadro 7.6 se presentan los valores de los promedios obtenidos para cada grupo de contraste.

### **Producción media de grano por grupo de contraste**

Los contrastes para producción de grano arrojaron una  $F$  altamente significativa: de acuerdo con el contraste 1.1, el grupo de materiales de cultivo obtuvo una media\* (1928.675) estadísticamente superior a la media (518.233) del grupo de materiales silvestres; según el contraste 1.2, el testigo obtuvo un rendimiento estadísticamente superior (2892.067) a la media de los frijoles téparis de cultivo

---

\* Todas las medias en  $t\ ha^{-1}$ , excepto índice de cosecha.

Cuadro 7.5. Cuadrado medio de contrastes ortogonales de tres grupos de genotipos de *Phaseolus spp.* (k ha<sup>-1</sup>).

Variable	C.M..	F
<u>1. Grano</u>		
Contraste 1.1	13262303.000	340.808**
Contraste 1.2	3712496.25	95.402**
Contraste 1.3	495875.500	12.473**
Contraste 1.4	605.815	0.016 ns
<u>2. Paja</u>		
Contraste 2.1	33693.691	0.125 ns
Contraste 2.2	1367534.375	5.077*
Contraste 2.3	4312197.000	16.008**
Contraste 2.4	4145643.250	15.390**
<u>3. Biomasa</u>		
Contraste 3.1	146329.380	35.217**
Contraste 3.2	9586456.000	23.071**
Contraste 3.3	7732666.000	18.610**
Contraste 3.4	4246480.000	10.200**
<u>4. Índice de cosecha</u>		
Contraste 4.1	0.475	198.823**
Contraste 4.2	0.008	3.696 ns
Contraste 4.3	0.011	4.657*
Contraste 4.4	0.021	8.726**

\*Diferencia significativa, \*\*Diferencia altamente significativa;  $F_{0.01} = 8.53$ ,  $F_{0.05} = 4.49$ . Contrastes: n.1 = m. silvestres vs. de m. de cultivo (incluyendo al testigo), n.2 = testigo vs f. téparis de cultivo, n.3 = f. tepari 112 vs. otros f. téparis de cultivo, n.3 = f. téparis negros vs. f. téparis claros; n = 1, 2, 3, 4.

(1607.544); el contraste 1.3 arrojó que el frijol tépari 112 obtuvo una media superior (1939.5) que la media de los otros dos téparis de cultivo (1607.544); el contraste 1.4 reveló que la media de los téparis de semilla negra (510.45) no difiere de la media de los otros frijoles téparis silvestres (523.422).

### **Producción media de paja por grupo de contraste**

Con relación a la producción de paja, el contraste 2.1 no arrojó diferencias estadísticas entre las medias de los frijoles tépari de cultivo (2,299.725) y los silvestres (2,227.133);. para el contraste 2.2 se reveló una F significativa lo cual expresa que el testigo, con una media mayor (2,882.933) , obtuvo una producción de paja más alta que los frijoles tepari de cultivo (2,103.322 en promedio); el contraste 2.3, con una F altamente significativa, revela que el frijol tépari 112 produjo más paja (3,082.233) que los otros dos en promedio (1,613.867) y el contraste 2.4, también con una F altamente significativa, que la media de los de semilla negra (1,583.269) ) fue superior a la de los otros tres téparis silvestres (2,656.378).

### **Producción media de biomasa por grupo de contraste**

Los contrastes para la producción de biomasa expresaron razones F altamente significativas en todos los casos. Los genotipos de cultivo produjeron en promedio (4,226.9) más que los silvestres (2,745.367) (contraste 3.1), el testigo produjo (2,282.133) más que la media (3,710.867) de los frijoles téparis de cultivo (3.2), el frijol tépari 112 produjo (5,021.733) más que las otros dos colectas de cultivo en promedio (3,055.433) (3.3) y las colectas silvestres de semillas color claro produjeron (3,179.733) más biomasa en promedio (2,093.716) que las de semilla negra (3.4).

Cuadro 7.6 Medias (k ha<sup>-1</sup>) de grupos de los contrastes

Variable	Grupo	Media	Grupo	Media
<b>1. Grano</b>				
Contraste 1.1	Mat. silvestres	518.233	Mat. de cultivo	1928.675
Contraste 1.2	Testigo	2892.067	F. tépari de cultivo	1607.544
Contraste 1.3	F. tépari 112	1939.500	Otros F. tépari de cultivo	1607.544
Contraste 1.4	F. tépari semilla negra	510.450	F. tépari semilla clara	523.422
<b>2. Paja</b>				
Contraste 2.1	Mat. Silvestres	2227.133	Mat. de cultivo	2299.725
Contraste 2.2	Testigo	2882.933	F. tépari de cultivo	2103.322
Contraste 2.3	F. tépari 112	3082.233	Otros F. tépari de cultivo	1613.867
Contraste 2.4	F. tépari semilla negra	1583.269	F. tépari semilla clara	2656.378
<b>3. Biomasa</b>				
Contraste 3.1	Mat. silvestres	2745.367	Mat. De cultivo	4226.900
Contraste 3.2	Testigo	5775.000	F. tépari de cultivo	3710.867
Contraste 3.3	F. tépari 112	5021.733	Otros F. tépari de cultivo	3055.433
Contraste 3.4	F. tépari semilla negra	2093.716	F. Tépari semilla clara	3179.733
<b>4. Índice de cosecha</b>				
Contraste 4.1	Mat. silvestres	0.192	Mat. de cultivo	0.459
Contraste 4.2	Testigo	0.506	F. tépari de cultivo	0.443
Contraste 4.3	F. tépari 112	0.393	Otros F. tépari de cultivo	0.468
Contraste 4.4	F. tépari semilla negra	0.238	F. tépari semilla clara	0.162

La significancia de las diferencias entre las medias de grupos los contrastes se expuso en el cuadro 7.5.

