

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, CONTABLES Y  
AGROPECUARIAS



Producción y calidad de semilla de tres zacates forrajeros, nativos del Pastizal Mediano en  
Cananea y Fronteras, Sonora

TESIS

Álvaro Francisco Salazar Rodríguez

Santa Ana, Sonora

Noviembre de 2010

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Producción y calidad de semilla de tres zacates forrajeros, nativos del Pastizal Mediano en  
Cananea y Fronteras, Sonora

**TESIS**

Sometida a la consideración del Departamento  
de Contabilidad

de la

División de Ciencias Administrativas, Contables y Agropecuarias de la  
Universidad de Sonora

por

Álvaro Francisco Salazar Rodríguez

Como requisito parcial para obtener el título

de

Licenciado en Sistemas Administrativos  
Con opción en Producción y Calidad

Santa Ana, Sonora

Noviembre de 2010

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL COMITÉ TUTORIAL,  
APROBADA Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN SISTEMAS ADMINISTRATIVOS  
CON OPCIÓN EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD

**COMITÉ TUTORIAL:**

DIRECTOR:  \_\_\_\_\_

Dr. Fernando Arturo Ibarra Flores

ASESOR:  \_\_\_\_\_

Dra. Martha Hortencia Martín-Rivera

ASESOR:  \_\_\_\_\_

M.A. Francisco Gabriel Denogean Ballesteros

## **DEDICATORIA**

Primeramente a Dios por darme la oportunidad de seguir con mis estudios para poder superarme, por haberme brindado vida y salud.

A mis padres y hermanos ya que su apoyo ha sido muy importante en mi desarrollo, también por haberme apoyado en la realización de este trabajo, a toda mi familia que ha estado todo el tiempo conmigo.

A mis amigos por brindarme su compañía y ayudado a salir adelante con mis estudios.

A los maestros Dr. Fernando Arturo Ibarra Flores, Dra. Martha Hortencia Martín Rivera y M.A. Francisco Gabriel Denogean Ballesteros ya que me asesoraron, me dieron su apoyo y confianza para llevar a cabo esta tesis.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Santiago Salazar Ortiz y Francisca Trinidad Rodríguez; a mis hermanos Santiago, Irma, Nilsa Adelina y Raúl Idelfonso por apoyarme y brindarme la ayuda para así poder salir adelante en la vida.

También muy en especial a mi novia Karla Karina Sánchez Atondo por estar conmigo y compartir su tiempo a mi lado, y por apoyarme en todo.

A mis amigos y compañeros de clases que me ayudaron y estuvieron conmigo en el transcurso de la carrera.

A todos los maestro(a)s que me han ayudado en la tesis principalmente a mis asesores, ya que me brindaron su ayuda y apoyo, gracias a todos.

A la Universidad de Sonora, al Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias, a la Fundación Produce Sonora A. C., y a la Unión Ganadera Regional de Sonora.

## ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Importancia de la ganadería en Sonora.....	5
Situación actual de los agostaderos.....	8
Descripción de gramíneas forrajeras.....	11
Descripción de gramíneas del estudio.....	12
Banderilla ( <i>Bouteloua curtipendula</i> ).....	12
Navajita velluda ( <i>Bouteloua hirsuta</i> ).....	14
Navajita morada ( <i>Bouteloua chondrosoides</i> ).....	15
Importancia de la calidad de semilla.....	15
Proceso de germinación de la semilla.....	18
Etapas de la germinación.....	20
Condiciones necesarias para la germinación.....	21
Determinación de la pureza.....	24
Determinación de la viabilidad.....	24
Dormancia.....	25
La prueba con tetrazolium.....	26
Importancia de la semilla en siembra de especies.....	28
Factores que determinan la calidad de la semilla.....	29
Costo de semilla de especies forrajeras.....	29
Algunas especies forrajeras importantes del pastizal mediano.....	30

MATERIAL Y MÉTODOS.....	32
Descripción del sitio de estudio.....	32
Metodología.....	34
Diseño experimental y análisis estadístico.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
Densidad de plantas.....	42
Altura de plantas.....	45
Cobertura de plantas.....	47
Número de espiguillas.....	49
Producción de semilla.....	51
Germinación.....	53
Viabilidad.....	53
Pureza.....	56
Comparaciones económicas.....	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización de los sitios de estudio.....	33
Figura 2. Ilustración que muestra los trabajos de campo para determinar la altura de las plantas.....	38
Figura 3. Ilustración que muestra la forma como se determinó la cobertura basal de las plantas.....	39
Figura 4. Ilustración que muestra la cosecha de semilla para determinar su producción.....	40
Figura 5. Ilustración que muestra la forma en que se limpió la semilla para determinar su pureza.....	41
Figura 6. Precipitación mensual (mm) en el sitio de estudio en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi) durante el 2007 y promedio de precipitación de la zona durante los últimos 57 años.....	43
Figura 7. Densidad de plantas ( $p/m^2$ ) de tres especies de pastos de dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.....	44
Figura 8. Altura de plantas (cm) de tres especies de pastos en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.....	46
Figura 9. Cobertura basal de plantas (%) de tres especies forrajeras en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.....	48
Figura 10. Número de espiguillas (esp./g) de tres especies de pastos en dos sitios de pastizal en el municipio de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.....	50
Figura 11. Producción de semilla (kg/ha) de tres especies de pastos en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.....	52
Figura 12. Germinación (%) de tres especies de pastos en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.....	54

Figura 13.	Semilla pura viva (%) de tres especies de pastos en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.....	55
Figura 14.	Pureza (%) de tres especies de pastos en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características generales y costos (pesos) estimados de la semilla de pastos de origen nacional colectada manualmente en dos predios ganaderos del norte de Sonora, México, durante 2007.....	58
Cuadro 2. Características generales y costos (US dls) estimados de la semilla de pastos importados de los Estados Unidos de Norteamérica vigentes a Enero del 2010.....	58
Cuadro 3. Comparación de costos de semilla de pastos de origen nacional e importada base semilla pura viva en pesos mexicanos al 2010. Un dólar = 13.73 pesos.....	58

## RESUMEN

Extensas áreas de agostaderos de Sonora se encuentran deterioradas y presentan bajo potencial de producción de forraje, por lo que requieren de la siembra de especies forrajeras para su rehabilitación. La disponibilidad de semilla de especies forrajeras, es un problema al no disponer de germoplasma de buena calidad y precios accesibles en Sonora. El presente estudio se llevó a cabo en el Rancho Experimental de la Universidad de Sonora *Campus* Santa Ana, ubicado en Cananea, Sonora y en el Rancho “Mababi” que se localiza 45 km al oeste de Fronteras, Sonora con la finalidad de conocer la calidad de la semilla de los zacates banderilla (*Bouteloua curtipendula*), navajita azul (*B. gracilis*) y navajita velluda (*B. hirsuta*), bajo condiciones de agostadero, calculando el costo de cosecha por kg y comparándolo con el precio en el mercado internacional para evaluar la rentabilidad con el uso de esta práctica. Las hipótesis del estudio son: (1) Todos los zacates nativos producen buena calidad de semilla bajo condiciones de agostadero, y (2) La semilla cosechada localmente es más económica y similar en calidad a la producida en el extranjero. Durante el verano del 2007 se seleccionaron nueve sitios experimentales en dos localidades del norte de Sonora; tres donde predomina el zacate banderilla, tres donde es común el navajita azul y tres donde predomina el navajita velluda. El sitio experimental se cercó con alambre de púas para protegerlo del pastoreo de ganado durante el periodo de estudio. La semilla se colectó manualmente en cada parcela experimental al final del verano de 2007. Las variables que se evaluaron en cada especie fueron: Producción y calidad de semilla basada en germinación y pureza, así como la viabilidad. Para las pruebas de germinación y viabilidad se utilizaron 100 semillas de cada especie las que se depositaron por triplicado en cajas petri. La pureza se determinó en 10 muestras de 50 g. de semilla de cada especie separando la semilla limpia de la basura. Se utilizó un diseño completamente

al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Todas las variables se analizaron en forma individual mediante ANVA ( $P < 0.05$ ). Se realizó un análisis económico para comparar los costos de producción de la semilla de los tres zacates en estudio bajo condiciones naturales, y se comparó con los costos actuales de venta en las principales productoras de semilla en México y en los Estados Unidos de Norteamérica. Los resultados indican que la densidad de plantas fue diferente entre especies pero resultó similar entre localidades ( $P > 0.05$ ). En navajita morada se obtuvo una densidad de 54.0 y 55.6 plantas/m<sup>2</sup> en Cananea y Fronteras, respectivamente, las cuales resultaron similares. En el navajita velluda se obtuvo una densidad de 64.7 y 58.7 plantas/m<sup>2</sup> en Cananea y Fronteras, respectivamente, las cuales resultaron también similares. En el zacate banderilla se obtuvo una densidad de 26.0 y 35.7 plantas/m<sup>2</sup> en Cananea y Fronteras, respectivamente, las cuales resultaron también similares. La altura de plantas fue diferente entre especies pero resultó similar entre localidades ( $P > 0.05$ ). En navajita morada se logró una altura de 52.4 y 48.6 cm en Cananea y Fronteras, respectivamente, y resultaron similares. En navajita velluda se obtuvo una altura de 40.6 y 55.0 cm en Cananea y Fronteras, respectivamente, los cuales resultaron también similares. En banderilla se obtuvo una altura de 82.4 y 84.9 cm en Cananea y Fronteras, respectivamente. La producción de semilla fue diferente entre especies pero resultó similar entre localidades ( $P > 0.05$ ). En navajita morada se obtuvo una producción de 105.5 y 187.2 kg/ha en Cananea y Fronteras, respectivamente, las cuales resultaron similares. En navajita velluda se obtuvo una producción de 91.2 y 182.1 kg/ha en Cananea y Fronteras, respectivamente, los cuales resultaron similares. En banderilla se obtuvo una producción de 173.3 y 149.9 kg/ha en Cananea y Fronteras, respectivamente, los cuales resultaron similares. Se concluye que navajita morada tiene un comportamiento medio, respecto a las tres especies, en las cinco variables analizadas, navajita velluda tiene mejor

comportamiento en densidad y cobertura y el zacate banderilla es mejor en cuanto a número de espiguillas por gramo, altura de plantas y producción de semilla por hectárea. La calidad de semilla de origen nacional de los zacates banderilla, navajita velluda y navajita morada es similar a la de la semilla importada la cual resulta a un precio entre 9 y 11 veces más alto en comparación con la semilla nacional.

## INTRODUCCIÓN

En Sonora, la zona serrana es la principal fuente de sustento para alrededor de 10,000 productores pecuarios. Estudios recientes muestran que aproximadamente 1.5 millones de ha de agostadero en esa zona, presentan problemas de deterioro y bajo potencial de producción forrajera. Estas áreas se encuentran con escasa cubierta vegetal, presentando un alto riesgo de erosión y producen actualmente de tres a cuatro veces menos forraje y carne de su potencial. Con la siembra de especies forrajeras más productivas podría ser posible proteger el suelo e incrementar entre un 100 a 1000% la producción de forraje y carne (Vallentine, 1980; Ibarra y Martín, 1995). Muchas otras áreas, sin embargo, presentan un deterioro más severo por lo que requieren de más trabajo, siendo en la mayoría de los casos la siembra de especies de pastos, arbustos y árboles forrajeros, la única opción para recuperar su productividad.

Se cree que el deterioro de la tierra y de las áreas de pastoreo se debe a la combinación de factores tales como cambios climáticos, sobrepastoreo, tala inmoderada, extracción excesiva de productos naturales tales como madera, leña, carbón, plantas de uso artesanal, alimenticio, medicinal e industrial; sequías frecuentes y prolongadas, fuegos accidentales destrucción masiva de vegetación causada por inundaciones y volcanes; apertura y posterior abandono de tierras para siembra de cultivos agrícolas de riego y temporal, crecimiento desmedido de la población, predios con limitada superficie para producir y la escasa infraestructura en los ranchos, entre otros, que en conjunto deterioran los recursos y no permiten hacer un manejo adecuado del suelo y la vegetación.

Las semillas son los frutos o partes de éstos, así como las partes de vegetales o vegetales completos, que pueden utilizarse para la reproducción y propagación de las diferentes especies vegetales. La semilla con excelente calidad es más cara por precio

unitario, pero cuando se conocen sus porcentajes de germinación y de pureza para estimar la cantidad de semilla comercial que se tiene que comprar para sembrar una hectárea, resulta ser generalmente la semilla más económica.

La semilla es una forma de supervivencia de las especies, es el vehículo que sirve para que la vida embrionaria, casi suspendida, renueve su desarrollo, aún años después de que sus progenitores han muerto ó desaparecido.

La ganadería en el norte de México es una de las actividades más importantes y ésta basada principalmente en la productividad de sus agostaderos. Desafortunadamente, estas áreas, debido a diferentes factores como: manejo inadecuado de la vegetación y sobrepastoreo a través del tiempo, presentan una productividad baja que repercute directamente en la reducción de los índices de producción y en los ingresos económicos para el ganadero. Además, esta zona se caracteriza por tener bajas precipitaciones, baja frecuencia y mala distribución, temperaturas extremas, altos índices de evaporación y periodos prolongados de sequía. Consecuentemente, para recuperar en forma estas áreas es necesario encontrar especies de zacates que, además de adaptarse a estas condiciones, posean ciertas características deseables como son: alta producción de forraje, buena calidad nutricional, eficiente en el uso del agua, resistente a sequías y pastoreo, así como no ser susceptibles a enfermedades.

La productividad de los pastizales, tanto de climas templados como desérticos, se ha reducido notablemente. Esto incrementó la erosión del suelo y junto a las sequías ocurridas, desestabilizó la industria ganadera mundial. Estos desequilibrios ecológicos que algunas veces han sido provocados por la acción del hombre, trajeron como consecuencia que algunos de los agostaderos que una vez fueron fuente de alimento para



el ganado, se hayan transformado en terrenos infértiles e improductivos para la explotación ganadera.

Debido al aumento poblacional a escala mundial, existe la necesidad de aumentar la producción de alimentos en el mundo. México no es la excepción, en relación a este fenómeno, que aunado a los problemas económicos, sociales y políticos por los que atraviesa, el problema se agrava. Por ello, es importante producir más por unidad de superficie, aunque esto ya no es suficiente por las exigencias de un mercado que pide calidad.

En Sonora, actualmente, existen numerosas especies de pastos nativos los cuales presentan buenas características forrajeras y alta calidad nutritiva como son: banderilla *Bouteloua curtipendula*, navajita azul *Bouteloua gracilis* y navajita velluda *Bouteloua hirsuta*. Otros zacates introducidos, como el buffel *Cenchrus ciliaris* (L) Link se han venido sembrando extensivamente en agostaderos deteriorados de las partes bajas de Sonora con buenos resultados. Si la siembra de pastos es una opción para la rehabilitación de agostaderos en el futuro, es necesario conocer el potencial de producción de las principales especies forrajeras nativas del estado. En la actualidad no existe información que indique el potencial de producción de semilla de las principales especies deseables y el costo de las mismas para su establecimiento en pastizales.

Con base en esta información, se planteó el presente estudio con el objetivo de: (1) Evaluar el potencial de productividad y calidad de semilla de tres pastos forrajeros nativos del pastizal mediano abierto, (2) evaluar el costo de producción de semilla bajo condiciones naturales y compararlo con el precio en mercado internacional, y (3) evaluar la rentabilidad de la cosecha de semilla de pastos para venta o para siembra de agostaderos. Las hipótesis del presente estudio son: (1) Todos los zacates nativos

producen buena calidad y calidad de semilla bajo condiciones de agostadero durante años con precipitación normal o arriba de la media, y (2) La semilla de pastos cosechada localmente es más económica y resulta similar en calidad a la de las mismas especies cosechadas en el extranjero.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Importancia de la ganadería en Sonora.**

En Sonora, la zona serrana es la principal fuente de sustento para alrededor de 10,000 productores pecuarios. Estudios recientes muestran que aproximadamente 1.5 millones de hectáreas de agostadero en esa zona presentan problemas de deterioro y bajo potencial de producción forrajera. Estas áreas se encuentran con escasa cubierta vegetal, presentando un alto riesgo de erosión y producen actualmente de tres a cuatro veces menos forraje y carne de su potencial. Con la siembra de especies forrajeras más productivas podría ser posible proteger el suelo e incrementar entre un 100 a 1000% la producción de forraje y carne (Vallentine, 1980; Ibarra y Martín, 1995; Ibarra *et al.*, 2005). Muchas otras áreas, sin embargo, presentan un deterioro más severo por lo que requieren de más trabajo, siendo en la mayoría de los casos la siembra de especies de pastos, arbustos y árboles forrajeros, la única opción para recuperar su productividad (Monsen, 2004).

Se anticipa que el crecimiento demográfico, el incremento de la urbanización y el aumento de los ingresos dupliquen la demanda en la producción pecuaria y de sus productos derivados en los países en desarrollo durante los próximos 20 años. Así pues, la producción pecuaria está creciendo más aceleradamente que cualquier otro subsector agrícola, con excepción de la acuicultura, y se prevé que para el año 2020 la ganadería producirá más de la mitad del total del valor del producto agrícola mundial. Este proceso se ha denominado “revolución ganadera”. Las tendencias importantes del sector ganadero mundial que caracterizan esta revolución son: Un incremento acelerado y dinámico del consumo de productos pecuarios en los países en desarrollo; un cambio geográfico de la producción pecuaria de las zonas templadas y secas a otras más cálidas y húmedas,

propensas a las enfermedades; cambio en las prácticas de producción pecuaria, de una actividad local con diversos propósitos a una empresa cada vez más orientada al mercado e integrada verticalmente; cada vez más presiones sobre los recursos comunes de pastoreo y agua, y competencia creciente por éstos (Delgado *et al.*, 1999).