### Índice de cosecha (IC) por grupo de contraste

Finalmente, en referencia al índice de cosecha, para el contraste 4.1 se obtuvo una razón F altamente significativa, con un IC promedio de 0.459 para los materiales

de cultivo y de 0.192 para los silvestres. De acuerdo con el contraste 4.2, no hubo diferencia entre el testigo (0.506) y la media (0.443) de los materiales de frijol tépari de cultivo; según el contraste 4.3, con una F significativa, el frijol tépari 112 presentó menor índice de cosecha (3.93) que los otros dos materiales de frijol tépari de cultivo en promedio (0.469) y el contraste 4.4 indica que los materiales de frijol tépari de semilla negra tuvieron un índice de cosecha promedio (0.238) mayor que los de semilla café (0.162).

De acuerdo con Debouck (1994), el frijol tépari crece entre los 50 y los 1,900 msnm. En esta prueba se ha encontrado que el frijol tépari prospera a los 2,200 msnm. No se localizó ninguna referencia sobre la siembra de frijol tépari a una altitud igual o mayor.

El rendimiento promedio de grano (1,607.5 t ha<sup>-1</sup>, cuadro 7.6) obtenido bajo riego para los tres materiales de frijol tépari (blancos) de cultivo probados en este trabajo, fueron superiores al obtenido (1,115.3 t ha<sup>-1</sup>) para un genotipo de frijol tépari blanco, en un experimento realizado en Tenerife, España, también bajo tres riegos (Rodríguez, 1994). En otro experimento realizado en Tucson, Arizona, bajo riego y fertilización, se obtuvo un rendimiento de frijol tépari blanco de 1.77 t ha<sup>-1</sup> (Nelson *et al.*, 1991). Estos datos indican que, bajo las condiciones atmosféricas que se presentaron en el ciclo de cultivo, en el sitio experimental, el frijol tépari puede ser sembrado en el altiplano zacatecano sin desventaja frente al producido en otras regiones.

Aunque la comparación con otros resultados no indican desventaja para el frijol tépari sembrado en Zacatecas a 2,200 msnm, la comparación con el frijol común, sembrado en la misma región (el testigo empleado) indica mayor costo de producir frijol tépari de cultivo  $t^{-1}$ . Si el experimento recibió el mismo manejo para el testigo que para los materiales de frijol tépari, y los resultados fueron 56% superiores para el primero (cuadro 7.6, contraste 1.2), es más costoso producir frijol tépari, por lo que su precio de mercado es superior. Para consumo humano, es impensable proponer la producción de frijol tépari, bajo las condiciones de la prueba, por razones económicas; para producción de semilla con fines forrajeros, depende de la relación costo/beneficio de la producción de forraje con frijol tépari. El problema planteado es mayor para los materiales de tipo silvestre, pues la media de su rendimiento representó el 32% de la media obtenida por los materiales de frijol tépari de cultivo (cuadro. 7.6). Al respecto, en un experimento realizado en Riverside, California, al compararse el comportamiento de variedades de frijol tépari de cultivo vs. silvestres, se encontró que el rendimiento de grano fue menor para los silvestres, sin riego en 40% y bajo riego en 75% (Federici *et al.*, 1990).

Los materiales silvestres produjeron el 74% de la biomasa producida por los materiales de cultivo de frijol tépari, dato que debe ser considerado para decidir la siembra asociada de frijol tépari con HS x S de materiales de uno u otro tipo. En la literatura no se encontraron referencias que compararan los dos tipos de materiales para esta variable.

Con relación al índice de cosecha, se cumplió lo afirmado por Donald (1976), en el sentido de que esa variable revela el grado de domesticación. El IC promedio de los materiales de frijol tépari silvestres representó el 43.3 % del IC promedio obtenido obtenido por los domesticados.

Finalmente, conviene mencionar que aunque se sembraron 20 semillas por metro lineal para todos los materiales, la población osciló entre diez y dieciocho plantas, con una media de 14 plantas por metro lineal. Se asume que a pesar de las diferencias en densidad de plantas, las fluctuaciones en producción de biomasa y grano fueron de menor proporción por los mecanismos de compensación (Stoskopf, 1981). Por otro lado, fue notorio el número de vainas sin llenar en los materiales de tipo silvestre el cual osciló entre el 40 y el 60%.

## **CONCLUSIONES**

Las condiciones ambientales del sitio experimental resultaron adecuadas para la producción de frijol tépari, desde la perspectiva del comportamiento que ha manifestado en condiciones ambientales diferentes.

Las colectas de frijol tépari de cultivo tuvieron un comportamiento inferior para la producción de grano, con respecto al frijol común sembrado en la región, representado en el testigo, lo que implica desventaja económica.

Las colectas silvestres de frijol tépari tuvieron un comportamiento inferior para la producción de grano que las de cultivo, lo que implica un costo mayor de producción por unidad de producto.

Se recomienda repetir esta evaluación en años posteriores en donde se esperarían condiciones normales, diferentes a las que se presentaron en este experimento.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguilar S., M. 1986. *Efecto de la tensión hídrica en diferentes etapas del desarrollo sobre el crecimiento de Phaseolus acutifolius*, tesis de maestría, FAUANL, Marín, N.L.

Aguirre G., A. 1988. *Efectos de la acumulación de calor y humedad en el suelo en el crecimiento, rendimiento de grano y sus componentes de cuatro cultivares de Phaseolus spp.*, tesis de maestría, FAUANL, Marín, N.L.

Bouscaren, S.J., Waines, J.G. and L.A. Boykin. 1983. El cultivo y el uso de los teparies en Sonora, México, en Nabhan, P.G. (ed.) *Potencial del frijol tépari en las zonas desérticas*, Office of Arid Land Studies, University of Arizona, Tucson.