Los mismos autores indican que a pesar de estas tendencias, los campesinos de semisubsistencia siguen siendo los productores de la mayor parte de los alimentos, de origen vegetal y animal que se consumen actualmente en los países en desarrollo. El crecimiento previsto de la demanda de productos animales, en consecuencia, ofrece una oportunidad extraordinaria para los sectores pobres del medio rural, en vista de que su participación en la producción de ganado ya es significativa. Además, presenta uno de los pocos mercados que están creciendo rápidamente y en los que pueden participar las personas pobres sin necesidad de contar con recursos sustanciales o capacitación.

Debido al aumento poblacional a escala mundial, existe la necesidad de aumentar la producción de alimentos en el mundo. México no es la excepción, en relación a este fenómeno, que aunado a los problemas económicos, sociales y políticos por los que atraviesa, el problema se agrava. Por ello, es importante producir más por unidad de superficie, aunque esto ya no es suficiente por las exigencias de un mercado que pide calidad (Canseco, 2001).

La productividad de los pastizales, tanto de climas templados como desérticos, se ha reducido notablemente. Esto incrementó la erosión del suelo y junto a las sequías ocurridas, desestabilizó la industria ganadera mundial. Estos desequilibrios ecológicos que algunas veces han sido provocados por la acción del hombre, trajeron como consecuencia que algunos de los agostaderos que una vez fueron fuente de alimento para

el ganado, se hayan transformado en terrenos infértiles e improductivos para la explotación ganadera (Figueroa, 2003).

Una forma de determinar la importancia de la ganadería en América Latina es evaluar la participación mundial de la región en las zonas de pastoreo y agrícolas, los inventarios ganaderos y la productividad. De acuerdo con las cifras presentadas por Seré y Steinfeld (1996), se observan algunas tendencias claras. América Latina, que concentra un bajo porcentaje de la población mundial (8%), tiene una considerable participación en las zonas de pastoreo (17.5%), así como en el inventario ganadero (25%), en la producción de carne (19.2%) y en el inventario del ganado lechero (17.8%). De la misma forma, en América Latina las variables mencionadas, tienen una participación elevada en los sistemas de producción pecuaria de pastoreo de zonas templadas; en los de zonas tropicales húmedas y subhúmedas, y en los sistemas mixtos de zonas lluviosas húmedas y subhúmedas. Por otra parte, en América Latina es evidente la importancia de los sistemas tropicales y mixtos, en los cuales las variables correspondientes a los inventarios ganaderos, las zonas de pastoreo y la productividad presentan una considerable participación.

Los pastizales abiertos de la sierra de Sonora juegan un papel muy importante para la producción de carne y fauna silvestre. De acuerdo con la Unión Ganadera Regional de Sonora, existen por lo menos 10,000 productores con asiento de producción en la sierra, sin embargo, se estiman que existen más de un millón de hectáreas degradadas en esa zona, que producen tres o cuatro veces menos forraje que su potencial (Aguirre *et al.*, 2002), y presentan fuerte deterioro y un alto porcentaje de suelo desnudo con elevado potencial de erosión (Aguirre, 2007).

De acuerdo con el National Research Council (1994), el agostadero es un ecosistema muy diverso, que brinda productos tanto tangibles como intangibles. Los

productos materiales, como el forraje para el ganado, hábitat silvestre, minerales, energía, oportunidades recreativas, algunos productos maderables, y genes tanto animales como vegetales, son mercancías muy importantes económicamente. Los agostaderos a su vez generan productos intangibles como las bellezas naturales y la vida silvestre, que satisfacen valores importantes de la sociedad y que pueden ser tan importantes económicamente como los valores tangibles. La degradación de los agostaderos reduce la cantidad y la diversidad de los valores y materiales que proveen, y una degradación severa puede ser irreversible.

Grandes inversiones de dinero, tiempo y energía son requeridas para restaurar un agostadero en mala condición. Aún con la restauración, puede haber pérdida permanente de la capacidad de producir materias y satisfacer los valores, o pérdida de opciones para la utilización de esos agostaderos en un futuro (National Research Council, 1994).

#### **Situación actual de los agostaderos.**

Se cree que el deterioro de la tierra y de las áreas de pastoreo se debe a la combinación de factores tales como cambios climáticos, sobrepastoreo, tala inmoderada, extracción excesiva de productos naturales tales como madera, leña, carbón, plantas de uso artesanal, alimenticio, medicinal e industrial; sequías frecuentes y prolongadas, (Vallentine, 1980; Ibarra *et al.*, 2007); fuegos accidentales destrucción masiva de vegetación causada por inundaciones y volcanes; apertura y posterior abandono de tierras para siembra de cultivos agrícolas de riego y temporal, crecimiento desmedido de la población, predios con limitada superficie para producir y la escasa infraestructura en los ranchos, entre otros, que en conjunto deterioran los recursos y no permiten hacer un manejo adecuado del suelo y la vegetación (Heady y Child, 1994; Archer, 1999; Ibarra *et al.*, 2007).

La ganadería en el norte de México es una de las actividades más importantes y está basada principalmente en la productividad de sus agostaderos. Desafortunadamente, estas áreas, debido a diferentes factores como: manejo inadecuado de la vegetación y sobrepastoreo a través del tiempo, presentan una productividad baja que repercute directamente en la reducción de los índices de producción y en los ingresos económicos para el ganadero. Además, esta zona se caracteriza por tener bajas precipitaciones, baja frecuencia y mala distribución, temperaturas extremas, altos índices de evaporación y periodos prolongados de sequía. Consecuentemente, para recuperar en forma estas áreas es necesario encontrar especies de zacates que, además de adaptarse a estas condiciones, posean ciertas características deseables como son: alta producción de forraje, buena calidad nutricional, eficiente en el uso del agua, resistente a sequías y pastoreo, así como no ser susceptibles a enfermedades (Ibarra *et al.*, 2005).

El agostadero es definido como pastizales, matorrales y bosques con herbáceas y arbustos sin cultivar, particularmente esas áreas que producen forraje para el pastoreo de ganado doméstico o animales salvajes. El agostadero incluye tierras con cubierta vegetal nativa, pero también tierras sembradas natural o artificialmente con plantas de especies nativas o hasta con plantas de especies introducidas y adaptadas. Los agostaderos son altamente diversificados e incluyen pastizales, matorrales y hasta desiertos (Holecheck *et al.*, 2004). El manejo de agostadero se define como el arte y ciencia de planear y dirigir el uso del mismo para obtener ganancias óptimas y sustentables, basadas en los objetivos de los dueños de la tierra y en las necesidades y deseos de la sociedad (Vallentine, 1980).

Los agostaderos son aquellas áreas del mundo, que por razones de limitaciones físicas como precipitación baja y errática, topografía irregular, mal drenaje, o temperaturas frías, que son inadecuadas para cultivarse y que son un recurso de forraje para pastorear

animales nativos y domésticos, así como también un recurso de productos maderables, agua y vida salvaje. Estos productos pueden ser encontrados en todas las combinaciones posibles, y en un lugar dado, solamente uno puede ser de importancia. A mayor elevación, el agua puede ser el principal contribuyente en los agostaderos. Los productos maderables pueden brindarse en tierras que provean forraje a animales nativos y domésticos, aunque comúnmente las áreas de agostadero no ayudan al crecimiento de los bosques. Muchas especies silvestres son encontradas en abundancia mientras que de otras se encuentran muy pocas. Los agostaderos son muy importantes como un lugar para que el hombre entre en una serie de búsquedas recreacionales al aire libre (Stoddart *et al.*, 1975; Holechek *et al.*, 2004).

En la actualidad, el manejo de los agostaderos no dista mucho de ser diferente al de los inicios de la introducción del ganado doméstico. Algunos datos indican que en algunos estados del territorio nacional se manejan cargas animales superiores a las que el terreno puede mantener. Las consecuencias del sobrepastoreo pueden ser de gran magnitud si se toma en cuenta que en el inicio los animales comen en forma frecuente e intensa las plantas más palatables (Vallentine, 1980), esta práctica reduce el vigor de las plantas y la producción de semilla, causando eventualmente la muerte de las mismas. El lugar que dejan estas plantas es ocupado por plantas menos palatables o por plantas invasoras. En el peor de los casos, grandes manchones de suelo desnudo aparecen, exponiendo el suelo a la erosión (Ibarra *et al.*, 2007).