Cantú S., I. 1982. Influencia del microambiente sobre el comportamiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en 6 arreglos topológicos de asociación con maíz (*Zea mays* L.), Tesis de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, F.A.U.A.N.L., Marín, Nuevo León.

Debouck, D.G. 1994. Beans (*Phaseolus spp.*), Plant Production and Protection Series, n. 26, FAO, Roma.

Donald, C.M. and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria, *Adv. Agron.* 28: 361-405.

Federici, C.T., B. Ehdai and B. Waines. 1990. Domesticated and wild tepary bean: Field performance with and without drought-stress, *Agronomy Journal* 82(5): 896-900.

Guzmán F., G. R., C.G.S. Valdés L. Y U.R. López D. 2001a. Evaluación preliminar de la siembra asociada de un genotipo de *Phaseolus acutifolius* con un híbrido de sorgo x pasto Sudán, *Memorias Seminarios Primavera 2001*, División de Estudios de Posgrado, FAUANL, Marín, N.L., México.

Guzmán F., G. R., C.G.S. Valdés L. y U.R. López D. 2001b. Capacidad de asociación de cuatro genotipos de *Phaseolus acutifolius* Gray con un híbrido de sorgo x pasto Sudán, *Memoria de Seminarios Otoño 2001*, División de Estudios de Posgrado, FAUANL, Marín, N.L., México.

Guzmán F., G.R., C.G.S. Valdés L. y F.J. Pedroza. 2002. Asociación de *Phaseolus acutifolius* Gray con un híbrido de sorgo x pasto Sudán, *Memoria del XIX Congreso Nacional de Fitogenética*, Saltillo, México.

Hornetz, B. 1990. Comparative stress physiology of tepary bean (*Phaseolus acutifolius*) as 'minor crop' and mwezi moja beans (*Phaseolus vulgaris*) as high-yielding variety in tropical agriculture, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 164(1): 1-15.

INEGI. 1982. *Síntesis Geográfica de Zacatecas*, Aguascalientes, México.

Lin, T.Y. and A.H. Markhart. 1996. *Phaseolus acutifolius* A. Gray is more heat tolerant than *P. vulgaris* L. in the absence of water stress, *Crop Science* 36(1): 110-114.

Markhart, A.H. 1985. Comparative water relations of *Phaseolus vulgaris* and *Phaseolus acutifolius*, *Plant Physiology*, 77(1): 113-117.

Miklas, P.N., J.C. Rosas, J.S. Beaver, L. Telek and G.F. Freytag. 1994. Field performance of select tepary bean germplasm in the tropics, *Crop Science* 34(6): 1639-1644.

Nelson, S.C., G.P. Nabhan and R.H. Robichaux. 1991. Effects of water, nitrogen and competition on growth, yield and yield components of field-grown tepary bean, *Experimental Agriculture* 27:2, 211-219.

Olivares S., E. 1994. *Paquete de diseños estadísticos, versión 2.5*, FAUANL.

Olivares S., E. 1996. *Diseños experimentales con aplicación a la experimentación agrícola y pecuaria*, FAUANL, Marín, N.L.

Stoskopf, N. C. 1981. *Understanding crop production*, Reston Publishing Company, Inc., Reston, Virginia.

## CAPÍTULO VIII

### GRADO DE SENSIBILIDAD DEL FRIJOL TÉPARI A UN ATAQUE INCIDENTAL DE *Pseudomonas syringae* pv. *Phaseolicola* Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE GRANO

#### INTRODUCCIÓN

Las variedades domesticadas de frijol tépari se pueden diferenciar de las silvestres por el peso de las semillas: según Debouck (1994) las de las primeras pesan de 10 a 20 cg y las de las segundas de 3 a 5 cg. Sin embargo, según la experiencia en esta investigación se da un *continuum* de 2.5 a 19.5 cg en un banco de 56 colectas, realizadas en 1983, que incluyen a más de 200 genotipos que se encuentran en el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo (PMMFyS) de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. y que fueron donados a ese proyecto por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

Las investigaciones acerca del frijol tépari han sido por lo general enfocadas a variedades domesticadas aunque se han documentado algunas comparaciones entre genotipos silvestres y domesticados (Federici, 1990; Kuruvadi y Sánchez, 1993); no aparecen referencias acerca de las diferencias en la resistencia a enfermedades entre genotipos de diverso origen (Fletcher, 2001).

En algunas especies del género *Phaseolus* se presentan dos enfermedades muy parecidas entre sí: el "tizón común" o "tizón tardío", provocada por *Xantomonas campestris* pv. *Phaseoli* y el "tizón del halo" o "tizón temprano"

provocado por *Pseudomonas syringae* pv. *Phaseolicola*; las dos causan síntomas semejantes y sobreviven en semillas contaminadas. La infección del tizón del halo puede ocurrir temprano en la estación y es favorecida por temperaturas moderadas (28-30°C); la otras ocurre tarde en la estación y es favorecida por temperaturas más cálidas (28-38° F) (Saninet, 2002).

Los primeros síntomas del tizón del halo aparecen en las hojas como pequeñas manchas húmedas con puntitos de color café, las cuales son después rodeadas por un halo de color amarillo verdoso. El tallo y las vainas pueden también ser infectadas cuando la enfermedad se presenta con alta intensidad, observándose también manchas húmedas grasosas de color café rojizo. En las vainas infectadas, las semillas pueden pudrirse o se deforman y pierden su color. Al progresar la enfermedad en el campo, las lesiones se hacen más grandes en las hojas, poniéndose de un color café al morir el tejido, lo cual causa pérdidas de flores, la fructificación disminuye y consecuentemente se afecta el rendimiento. Si el ataque ocurre al final de la etapa fenológica de llenado de vainas, el rendimiento ya no es afectado. La bacteria es gram-negativa, aeróbica y no necesita factores de crecimiento en medios de cultivo. Aparecen como células individuales con forma de fragmentos rectos que se movilizan con flagelos polares. Esta bacteria vive en semillas y residuos vegetales que han sido infectados y que se encuentran cerca de la superficie del suelo. El patógeno penetra en la planta a través de lesiones o de los estomas cuando prevalece una alta humedad relativa. Los síntomas típicos de la enfermedad aparecen más frecuentemente cuando las temperaturas oscilan entre 16 y 20°C. Este patógeno se disemina también entre

las hojas y las plantas por salpicaduras de agua y por el viento. Asimismo, se transmite a través de la semilla (Saninet, 2002).

El tizón del halo puede ser confundido con el tizón común pues también causa daños en tallos, vainas y semillas, pero lo más característico de este son las manchas de aspecto húmedo de forma irregular que se presentan en el envés de las hojas. Al aumentar de tamaño las manchas, se unen y le dan una apariencia de flacidez a la hoja; en algunos casos se forma una delgada capa de color amarillo alrededor de la lesión y posteriormente todo el tejido se pone negro causando la caída prematura de las hojas. Las plantas pueden marchitarse si las bacterias taponan los haces vasculares. En las vainas las lesiones son hundidas, de consistencia húmeda de color rojo-café. Cuando la bacteria se presenta durante la formación de vainas, ocasiona que la semilla se manche, se arrugue o se pudra. Las lesiones en el tallo pueden presentarse en el nudo cotiledonario (principalmente en plantas que provienen de semilla infectada), con lo cual la planta se puede doblar y secar. Los factores climáticos principales que favorecen la infección por tizón tardío son temperaturas próximas a los 28°C y alta humedad relativa (80-90%). Esta humedad favorece la penetración de la bacteria en la planta a través de los estomas o heridas. La enfermedad se disemina por semilla infectada, por salpique de la lluvia, por el viento y por insectos los cuales transmiten la bacteria por medio de las heridas que le hacen a la planta al alimentarse. La bacteria puede sobrevivir en los residuos de la cosecha anterior ya sea sobre la superficie o a menos de 20 centímetros de profundidad. Aunque la bacteria no forma esporas para poder resistir las condiciones adversas, produce un

polisacárido extracelular que la protege de condiciones extremas de sequía (Saninet, 2002).

El tizón del halo es una enfermedad que se encuentra distribuida en muchas regiones productoras de frijol en México, sobre todo en aquellas que tienen un clima templado y donde prevalecen temperaturas no extremas. Los estados de la República donde se ha reportado ésta enfermedad como problema, son: México, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Aguascalientes, Michoacán, Chihuahua y Jalisco (Saninet, 2002).

En el ciclo primavera-verano del 2003 se instaló en Zacatecas, Zac., un trabajo para comparar las variables de rendimiento de ocho genotipos de frijol tépari, domesticados y silvestres, frente a un testigo de frijol común; se presentaron condiciones atmosféricas propicias para la aparición del “tizón del halo”, enfermedad que finalmente apareció en las parcelas experimentales.

Con el objetivo de conocer el grado de sensibilidad de los genotipos probados al ataque de *Pseudomonas syringae* pv. *Phaseolicola*, se evaluó el daño provocado a las parcelas experimentales, y su efecto sobre los rendimientos, bajo la hipótesis de que el grado de domesticación de los materiales influye en la reacción a la misma.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Campo Experimental de la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas, en las coordenadas 22°43'156' N y 102°41'12" W a 2,224 MSNM. Se sembró el día 22 de mayo del 2003 en un suelo xerosol lúvico de color rojo y se evaluó la enfermedad el 4 de agosto (74 dds, etapa de envaine), cuando parecía que se habían estabilizado los daños.

Los genotipos son los mismos del Cuadro 7.1, excepto el testigo (FJL-77), correspondientes al experimento realizado el año anterior. El criterio para clasificar a los materiales empleados como "domesticados" y "silvestres" fue el peso de las semillas, siguiendo el criterio de Debouck (1994); así, se consideraron como domesticados a los genotipos 74, 79, 112 (semillas con peso menor de 10 cg) y , al testigo (fríjol común); los otros genotipos se consideraron no-domesticados.

La siembra se hizo en húmedo, después de un riego de presembrado, y no se aplicó ningún riego de auxilio, bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; la parcela experimental fue de tres surcos de cuatro metros de largo con distancia entre surcos de 0.78 m y entre plantas de 0.10 m, con callejones entre las cabeceras de las parcelas de 1 m; la parcela útil correspondió al surco central eliminando un metro en cada extremo. No se aplicó ningún tipo de agroquímicos.

En primer término se realizó una evaluación de ataque inesperado a las parcelas experimentales por *Pseudomonas syringae* pv. *Phaseolicola*, apreciando en forma general el grado de afectación a las mismas, asignando la siguiente escala\*: 1 nulo: parcela sin daño; 2 leve: parcela con alguna o algunas plantas dañadas; 3 medio: parcela con grupos de plantas dañadas; 4 grave: parcela totalmente dañada.

En segundo término, al final del ciclo se evaluó el rendimiento de grano de cada colecta y se hizo el análisis de varianza correspondiente.

En tercer término, se hizo una comparación de los rendimientos obtenidos en 2002 (Capítulo 7) y 2003 entre los grupos de frijol tépari domesticado y silvestre. Para los análisis estadísticos se usó el paquete de cómputo Diseños Experimentales, versión 2.5 (Olivares, 1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación de la enfermedad

Las condiciones de precipitación, temperatura y humedad ambiental que se presentaron fueron extraordinarias y propicias para la aparición de enfermedades de las hojas. Según datos de la estación meteorológica de la institución, en los meses de mayo a julio se tuvieron 368.6 mm de precipitación pluvial, el 70% en

---

\* Metodología propuesta por el Dr. Jesús Avelar Mejía, profesor de Fitopatología de la Unidad Académica de Agronomía de la U.A.Z.

julio, y días con temperaturas medias de 14.4 a 17.4 °C, máximas de hasta 35°C en mayo, 30 en junio y 27 en julio; con muchos días nublados a partir del día primero de julio, lo que condicionó una alta humedad ambiental relativa.