Otros problemas asociados con el deterioro de los agostaderos son la falta de información sobre el manejo adecuado de las especies forrajeras, es decir, cuándo y cómo exponerlas al pastoreo y con cuál especie animal. Existe una insuficiente producción de semilla y material vegetativo para la rehabilitación y mejoramiento de los agostaderos. La



presencia de plagas y enfermedades que afectan la vegetación es un tema al que se le ha puesto poco cuidado. En ciertos lugares ni siquiera se tiene información sobre la caracterización de la vegetación. El desconocimiento de las especies consumidas por el ganado y su calidad nutritiva no permite manejar adecuadamente la utilización de las especies y optimizar su producción. Por último, se carece de un marco jurídico que norme y proteja el uso y aprovechamiento de los recursos de los agostaderos (SAGARPA, 2002).

### **Descripción de las gramíneas forrajeras.**

En Sonora, actualmente, existen numerosas especies de pastos nativos los cuales presentan buenas características forrajeras y alta calidad nutritiva como son: banderilla *Bouteloua curtipendula*, navajita azul *Bouteloua gracilis* y navajita velluda *Bouteloua hirsuta*. Otros zacates introducidos, como el buffel *Cenchrus ciliaris* (L) Link se han venido sembrando extensivamente en agostaderos deteriorados de las partes bajas de Sonora con buenos resultados (Ibarra *et al.*, 2005). Si la siembra de pastos es una opción para la rehabilitación de agostaderos en el futuro, es necesario conocer el potencial de producción de las principales especies forrajeras nativas del estado. En la actualidad no existe información que indique el potencial de producción de semilla de las principales especies deseables y el costo de las mismas para su establecimiento en pastizales.

Como resultado de la ruptura del eje de la espiguilla, la semilla de la gramínea conserva sus glumillas por ello se llama vestida. Las glumillas tienen generalmente minúsculos puntos silíceos, las espículas. La glumilla inferior (la más grande), se prolonga a menudo en una arista. La semilla conserva también un fragmento del eje de la espiguilla, el pedicelo. En el interior de las glumillas se encuentra el grano propiamente dicho ó cariósido. No siempre está adherido a las glumillas; un espacio vacío subsiste entre ambos.

Además de sus propias envolturas (muy delgadas), el cariósido comprende dos partes: el albumen, que es esencialmente una reserva de glúcidos en forma de almidón, que asegurarán la nutrición hidrocarbonada de la plántula hasta que pueda sobrevivir por sí misma gracias a su función clorofílica, el embrión es la futura plántula. El embrión es ya un vegetal completo en miniatura. Contiene un sistema aéreo, con un pequeño tallo, el epicotilo y dos ó tres esbozos de hojas envueltas por una especie de capuchón protector denominado coleóptilo; un sistema radicular constituida por la radícula, cuya base es el hipocótilo y cuya cima, vuelta hacia abajo, tiene una cofia llamada coleorriza; entre ambos se encuentra lateralmente, un cotiledón, el esculentum, en contacto estrecho con el albumen; de frente, una pequeña protuberancia, el epiblasto, cuya significación es todavía discutida; en el centro, el mesocótilo, placa sinuosa, con un esbozo de sistema conductor que relaciona entre sí todos los elementos procedentes (Gillet, 1984).

### **Descripción de gramíneas del estudio.**

**Banderilla (*Bouteloua curtipendula*).** Zacate nativo de México, perenne, el cual presenta tallos erectos de 50 a 100 cm de altura, de hábito amacollado vigoroso. Las hojas son largas y delgadas de 6 a 8 mm de ancho y 15 a 18 cm de largo, comúnmente planas. La inflorescencia es una panícula que contiene de 35 a 55 espiguillas, colocadas a lo largo de un tallo central y torcidas hacia un lado. Florece de junio a noviembre (Morales, 1994; Fort Hays State University, 2006; Granite Seed, 2010).

Tiene culmos tiesamente erectos, de 0.5-1 m de alto, usualmente fuertes y en grandes macollos, a menudo desde una base nudosa dura; estolones y rizomas no desarrollados; el ancho de las láminas variable pero más frecuentemente estrechas, típicamente gruesas y tiesas. Inflorescencia altamente variable, con pocas o numerosas

ramas espigadas, con un rango de 2-7 espiguillas por rama espigada; espiguillas variables de color bronceado, amarillo-café o poco coloreada a varios tonos de verde o púrpura; anteras usualmente amarillentas o anaranjadas, raramente rojas o púrpura.

Los zacates nativos tienen la característica común de desarrollarse en pendientes pedregosas del Pastizal Amacollado Arbofrutescente, aunque se encuentra en otros tipos de pastizales y matorrales. El zacate banderilla es productivo y de valor forrajero excelente, se adapta a un amplio rango de condiciones climáticas y de suelo, menos en suelos arenosos profundos, se adapta bien a suelos pesados o ligeramente alcalinos (Beetle *et al.*, 1991).

El uso de esta especie para resiembra de pastizales, requiere de una buena preparación del terreno con desmote, subsoleo y paso de rastra. La siembra se debe hacer antes del inicio de máxima precipitación (julio-agosto), con una sembradora para granos pequeños y una densidad de siembra de 4 a 6 kg de semilla pura viable (SPV)/ha. Para la producción de semilla se recomienda hacer una buena preparación de la cama de siembra, con barbecho, rastra cruzada y formación de surcos. La siembra se hace de abril a junio, en surcos espaciados a 85-90 cm y con una densidad de siembra de 3 a 4 kg de SPV/ha. La semilla debe ser colocada de 1.0 a 1.5 cm de profundidad. Las áreas sembradas se protegen del pastoreo hasta lograr un buen establecimiento, se pueden obtener rendimientos de semilla hasta de 200 kg/ha, bajo condiciones de temporal y de 800-1000 kg/ha bajo riego. Bajo temporal, se han obtenido producciones de forraje hasta de 1,900 kg de materia seca por hectárea, en áreas con 350 mm de precipitación. Se usa principalmente para pastoreo, es una de las especies más importantes en programas de rehabilitación de agostaderos. Es un zacate muy preferido por el ganado y de buen valor forrajero, contiene de 7 a 8% de proteína 0.06% de fósforo en crecimiento, al entrar en latencia presenta solo 4-5% de

proteína, 0.04% de fósforo, bajo riego produce gran cantidad de forraje de buena calidad (Curtis y Curtis, 1989; Morales, 1994; Lambert, 2005).

**Navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*).** Es planta perenne; a menudo con una base rizomatosa; culmos moderadamente amacollados o en manchones, alrededor de 25-60 o hasta 70 cm de alto, usualmente con entrenudos glabros o escabrosos y nudos microscópicamente puberulentos, laminas a menudo separadamente papiloso-hirsutas o ciliadas, de 1-2.5 mm de ancho. Ramas espigadas, comúnmente 2, ocasionalmente 1-3, raramente 4 por culmo; alrededor de 1.5-4 cm de largo incluyendo la punta del raquis, éste curvado o deflexado, base pubescente, escabrosa o puberulente en la parte hacia el eje de la inflorescencia, el ápice extendiéndose alrededor de 5-12 mm mas allá de la inserción de la espiguilla terminal; glumas lanceoladas, terminando en arista, hispidas a lo largo de la nervadura media con vellos blancos, duros, de alrededor de 1.5 mm de largo, estos apareciendo desde unas papilas engrosadas conspicuamente oscuras; lema usualmente 4-5 mm de largo, usualmente mas o menos apresada, pubescente, con 3 lóbulos lanceolados, algo lacreados o con fleco, estos terminando en una arista corta; cuerpo del rudimento 1-1.5 mm de largo, obcuneado o ampliamente abanicado, con aristas alrededor de 2.5-4 mm de largo, la central alada, abajo. En Sonora se encuentra *Bouteloua hirsuta* Lag. var. *palmeri*, con culmos mas largos, alrededor de 1 mm de largo; entrenudos inferiores y vainas conspicuamente papiloso-hirsutas, ramas espigadas 3-6, alrededor de 4 cm de largo (Fort Hays State University, 2006; Pawnee Buttes Seed, 2010).

Los zacates nativos se encuentran en lugares escarpados y mesas arenosas entre 1,200 a 1,950 m de altitud, pero ocasionalmente mas bajo, en los Pastizales Medianos Abierto y Arbofruscente, en otros Pastizales y Bosques, así como en algunos sitios de los Matorrales Arborescente y Alto Espinoso, valor forrajero excelente (Beetle *et al.*, 1991).