En los últimos días de julio se manifestó una enfermedad en las parcelas experimentales; el día 4 de agosto (74 dds) se hizo la evaluación del grado de afectación, diagnosticándose aquella en un primer momento como “tizón del halo” por los síntomas, el momento y las condiciones atmosféricas en que se presentó:

el laboratorio de Fitopatología de la Unidad Académica de Agronomía de la U.A.Z confirmó a la bacteria *Pseudomonas syringae* pv.*phaseolicola* o tizón del halo como el agente causal; la enfermedad apareció justo bajo las condiciones que se señalaron para su emergencia (Saninet, 2003).

Cuadro 8.1. ANAVA del grado de afectación por el tizón del halo a las parcelas experimentales de nueve genotipos de *Phaseolus spp.* Zacatecas, 2003

FV	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Tratamientos	8	30.000	3.750	25.31**	0.000
Bloques	3	2.444	0.815	5.50**	0.004
Error	24	3.555	0.148		
Total	35	36.000			

\*\*Diferencia altamente significativa. C.V. = 14.43%

La comparación de medias (Cuadro 8.2) por el método de la Diferencia Mínima Significativa, con nivel de significancia 0.05, arrojó que las parcelas con los genotipos 74, 79 y 112, los tres de semilla blanca y los únicos téparis domesticados usados en la prueba, resultaron con daño grave; en el otro extremo

Cuadro 8.2. Comparación de medias de la calificación de daños en las parcelas experimentales por el método de la DMS

Genotipo	Media
74-BC	3.75 a
79-BC	3.75 a
112-BC	3.75 a
12-CF	3.00 b
14-NR	2.50 bc
14-PN	2.25 c
198-NG	2.00 c
184-NG	2.00 c
Testigo FJL-77	1.00 d

Letras iguales = medias iguales; DMS 0.05 = 0.56

las parcelas con los materiales 14-PN, 198 y 184, silvestres y de semilla negra, resultaron con daño leve y las del testigo (FJL-77) resultaron sin daño; los materiales 12 y 14-NR resultaron con daño medio.

Asumiendo que el grado de afectación a las parcelas expresa la sensibilidad del genotipo al patógeno, es claro que a la fecha de la evaluación se manifestó sensibilidad de unos y resistencia en otros genotipos. Sin embargo, una semana después de esa fecha (81 dds), el testigo se afectó del mismo modo que los materiales de frijol tépari cultivados y dos semanas después (95 dds) habían sido dañadas las parcelas de los materiales silvestres, aunque se observaron plantas en estos últimos sin daño, o que al menos no se marchitaron hasta el final del ciclo, por lo que se asume que dentro de estos hay variabilidad genética para resistencia a la enfermedad, tal como lo consigna Debouck (1994).

En el Cuadro 8.3 se presenta el análisis de varianza del rendimiento de grano de nueve materiales probados y el testigo; este revela que hubo una diferencia significativa entre tratamientos, pero no entre repeticiones. El coeficiente de variación fue alto.

Cuadro 8.3. Análisis de varianza rendimiento de grano de nueve genotipos de frijol tépari y un testigo. Zacatecas, 2003

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	8	187885.750	23485.719	3.135*	0.025
Bloques	2	5165.000	2582.500	0.345**	0.718
Error	16	119866.750	7491.672		
Total	26	312917.500			

\*Diferencia significativa, \*\*diferencia altamente significativa. C.V. = 32.85%

En el Cuadro 8.4 se presenta la comparación de medias por el método de la DMS. El rendimiento más alto lo tuvo la colecta 79, material de cultivo de semiguía; el rendimiento más bajo estadísticamente lo presentó al colecta 184; el resto de los materiales tuvieron rendimientos intermedios estadísticamente iguales al testigo, variedad de frijol común.

Cuadro 8.4. Comparación de medias del rendimiento de grano de nueve genotipos de frijol tépari y un testigo. Zacatecas, 2003

Tratamiento	Rendimiento promedio (t ha <sup>-1</sup> )
Colecta 79	.467 a
Colecta 14-PN	.293 b
Colecta 74	.259 bc
Colecta 112	.257 bc
Testigo FJL-77	.254 bc
Colecta 12	.247 bc
Colecta 198	.239 bc
Colecta 14-PN	.224 bc
Colecta 184	.130 c

Letras iguales = medias iguales; DMS 0.05 = .150

Al realizar un análisis conjunto de los experimentos realizados en 2002 y 2003 (cuadro 8.5), se encontró que la razón F fue significativa para los ciclos de cultivo (C), para genotipos (G) no tuvo significación y para la interacción C x G

Cuadro 8.5. Análisis de varianza de bloques completos al azar de nueve materiales de frijol tépari en dos ciclos de cultivo. Zacatecas, 2002 y 2003

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Ciclos	1	10492008.000	10492008.000	9.7737*	0.036
R (C)	4	72268.000	18067.000		
Genotipos (G)	8	10073824.000	1259228.000	1.1730	0.345
C x G	8	8587960.000	1073495.000	46.2654**	0.000
Error	32	742496.000	23203.000		
Total	53	29968556.000			

\*Diferencia significativa, \*\*Diferencia altamente significativa; C.V. = 21.63%

fue altamente significativa; es decir, influyeron más el ambiente y la interacción sobre los rendimientos, que los genotipos.

Por otra parte, la media de los rendimientos en el 2003 fue apenas del 25% con relación al 2002 (cuadro 8.6). Este resultado fue determinado por la presencia del tizón temprano.

Cuadro 8.6. Rendimientos promedios de los ciclos de cultivo

Ciclo de cultivo	Rendimiento promedio t ha <sup>-1</sup>
2002	1.145
2003	.263

En el cuadro 8.7 se ilustran los cambios en los rendimientos de cada material en particular, del 2002 al 2003.

Cuadro 8.7. Rendimientos de grano ( $t\ ha^{-1}$ ) en el 2003, en términos de los obtenidos en el 2002

Tratamientos	Rendimiento de grano en 2002	Rendimiento de grano en 2003	Rendimiento relativo 2003/2002
Colecta 12	.547	.247	0.45
Colecta 14-NR	.698	.293	0.42
Colecta 14-PN	.325	.224	0.69
Colecta 74	1.086	.259	0.24
Colecta 79	1.797	.467	0.26
Colecta 112	1.939	.257	0.13
Colecta 184	.437	.131	0.30
Colecta 198	.583	.239	0.41
Testigo	2.892	.254	0.09

Para observar si la afectación de los rendimientos fue igual para el grupo de los materiales cultivados (74, 79, 112 y el testigo) que para los silvestres (el resto), se hizo una comparación de medias, bajo la hipótesis nula de igualdad de medias, obteniéndose un estadístico de prueba  $t = 3.3653$ , comparando con valores de tablas "t de Student"  $t(\alpha=0.05, g.l.=7) = 2.365$  y  $t(\alpha=0.01, g.l.=7) = 3.499$ , rechazando la hipótesis nula y concluyendo que hay una diferencia significativa entre las medias de los rendimientos relativos 2003/2002 de ambos grupos de materiales.

## CONCLUSIONES

1. Los genotipos domesticados de frijol tépari mostraron mayor susceptibilidad al ataque de *Pseudomonas syringae* pv. *Phaseolicola* que los materiales silvestres.

2. De los materiales domesticados, la colecta 79 fue la menos afectada por la enfermedad considerando su mayor rendimiento de grano, por lo que de asociarse bien con los híbridos de sorgo x pasto Sudán, su producción de semilla sería más segura en Zacatecas en años atípicamente húmedos.

## BIBLIOGRAFÍA

Debouck, D.G. 1994. Beans (*Phaseolus spp.*), *Plant Production and Protection Series*, n. 26, FAO, Roma

Federici, C.T., B. Ehdai and B. Waines. 1990. Domesticated and wild tepary bean: Field performance with and without drought-stress, *Agronomy Journal* 82(5): 896-900.

Fletcher, R. 2001. Listing of Useful Plants of the World, Formerly Listing of Potential New Crops for Australia, Number of Papers/Mentions and References of *Phaseolus acutifolius*, Australian New Crops.

Idouraine, A., A.M. Tinsley, et. al. 1989. Nutritional quality and sensory acceptability of akara prepared from germinated tepary beans, *Journal of Food Science* 54 (1): 114-117.

Kuruvadi, S. and I. Sánchez V. 1993. Range of Yield Components and Phenotypic Correlations in Tepary Beans (*Phaseolus acutifolius*) Under Dryland Conditions, en J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New Crops*, Willey, New York.

Olivares S., E. 1994. *Paquete de cómputo Diseños Experimentales, versión 2.5*, FAUANL.

Saninet. 2002. *Plagas y enfermedades del frijol*, [www...](http://www...) consulta del 25-viii-03.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN GENERAL

Una de las circunstancias que motivaron esta investigación fue que el frijol tépari es una especie tolerante a condiciones de estrés hídrico y con alta calidad de forraje la cual podría asociarse con los híbridos de sorgo x pasto Sudán para fines de mejorar la calidad del forraje que se produjera en los sistemas de producción forrajeros donde estos híbridos forrajeros son el cultivo eje en los municipios de Los Ramones y Pesquería, Nuevo León, México y a la vez que la información disponible sobre frijol tépari para este propósito prácticamente no existe. Por otro lado, la diversidad genética y la falta de información sobre los materiales de frijol tépari de los que se dispuso arrojó la obtención de resultados experimentales nuevos e innovadores, no sólo para el objetivo general antes mencionado, sino también para apoyar futuras investigaciones para alcanzarlo al conocer mejor la variabilidad genética del frijol tépari disponible, su potencial de asociación, los efectos alelopáticos del sorgo sobre el tépari y la potencialidad al producir semillas de tépari en Zacatecas.

La ventaja principal del frijol tépari sobre las otras especies leguminosas probadas al principio de esta investigación como sesbania (*Sesbania spp.*) y vigna (*Vigna unguiculata*) fue su capacidad de resistir al estrés hídrico, concordando con lo descrito en la literatura consultada; además, mostró mayor aptitud para soportar sin daño temperaturas más bajas, que se pueden presentar ocasionalmente, tanto en el ciclo temprano como en el tardío en la región de la

prueba. El frijol tépari se mostró también menos sensible al ataque de plagas que la vigna. Los resultados anteriores no se pueden extrapolar a todas las especies leguminosas tropicales anuales como a la clitoria (*Clitoria ternatea*) o a la mucuna o frijol de terciopelo (*Stylobium deeringianum*), que también poseen cualidades que las hacen mixturables en siembras con los híbridos forrajeros de sorgo x pasto Sudán (HS x S).