**Navajita Morada (*Bouteloua chondrosoides*).** Es una planta perenne; amacollada; culmus firmes no rizomatosos y duros en la base, alrededor de 30-60 cm de alto; vainas redondeadas, no presentándose conspicuamente aplanadas; láminas glaucas, cortas, planas, de 1-2.5 mm de ancho, a menudo en un macollo basal. Inflorescencia de usualmente 3-7 ramas espigadas, anchas, densas, erectas o levemente abiertas, ramificaciones espigadas de alrededor de 1.0-1.5 cm de largo, naciendo en los 2-6 cm superiores del eje del culmo; ramificaciones espigadas con raquis aplanado, densamente veloso y con numerosas espiguillas agrupadas cerradamente, decíduas todas las estructuras expuestas de las espiguillas más o menos velosas; lema fértil tripartido, las divisiones con aristas cortas; rudimento grande, largo-aristado, partiendo hasta cerca de la base, la arista central ampliamente alada hacia abajo (Beetle *et al.*, 1991).

#### **Importancia de la calidad de semilla.**

Las semillas son los frutos o partes de éstos, así como las partes de vegetales o vegetales completos, que pueden utilizarse para la reproducción y propagación de las diferentes especies vegetales. La semilla con excelente calidad es más cara por precio unitario, pero cuando se conocen sus porcentajes de germinación y de pureza para estimar la cantidad de semilla comercial que se tiene que comprar para sembrar una hectárea, resulta ser la semilla más económica.

Está demostrado que la semilla es muy importante en la supervivencia de las especies y en la dispersión de las mismas. La semilla es una forma de supervivencia de las especies, es el vehículo que sirve para que la vida embrionaria, casi suspendida, renueve su desarrollo, aún años después de que sus progenitores han muerto ó desaparecido (Ruiz, 2004). Uno de los preceptos fundamentales de la ciencia y

tecnología de semillas es que semillas de alta calidad tienen mejor desempeño que las de menor calidad (Delouche, 2002).

La calidad de semillas es un concepto múltiple que comprende diversos componentes, a pesar de que para muchos agricultores, semilla de calidad es aquella que germina y está libre de especies invasoras indeseadas. Este concepto se refleja en el hecho de que para muchos laboratorios de análisis de semillas, entre 80 y 90% de todos los análisis solicitados son de pureza y germinación. Sin embargo existen otros componentes de la calidad de semillas que pueden ser agrupados en tres categorías: Descripción: especie y pureza varietal, pureza analítica, uniformidad, peso de semillas. Higiene: contaminación con invasora nocivas, sanidad de semillas, contaminación con insectos y ácaros. Potencial de desempeño: germinación, vigor, emergencia y uniformidad en campo (Peretti, 1994; Hampton, 2001).

Una semilla de calidad física es la que presenta un alto porcentaje de semilla pura, y el mínimo contenido de semilla de malezas, de otros cultivos y materia inerte. Las semillas cosechadas generalmente vienen con algunos contaminantes como pueden ser: residuos de las plantas, semilla de malezas, semillas dañadas por plagas, porciones de suelo, así como con altos contenidos de humedad, de ahí que, requieren del acondicionamiento, labor que se realiza en las plantas de beneficio de semillas equipadas para el secado, la limpieza, clasificación, empaque y almacenamiento de semillas. De esta manera, se adecúa la semilla para su comercialización.

Otros atributos físicos en las semillas son el contenido de humedad, el tamaño, la uniformidad y densidad. En muchos casos se desconocen los diferentes aspectos involucrados en la calidad de las semillas, por lo que, es necesario una mayor divulgación de la relevancia de este esencial insumo biológico, a fin de dotar al productor nacional de la

información básica de tal forma que, esté en capacidad de diferenciarlo por su calidad (Vallentine, 1980; Holecheck *et al.*, 2004).

Se estima que de todas las alternativas de manejo y mejoramiento de recursos, la rehabilitación de agostaderos mediante la siembra parcial o total de especies forrajeras herbáceas, arbustivas ó arbóreas es una de las prácticas más riesgosas y costosas, (Ibarra *et al.*, 2007) razón por la cual, es la que normalmente menos se realiza en los predios ganaderos. La siembra de especies requiere normalmente de una preparación de cama de siembra adecuada para el establecimiento de plantas, semilla de buena calidad, de una siembra y manejo posterior adecuado para asegurar el establecimiento y la perpetuidad de las especies (Monsen y Stevens, 2004). La semilla de buena calidad para la siembra, es frecuentemente el problema más difícil de resolver porque, ó no se produce semilla de buena calidad localmente, ó es demasiado costosa y frecuentemente se requiere de su importación, lo que comúnmente incrementa los costos en la siembra de especies.

Generalmente, la semilla procedente de compañías serias, se produce bajo condiciones de riego y fertilización; se maneja en almacenes con temperatura, humedad y luz controlada, normalmente cumple con los requisitos sanitarios de calidad de producción, está protegida de insectos y enfermedades, cuenta con garantía de las pruebas de germinación y pureza; además de la seguridad de no contener semillas de otras especies (Monsen y Stevens, 2004). Este tipo de semilla por lo general es cara y se usa en bajas cantidades en los programas de siembra.

La semilla de pastos y arbustos colectada bajo condiciones de temporal en los agostaderos locales normalmente, aunque puede ser también de buena calidad, no presenta cuidados tan intensos en su producción y acondicionamiento y su calidad esta influenciada por las características de lluvia del año en que se produce. Normalmente, debido a que no

se maneja en las mejores condiciones, es de menor calidad que la primera (Jorgensen y Stevens, 2004), no viene protegida contra insectos, hongos y enfermedades, no asegura el contenido de semilla de otras plantas y puede contener altos contenidos de impurezas como tierra, piedras, hojas, tallos y semilla de otras especies, entre otros. Esta semilla normalmente resulta más económica que la primera y es preferida y aunque su calidad sea baja se utiliza un mayor volumen para corregir esta deficiencia.

### **Proceso de la germinación de la semilla.**

La germinación se lleva a cabo cuando la semilla se pone en contacto con agua; al ser absorbida ésta, activa las enzimas y comienza la descomposición de los hidratos de carbono del endospermo ó albumen en azúcares, que son utilizados por la planta como fuente de energía para el crecimiento del embrión hasta que la planta sea capaz de iniciar la fotosíntesis. Juega un papel vital en el proceso de la germinación ya que suministra la hormona giberelina, la cual, estimula la síntesis de las enzimas que descomponen los hidratos de carbono que son las reservas de la semilla. El primer síntoma externo de la germinación es la aparición de la primera raíz seminal ó radícula, que aparece rompiendo la cubierta protectora ó coleorriza. A continuación brotan nuevas raíces seminales y al mismo tiempo aparece el primer tallo ó plúmula, cubierto por una capa ó vaina llamada coleóptido, a través del cual aparece la primera hoja y las sucesivas (Muslera y Ratera, 1984).

Generalmente durante la maduración, el crecimiento del embrión se suspende y continúa detenido después de la dispersión, ya sea por falta de condiciones ambientales adecuadas para su reanudación ó por un mecanismo fisiológico que lo impide. La germinación es el proceso mediante el cual, un embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo



convertirán en una planta adulta (Hartmann y Kester, 1988). Celaya (1997), completando el concepto anterior, menciona que la germinación en el laboratorio es la emergencia y desarrollo de la plántula, hasta un estado en que el aspecto de sus estructuras esenciales, manifiestan si la semilla es ó no capaz para desarrollarse hasta una planta normal bajo condiciones favorables del suelo.

Sin embargo, se tiene que considerar que la germinación puede ser inhibida si la cantidad de agua es muy poca (Springfield, 1968; Williams y Shaykewich, 1971; Edgar, 1977; Botha *et al.*, 1984), pero también puede ser inhibida si la cantidad de agua que se presenta es mucha (Negbi *et al.*, 1966; Heydecker y Orphanos, 1968; Coumans *et al.*, 1979; Phaneendranath, 1980; Mabo *et al.*, 1988; Blank y Young, 1992).

Se debe tener cuidado de no agregar mucha agua a los sustratos que se estén usando para la germinación (AOSA, 1960). En caso de que se utilice arena ó tierra como sustrato, el agua se agrega hasta que los últimos granos de tierra ó arena hayan cambiado de color. La humedad del sustrato nunca deberá ser tal que rodee a las semillas una película visible de agua. Esto es frecuentemente un error y normalmente pasa desapercibida. La humedad excesiva puede ocasionar una restricción en la respiración y detener la germinación de las semillas (AOSA, 1960).

Para que la germinación se realice, se necesita que la semilla sea viable, que tenga un embrión vivo capaz de crecer; que tenga una temperatura adecuada y humedad para el proceso y que se eliminen los bloqueos fisiológicos presentes en las semillas, que impiden frecuentemente la germinación de la semilla de muchas especies. La germinación de una muestra de semillas se puede realizar dentro de un intervalo de tiempo que puede abarcar desde un determinado número de horas, hasta varias semanas, según sean las condiciones ambientales y la especie.

### **Etapas de la germinación.**

La germinación tiene las siguientes etapas: 1) Inicio que transcurre entre la siembra y el momento que aparece la primer semilla germinada, 2) Incremento rápido después del inicio, el numero de semillas germinadas por día tiene un comportamiento de una curva positivamente desviada que se incrementa con rapidez hasta alcanzar un punto, 3) Estabilización, cómo las semillas remanentes de la segunda etapa requieren de periodos progresivamente mas largos para germinar, las curvas tienden a ser horizontales (Camacho, 1994).

El oxígeno es necesario para la germinación de la semilla. El metabolismo durante las etapas iniciales de la germinación puede ser anaeróbico, cambiando a aeróbico tan pronto como la testa se rompe y el oxígeno se difunde en su interior (Bidwell, 1983).

El proceso de germinación puede dividirse en varias etapas consecutivas separadas pero que se empalman, las cuales se mencionan a continuación:

La imbibición de agua es la etapa inicial de la germinación, en la que la semilla absorbe la mayor cantidad de agua posible, hasta saturarse y eliminar el bajo potencial de agua (Miller, 1981; Mohr y Schopfer, 1995), por lo general, va acompañada de un aumento proporcional en la actividad respiratoria (Pérez y Martínez-Laborde, 1994). Consecuentemente, inicia el ablandamiento de las envolturas e hinchamiento de la semilla. Las envolturas de la semilla están hechas en gran parte de material que toma fácilmente agua por imbibición, lo que causa una disminución de la resistencia mecánica del material embebido que son las paredes celulares de las envolturas de la semilla. La imbibición de agua por el embrión y el endospermo origina un hinchamiento de estas estructuras resultando en la ruptura de las envolturas ablandadas de la semilla (Colbry *et al.*, 1961; Holman y Robbins, 1965).

La segunda etapa es la digestión y translocación que es donde el endospermo, los cotiledones, el perispermo, ó el gametofito femenino (coníferas) almacenan grasas, proteínas y carbohidratos. Estos compuestos son digeridos a sustancias más simples, que son traslocados a los puntos de crecimiento del eje embrionario (Hartmann y Kester, 1988). En ésta etapa se reduce considerablemente la absorción de agua por la semilla (Basking y Basking, 1988; Pérez y Martínez-Laborde, 1994).

En la tercera etapa o de crecimiento de la plántula es cuando los cambios del embrión pasan a ser de crecimiento activo de extensión; en ésta fase el embrión sigue consumiendo cada vez más agua. Esta es una de las primeras apreciaciones del proceso de germinación, ya que empieza a verse la elongación de la radícula, la cual emerge de la testa; este evento sirve para definir ilustrativamente el proceso de germinación y muestra el crecimiento irreversible que fue originado en el embrión (Miller, 1981; Mohr y Sshopfer, 1995). Fisiológicamente, se caracteriza por un constante incremento de la absorción del agua y de la actividad respiratoria (Camacho, 1994). Dichas etapas son afectadas por ciertos factores que están asociados al proceso de germinación como: Humedad, temperatura, oxígeno y luz.

#### **Condiciones necesarias para la germinación.**

Agua. Para que se produzca la germinación, el agua debe de penetrar dentro de la semilla con el fin de disolver las sustancias nutritivas con que se alimenta la nueva planta. Además, el agua reblandece el tegumento de la semilla, lo que permite la salida de la raíz y del tallo (Baskin y Baskin, 1988). El agua absorbida por el embrión y el endospermo hacen que la semilla se hinche, rompiéndose las envolturas. El agua facilita la entrada del oxígeno a la semilla para la germinación. Las paredes celulares secas son casi impermeables a los

gases, pero se han embebido de suficiente agua, los gases pueden difundirse fácilmente a través de ellas tan pronto como las paredes de las células de la envoltura de la semilla y del embrión absorben agua. La provisión de oxígeno para las células vivientes aumenta, lo que hace posible una respiración más activa (Holman y Robbins, 1965). El agua diluye el protoplasma y permite que sus diversas funciones se realicen activamente. Como el protoplasma de las células del embrión y otras partes vivientes de la semilla pierden la mayor parte de su agua antes de que éstas se desprendan, sus actividades quedan casi completamente suspendidas hasta la germinación. Las células vivientes no pueden llevar a cabo activamente ninguno de sus procesos normales (digestión, respiración, asimilación ó crecimiento), a menos que su protoplasma contenga mucha agua. También, ésta hace posible el transporte del alimento soluble del endospermo ó cotiledones a los puntos de crecimiento del embrión, donde son necesarios para formar nuevo protoplasma (Holman y Robbins, 1965).

El efecto de la temperatura se debe a su capacidad para influir sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla tras su rehidratación. Así, del mismo modo que la actividad de cada enzima tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura (Colbry *et al.*, 1961; Pérez y Martínez-Laborde, 1994), la mayoría de las semillas no germinan si la temperatura se aproxima al punto de congelación (0 °C) ó asciende más de 46 °C. Las temperaturas más favorables para la germinación se encuentran entre los 22 y 30 °C (Fuller y Ritchier, 1982). Las semillas de especies tropicales germinan mejor a temperaturas superiores a 25 °C, mientras que las semillas de especies originarias de zonas frías germinan mejor a temperaturas bajas entre 5 y 15 °C. En general, las semillas de especies originarias de la zona mediterránea germinan

Los mismos autores indican que el oxígeno es importante porque para germinar, las semillas deben respirar y tener oxígeno para la respiración aeróbica. La falta de este elemento favorece el crecimiento de bacterias anaeróbicas que pueden ocasionar pudriciones (Fuller y Ritchier, 1982). La mayor parte de las semillas germinan perfectamente en una atmósfera normal, con un 21% de oxígeno. Sin embargo, las semillas de especies que viven en medios acuáticos ó encharcados, donde el oxígeno escasea, germinan mejor si la concentración de este gas es baja (5-10%) (Baskin y Baskin, 1988; Camacho, 1994).

Para que la germinación de la semilla se lleve a cabo, el oxígeno disuelto en el agua de imbibición debe poder llegar hasta el embrión. Es por esto, que algunos elementos químicos ó estructurales presentes, a veces, en la cubierta seminal (compuestos fenolíticos, capas mucilaginosas y macroesclereidas) capaces de reducir la difusión de oxígeno pueden llegar a ser verdaderos obstáculos para la germinación de la semilla de muchas especies. Hay que tener en cuenta que a medida que aumenta la cantidad de agua puesta a disposición de la semilla, disminuye la cantidad de oxígeno que llega al embrión. La temperatura ambiente afecta, por un lado a la velocidad de consumo de oxígeno por el embrión y modifica inversamente, por otro, la solubilidad del mismo oxígeno en el agua que absorbe la semilla.

La luz es importante porque las semillas que no tienen problemas de dormancia germinan igualmente con luz ó en condiciones de oscuridad, otras presentan altos porcentajes de germinación bajo condiciones de luz que sin la presencia de ésta y viceversa (Grime *et al.*, 1981; Baskin y Baskin, 1988). Otras semillas requieren pasar por un período de temperaturas bajas durante el invierno para poder germinar con la luz durante la primavera, en contraste con semillas que germinan durante el otoño, pero que requieren de

haber pasado por alta intensidad de luz durante el verano (Baskin y Baskin, 1977; Baskin y Baskin, 1982; Baskin y Baskin, 1988). Por ejemplo, semillas de *Cyperus inflexus* Muhl. que fueron expuestas a luz solamente durante el invierno, no germinaron en la oscuridad durante la primavera (Baskin y Baskin, 1971), pero algunas semillas de *Aster pilosus* Willd expuestas a la luz solamente durante el invierno, germinaron en la oscuridad durante la primavera (Baskin y Baskin, 1985).

### **Determinación de la pureza.**

Tiene como objetivo determinar la composición de las semillas y cuantificar las clases de semillas contenidas en un lote. Se consideran semillas puras, semillas de otras especies y materia inerte. Para determinar la pureza, el tamaño de la muestra debe ser de un peso estimado que contenga por lo menos 2,500 semillas, sujeto a un mínimo de 0.5 g y un máximo de 1.0 g. En un análisis de pureza, todas las semillas de la misma especie (aunque sean de variedades diferentes) se consideran semilla pura. Sin embargo, una mezcla de variedades disminuye la calidad del lote de semillas. En un análisis de pureza varietal sólo se considera semilla pura a la semilla de la variedad especificada. Existen varios tipos de pruebas de pureza varietal: La separación con base en las características visibles de la semilla, la separación con base en las características de la plántula, la respuesta de la semilla a condiciones artificiales y la respuesta de la plántula a condiciones químicas o ambientales (Cardozo, 2003).