A pesar del carácter competitivo y alelopático de los HS x S, los genotipos domesticados de frijol tépari resultaron capaces de crecer en asociación con ellos, comportamiento del que no se encontraron antecedentes en la literatura especializada. La ventaja principal de los téparis cultivados sobre los silvestres resultó ser que, por su mayor tamaño, sus plántulas compiten con las de los híbridos y resisten a sus acción alelopática, profusamente detallada en varias referencias sobre malezas. Sin embargo, los materiales de cultivo exhibieron la desventaja de que a pesar de ser de crecimiento indeterminado son cortos, no alcanzan la altura total de los tallos de los híbridos, lo cual implica que la mezcla del forraje al corte no sea uniforme, en tanto que se identificaron genotipos de guía como el 188, los cuales potencialmente se podrían estudiar para su asociación con HS x S:

Los téparis domesticados también se mostraron más sensibles que los silvestres a las enfermedades y al ataque de plagas, lo cuál era de esperarse pues en general en el proceso de domesticación de las plantas se van perdiendo *pari passu* algunas estrategias naturales de supervivencia. Otra desventaja fue que,

por ser más grandes las semillas de los materiales domesticados, en la siembra debió emplearse un mayor peso de ellas para obtener la misma densidad de plantas, lo cual implica un mayor costo, si se considera el mismo precio por unidad de peso.

Fue imposible de sembrar mecánicamente las semillas del frijol tépari a un tiempo con las del híbrido, en una sola operación, como inicialmente se consideró, debido a las diferencias en el tamaño de la semilla. Experimentalmente se pudo sembrar a las dos especies en el mismo surco porque las semillas se tiraron mezcladas a mano, práctica que no sería costeable a escala comercial. La esperanza de emplear semillas pequeñas de ciertos materiales silvestres, revueltas con las del híbrido en la misma tolva de la sembradora para hacer la operación a un tiempo, no tuvo éxito indirectamente pues las semillas pequeñas se revelaron susceptibles a la alelopatividad de los híbridos, de lo que tampoco se tenían referencias.

Los materiales presuntamente no-domesticados con semillas de tamaño mediano que resultaron aptos para combinarse en bicultivo sobre el mismo surco con los HS x S, sobre todo porque son capaces de evadir los efectos alelopáticos, revelaron algunas ventajas sobre los genotipos obviamente domesticados, las más notables: 1) guías más altas; 2) menor atracción al ataque de fitoparásitos, lo que se observó visualmente en asociación con el HS x S y en unicultivo; 3) semilla más pequeña, del 30 a 50%, lo que implica menor costo a igualdad de precios por kilogramo de semilla, para la misma densidad de siembra.

A pesar de haber encontrado materiales aparentemente silvestres, capaces de tolerar los efectos alelopáticos, y por tanto asociables con los HS x S, persiste el problema del tamaño de sus semillas, de dos a tres veces mayor que las de los híbridos, lo que implica la necesidad, para asociaciones sobre el mismo surco, de emplear adaptaciones del equipo de siembra para tirar semillas de los dos materiales a un tiempo.

Al identificar materiales silvestres de frijol tépari con semillas de peso intermedio del mismo tamaño, color y forma, se observó variabilidad fenotípica en el campo pues a diferencia de los domesticados que son homogéneos, los silvestres son poblaciones o mezclas de líneas puras, lo que plantea un trabajo de selección para obtener nuevos genotipos de frijol tépari que prosperen bajo condiciones de asociación en el mismo surco, reales o simuladas, con los HS x S.

El requerimiento de sincronización de los materiales de frijol tépari con el HS x S al momento ideal de corte no resultó tan problemático pues la dificultad mayor hubiera sido la precocidad de los materiales de tépari con relación al híbrido, habiéndose encontrado genotipos que empatizan en ese sentido.

La abscisión de las flores del frijol tépari que se observó en unicultivo cuando se presentaron altas temperatura y luminosidad -que es un problema para la producción de grano- no representó una desventaja para la producción de forraje, por lo que la siembra puede hacerse en los ciclos temprano o tardío, en la región o en las zonas bajas de Nuevo León.

Si bien no se consiguió plenamente el propósito de aproximar la altura de crecimiento del frijol tépari con la del híbrido, enredando y trepando sobre él, se logró identificar un material que fue seleccionado y es la colecta 188, la que puede conducir a esa meta, y también obtener una pista general para la búsqueda de otros, a partir de las colectas presuntamente silvestres de semillas medianas: 3, 9, 12, 14, 15, 184, 193, 194, 198, 200 y 206. Debido a la escasez de semillas de los materiales anteriormente citados, la obtención de resultados definitivos rebasaron el plazo para cumplir con esta investigación.

Con relación a las proporciones de la asociación, esta investigación tampoco contribuye con una propuesta definitiva; sin embargo, se logró acotar en función de los resultados obtenidos al evaluar la producción de biomasa del híbrido en unicultivo que es a partir de la densidad de siembra al 50% de la recomendación comercial de  $20 \text{ k ha}^{-1}$  que debe asociarse al híbrido con frijol tépari pues la producción de biomasa es la misma que al 100%, haciendo cambios a las densidades de la leguminosa para encontrar una función lineal con una variable, lo que permitiría aproximar los niveles óptimos fisiológico y económico en la producción de proteína por unidad de superficie.

Una alternativa diferente al sistema de asociación, es la siembra de los genotipos de gramíneas y leguminosas en surcos intercalados. Esta alternativa presenta la ventaja de que las semillas se pueden tirar en tolvas independientes, con platos debidamente calibrados, aunque después del corte es necesario repasar con rastrillo el campo para mezclar y achicalar. Dado que esta práctica es

común en los HS x S cuando se siembran solos, no implica incremento de costos. Una desventaja de este sistema de surcos intercalados para el caso de asociaciones específicas de frijol tépari con HS x S, es que el tépari, dado que en todos los casos es de crecimiento indeterminado, si no encuentra tutor crece postrado, a ras del suelo, lo que dificulta el corte, a diferencia de otras especies como el frijol común de crecimiento indeterminado o la clitoria que crece más arbustiva. Por esta razón en esta investigación se insistió en la asociación de los cultivos en el mismo surco (mixed intercropping).