### **Determinación de la viabilidad.**

La viabilidad puede determinarse por varias pruebas, siendo las más importantes las de germinación directa, de embrión separado (esto se refiere al embrión limpio sin glumas ó pericarpio) y la de tetrazolium. En la prueba de germinación directa, el porcentaje de

germinación se determina por la cantidad de plántulas normales producidas por la semilla pura de la clase que se examina. Para tener una prueba adecuada, se debe usar cuando menos 400 semillas, tomadas al azar, divididas en lotes de 100 cada uno. Si cualquiera de esos lotes difiere en más de 10%, se debe repetir la prueba. De otro modo, el promedio de las cuatro pruebas es el porcentaje de germinación real de la muestra (Hartmann y Kester, 1988).

Una consideración importante es la del lugar que ocupan las semillas en la conservación de la biodiversidad y como fuente de material para el mejoramiento. Las semillas son repositoras de genes, por lo tanto, deben ser adecuadamente almacenadas y preservadas. Por otro lado, los máximos niveles de longevidad y calidad de las semillas dependerán de la eficiencia con la cual se realice el almacenamiento (Peretti, 1994).

### **Dormancia.**

No todas las especies de semillas germinan fácilmente, algunas presentan ciertos mecanismos que impiden hacerlo. A estas semillas se les conoce como latentes y para germinar requieren de un tratamiento de escarificación física ó química (Borboa *et al.*, 2002). Dormancia es sinónimo de letargo, latencia y reposo (INCA, 1982). Letargo un término difícil de definir (Amen, 1968). Pero en forma generalizada, el letargo ó dormancia es el estado en que se encuentra una semilla viable sin que germine (Camacho, 1994), aunque disponga de suficiente humedad para embeberse, una aeración similar a la de las primeras capas de un suelo bien ventilado y una temperatura que se encuentre entre 10 y 30 °C. Así por ejemplo: semillas de *Echinochloa turnerana* requieren de 28 semanas de almacenamiento seco y a temperatura controlada (28 °C) para perder la dormancia (Conover y Geiger, 1984). Semillas de zacate popotillo plateado *Digitaria ischaemum*

(Schreber) Muhl. requieren ocho semanas de estratificación fría a 3 °C ó un año de almacenamiento seco para eliminar la dormancia (Toole y Toole, 1941).

### **La prueba con Tetrazolium.**

Debido al problema de latencia, es necesario hacer una prueba rápida y efectiva para medir la capacidad de germinación de las semillas forestales y otras (Merlín, 1987). Un nuevo tipo de análisis se utiliza para la calidad de las semillas basado en el teñido químico diferencial de los tejidos fuertes, débiles y muertos. De las sustancias químicas que se han empleado, las sales de tetrazolium son las más prometedoras y ampliamente usadas (Colbry *et al.*, 1961). Los tetrazoles son sustancias incoloras que al reducir las, por ejemplo con azúcar, se transforman en productos intensamente coloreados y poco solubles, denominados formazanos, por ello constituyen reactivos válidos para visualizar procesos biológicos de reducción (Merlín, 1987) esta prueba fue desarrollada en Alemania en 1940 por Georg Lakon quien se refirió a ella como una prueba topográfica, ya que la pérdida de la viabilidad del embrión empieza a aparecer en las extremidades de la radícula, el epicotilo y en las puntas de los cotiledones (Moore, 1973; Flores, 2004). El tetrazolium es soluble en agua, formando una solución incolora. Aunque la solución se deteriora con la exposición a la luz, permanece en buenas condiciones durante varios meses si se almacena en un frasco oscuro. La solución debe descartarse si se vuelve de color amarillo. Por lo común se usa una solución de 0.1 a 1.0% de concentración y el pH debe de ser de 6 a 7 (Grabe, 1970).

La prueba de tetrazolium es un método bioquímico con el cual la viabilidad de las semillas se determina por el color rojo que aparece cuando las semillas se remojan en una solución de cloruro 2, 3, 5- trifenil tetrazolio (TTC). Los tejidos vivientes cambian el tetrazolium a un compuesto insoluble rojo (químicamente conocido como formazán). En



los tejidos no vivientes el tetrazolium permanece incoloro. La prueba es positiva en presencia de las enzimas deshidrogenadas. La reacción se efectúa tanto en semillas que se encuentran en letargo, como en las que no lo presentan (Flemion y Poole, 1948). Los resultados pueden obtenerse dentro de un plazo de 24 horas, a veces en 2 ó 3 horas.

La prueba distingue en una semilla individual, los tejidos vivientes y no vivientes y puede indicar debilidad antes que la germinación se efectúe. Las áreas necróticas pueden ser atacadas por organismos patógenos y las semillas que tienen esos tejidos muertos pueden descomponerse durante la escarificación o en condiciones desfavorables de suelo, producir germinación reducida.

En manos de un técnico competente, esta prueba puede utilizarse para evaluar la calidad y como herramienta en una investigación de las semillas. Por otra parte, esta prueba puede no ser adecuada para medir cierto tipo de lesiones ó daños que pueden conducir a anormalidad de las plántulas, por ejemplo, una sobredosis de sustancias químicas, enfermedades en las semillas ó daños por heladas ó temperaturas altas. Para evaluar los resultados se requiere seguir procedimientos estandarizados, además de tener habilidad (Moore, 1973).

Según Don y McLaren (2005), en Estados Unidos de América, existen alrededor de 60 laboratorios certificados para llevar a cabo la prueba de viabilidad mediante el método del tetrazolium. Cuando se usa esta prueba, la viabilidad de las semillas se identifica en dos categorías: viable y no viable de acuerdo a los patrones de coloración del embrión en la semilla, que significa el vigor que una semilla tiene ó posee. Se requiere que el embrión esté completamente teñido con la coloración roja, para considerarse como una semilla viable de acuerdo a las reglas de la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas

(ISTA). La ISTA, es la que se encarga de regular el grado de aceptación en la variación de los patrones de coloración de las diferentes semillas (Don y McLaren, 2005).

Los resultados de la prueba de TTC utilizada para determinar viabilidad de la semilla en diferentes especies y analizada en el laboratorio, es efectiva en un 93% (Don y McLaren, 2005).

### **Importancia de la semilla en siembra de especies.**

De todas las plantas de la superficie de la tierra, las gramíneas son las mas numerosas, extendidas y de mayor importancia para la especie humana. Además las gramíneas son la base de la industria ganadera y sostienen en gran proporción a la fauna silvestre, tanto por su valor ecológico como económico. A las gramíneas se les encuentra desde el nivel del mar hasta en las grandes altitudes de más de 6,000 msnm, desde el Ártico al Polo Sur, en todo tipo de suelos, topografías y climas. Para México se reportan mas de 1,000 especies de las cuales, poco más del 25% se encuentran en el estado de Sonora, desde el nivel del mar y desierto hasta los bosques de pino. El estado de Sonora, segundo en extensión en el país, tiene una superficie de 18'543,050 ha, con una diversidad de suelos, topografía y climas muy extremosos, que dan lugar a una vegetación compuesta por 22 tipos agrupados en bosques, pastizales, matorrales, selva, agrupaciones de hálofilas, vegetación de dunas y manglares; en todos los tipos de vegetación están presentes las gramíneas (Beetle *et al.*, 1991).

En zonas áridas y semiáridas, el principal factor que limita el desarrollo adecuado de la ganadería es la falta de forraje como consecuencia de lo escaso y errático de la precipitación. Esta situación se ha venido agravando debido a la sobreutilización que se ha hecho de los recursos del pastizal, lo cual ha ocasionado la desaparición de muchas de las

especies forrajeras deseables en este tipo de ecosistemas. Las practicas de revegetación de pastizales además de ofrecer la posibilidad de incrementar la disponibilidad de forraje y reducir los riesgos de erosión, permiten también mejorar la calidad nutritiva del forraje disponible, sin embargo se requiere conocer cuales son las mejores especies y prácticas de establecimiento y manejo para lograr tener éxito. Tal es el caso del trasplante de arbustos forrajeros, los cuales ofrecen un forraje rico en proteínas durante la época de sequía y son altamente preferidos por el ganado (INIFAP, 1997).

### **Factores que determinan la calidad de la semilla.**

La expresión del potencial genético de la variedad no se logra a plenitud, si no se presentan ciertas condiciones favorables: ambiente (clima-suelo), manejo tecnológico adecuado y calidad de semilla. Al tratar de definir el concepto de calidad en semillas, se podría decir que es un conjunto de cualidades deseables que debe poseer la semilla, que permitan un buen establecimiento del cultivo con plantas vigorosas, sanas y representativas de la variedad en referencia. La calidad en semillas comprende muchos atributos ente ellos se incluyen: La germinación, el vigor, la sanidad, la pureza física y varietal. Para una mejor comprensión, la calidad en semillas puede entenderse como la integración de cuatro componentes a saber: genéticos, físicos, fisiológicos y fitosanitarios (Garay, 1985).