Al inicio de la investigación se pretendía producir igual o mayor cantidad de biomasa por unidad de superficie mediante el bicultivo híbrido-leguminosa, que sembrando el HS x S solo. Luego se precisó que ese propósito no era indispensable para lograr una investigación exitosa pues a pesar de que se llegara a obtener menos biomasa, como quiera podría resultar conveniente la asociación si la cantidad de proteína total por unidad de superficie fuera mayor, con la ventaja de que la proteína de la leguminosa en el heno hecho pacas o rollos es más digestible que en las pacas o rollos de heno del HS x S solo. Haber encontrado un nivel de combinación de la mixtura en la que se obtiene menor biomasa pero igual cantidad de proteína, sin hacer modificaciones a las operaciones de cultivo respecto a la siembra del HS x S solo, fue un progreso en sí misma, además de que orienta el diseño a futuro de otros tratamientos que posibiliten obtener más proteína por unidad de superficie en las pacas o rollos de heno que se produzcan.

Otra alternativa al unicultivo del HS x S para elevar la producción de proteína bruta por unidad de superficie es fertilizar con nitrógeno; sin embargo con esa opción se incurre en un costo mayor, amén de resultar otros inconvenientes en lo inmediato y a largo plazo, como predisponer al cultivo al acame y al ataque de plagas y provocar los consabidos daños al suelo. Al respecto cabría estudiar la aportación de nitrógeno del frijol tépari al fijarlo de la atmósfera de existir suficiente inoculación de las bacterias de *Rhizobium* específicas de *P. acutifolius*.

La búsqueda de las asociaciones gramíneas-leguminosas provee de una agricultura con mayor sostenibilidad y las contribuciones de esta investigación se inscriben en ese sentido.

## RESUMEN GENERAL

En las zonas bajas de Nuevo León, México, un cultivo importante es el de los híbridos forrajeros de sorgo x pasto Sudán (HS x S), se distingue por ser tolerante a las altas temperaturas ambientales y al estrés hídrico, siendo supresor de malezas; con el se obtienen elevados rendimientos de biomasa, aunque su contenido de proteína es bajo. Existen alternativas para elevar el contenido de ese componente bromatológico sin cambiar las operaciones de cultivo hasta la cosecha, siendo una de ellas el policultivo con leguminosas. El objetivo general de esta investigación fue el de calibrar asociaciones de HS x S con frijol tépari para elevar el contenido proteico del forraje cosechado. Se realizaron ocho experimentos del 2000 al 2004 para identificar genotipos apropiados y determinar combinaciones de asociación adecuadas, además de incursionar en la producción de semillas de frijol tépari en el altiplano del Estado de Zacatecas, México. Se identificaron varios genotipos silvestres y domesticados capaces de crecer en asociación con los HS x S y se estimó una combinación de siembra con la que se produce una cantidad de proteína por lo menos igual a la que producen los HS x S sembrados solos. Se recomienda sembrar genotipos de semilla mediana, probar niveles de asociación para obtener funciones de producción y hacer adaptaciones mecánicas a la sembradora para sembrar sincronizadamente a las dos especies sobre el mismo surco.

## GENERAL SUMMARY

In the down lands zone of Nuevo León, Mexico, an important crop is that of sorghum x Sudangrass hybrids (HS x S), it is distinguished to be tolerant to the high environmental temperatures and the water stress, being suppressive of overgrowths; with this crop obtained high yields of biomass, although their protein content is low. Alternatives exist to elevate the content of protein without changing crop management, one of them is the policulture with leguminous. The general objective of this investigation was to evaluate associations of HS x S with tepary beans to elevate the protein content of the harvested forage. Eight experiments was carried out from 2000 to 2004 to identify appropriate genotypes and to determine appropriate association combinations, besides intruding in the production of seeds of tepary beans in the highland of the State of Zacatecas, Mexico. Several wild and domesticated genotypes were identified as able to grow in association with HS x S and it was considered a sowing combination with which a quantity of protein takes place at least similar to the one that the HS x S produces alone sowed. It is recommended to sow genotypes of medium size seed, to prove association levels to obtain production functions and to make mechanical adaptations to the seeder to sow at the same time the two species on the same furrow.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

1. Se identificaron varias colectas de frijol tépari: tres domesticadas (112, 80 y 156) y una silvestre (188), capaces de ser asociadas en mixtura sobre el mismo surco con híbridos de sorgo x pasto Sudán.

2. Se aproximó un nivel de asociación sobre el mismo surco del híbrido con el frijol tépari en el que se puede producir igual cantidad de proteína por unidad de superficie con relación al híbrido sembrado en unicultivo y se establecieron las bases para incrementarla en futuros estudios.

3. Existe la posibilidad de producir más proteína por unidad de superficie mediante la siembra asociada de híbridos de sorgo x pasto Sudán con frijol tépari en mixtura sobre el mismo surco, ensayando otras combinaciones de siembra orientadas por los resultados de este trabajo.

Las recomendaciones generales para progresar en el diseño practicable comercialmente de un bicultivo forrajero de híbridos de sorgo forrajero por pasto Sudán con frijol tépari sobre el mismo surco son:

- i) Reproducir las semillas de peso mediano de los materiales silvestres que fueron identificados como candidatos a ser asociados con los HS x S.

- ii) Concluir la selección de genotipos a partir de las colectas silvestres de semilla mediana que fueron identificadas por esta investigación, bajo asociación con un HS x S o simulando sus condiciones, precisando las variables: índice de sincronía al corte y altura de las guías.
  
- iii) Probar combinaciones de siembra tépari-híbrido a partir de la relación de semillas uno a uno, con la densidad del híbrido fija en  $10 \text{ k ha}^{-1}$ , incrementando la proporción de la leguminosa con el objetivo de encontrar la función que permita determinar los niveles óptimos fisiológico y económico de producción de proteína por unidad de superficie.
  
- iv) Adaptar dispositivos a la sembradora para tirar las semillas de las dos especies a un tiempo sobre el mismo surco, en las proporciones que lleguen a ser recomendadas.