### **Costo de semilla de especies forrajeras.**

El precio de la semilla de pastos es muy variable entre especies y entre países y está en función de la calidad de la misma, que a su vez esta en función de la germinación y pureza de las mismas. El costo de las semillas varía entre 72 y 348 pesos por kilogramo (Pawnee Buttes Seed, 2010).

El costo de la siembra de zacates varía de \$1,000 a \$1,600 por hectárea en terrenos planos, dependiendo del tipo de preparación de la cama de siembra, características del terreno y especies a sembrar. En terrenos quebrados e invadidos con especies indeseables como chirahui, brasil y vinorama, este costo puede llegar a duplicarse. Con la siembra o intersiembra de estas especies en agostaderos deteriorados se pueden esperar incrementos anuales de 35 a 350% en la densidad de plantas, de 100 a 800% en la cobertura basal y aérea de cada planta, dando como resultado un incremento de 200 a 900% en la producción de forraje. Estos incrementos pueden mantenerse por un periodo superior a los 5 años, siempre y cuando se lleve a cabo un manejo adecuado del agostadero (Ibarra *et al.*, 2007).

El costo total de la tecnología que incluye semilla, análisis de suelo, rastreo cruzado, barbecho, bordeadora, siembra y tapado varía de \$1,350 hasta \$2,000 por hectárea, dependiendo de la especie de pasto y las prácticas realizadas. El costo con transplante es de 10 centavos por planta producida sin incluir las instalaciones. El transplante tiene un costo de 3 jornales/ha/día. La semilla de pastos sólo se puede conseguir en Estados Unidos a un precio de 8 a 25 US dólares por kg, dependiendo de la especie (Jurado y Esqueda, 2007).

#### **Algunas especies forrajeras importantes del pastizal mediano.**

La siembra de pastos y arbustos adaptados a las condiciones de clima y suelo de cada región, es sin lugar a duda, la práctica más conveniente para recuperar la cubierta vegetal e incrementar la producción de forraje y carne en los agostaderos. Existen muchas especies que se pueden utilizar para rehabilitar agostaderos. Entre las más comunes se encuentran: zacates, como el navajita, banderilla, tempranero, punta blanca, klein, panizo azul y buffel; (salvo este último, los demás son difíciles de conseguir en el mercado nacional) y los arbustos y árboles, como el chamizo, zámota, palo verde, palo dulce, palo

fierro, mezquite y cósahui del norte, entre otros (Ibarra y Martín 1995). Sin embargo no existe semilla en el mercado local, por lo que las personas interesadas deben cosechar su propia semilla para la siembra, o bien acudir a los viveros de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) para conseguir plantas listas para trasplantar (Ibarra *et al.*, 2007).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción del sitio de estudio.

El presente estudio se realizó en el Rancho Experimental de la Universidad de Sonora *Campus* Santa Ana, el cual se localiza a 16 km al Este de la ciudad de Cananea, Sonora, sobre la carretera que comunica dicha ciudad con el poblado de Bacoachi (30° 58' 26.1" Latitud Norte y 110° 08' 22" Longitud Oeste) y en el Rancho "Mababi" que se localiza 45 km al Oeste de Fronteras, Sonora (30° 45' 52.2" Latitud Norte y 109° 46' 28.4" Longitud Oeste) (Figura 1). El sitio de estudio de Cananea, Sonora, se encuentra a 1,409 msnm, en un área de transición de pastizal mediano abierto y pastizal arbofrutescente en condición regular (Universidad de Sonora, 1967). La topografía del sitio es uniforme, con planos y lomeríos bajos, con pendientes que varían del 3 al 7%. El tipo del suelo sobre el cual se localiza el sitio se define como castañozem háplico (FAO-UNESCO, 1975), es de textura migajón arenoso y de profundidad mediana >50 cm. El clima es templado semiseco BS'kw (x') (e'), con régimen pluvial preferentemente de verano (García, 1973). La precipitación y la temperatura media anual son de 520 mm y 16.3 °C respectivamente.

En ambos sitios de estudio la vegetación esta representada principalmente por herbáceas, seguida en orden de importancia por arbustos y árboles. En el estrato inferior predominan los zacates navajita azul *Bouteloua gracilis*, navajita morada *Bouteloua chondrosioides*, navajita velluda *Bouteloua hirsuta*, navajita negra *Bouteloua eriopoda*, navajita roja *Bouteloua radicata*, navajita delgada *Bouteloua repens*, navajita alacrán *Bouteloua scorpioides*, banderilla *Bouteloua curtipendula*, zacate toboso *Hilaria mutica*, zacate galleta *Hilaria belangeri*, zacate lobero *Lycurus phleoides*, zacate tres barbas *Aristida adscensionis* variedad *decolorata*, tres barbas de Arizona *Aristida arizonica*, tres

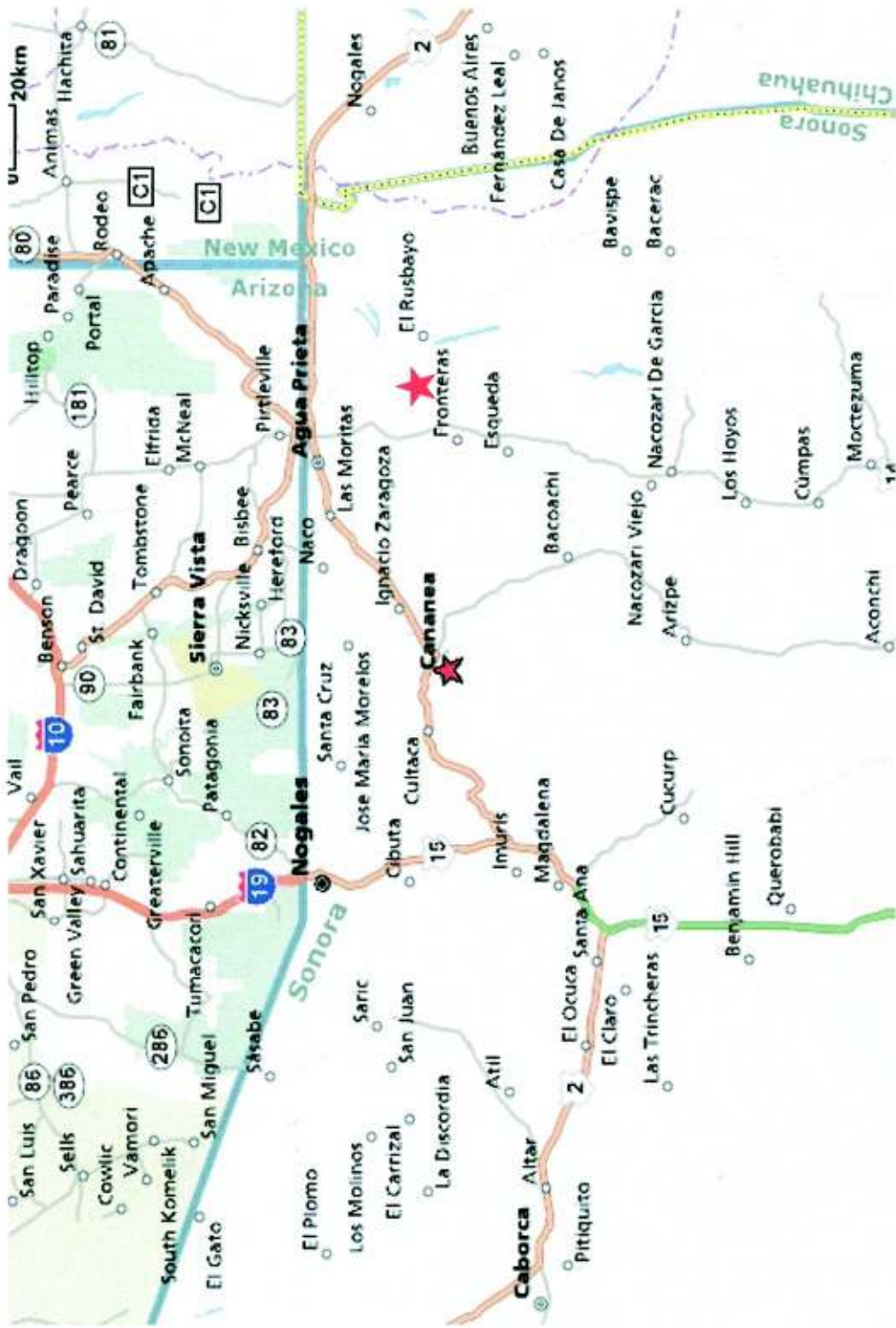


Figura 1. Localización de los sitios de estudio.

barbas barbados *Aristida barbata*, entre otros (Beetle *et al.*, 1991). En el estrato superior predominan las especies de mezquite *Prosopis juliflora*, palmilla *Nolina texana*, tascale *Juniperus spp.*, uña de gato *Acacia greggii*, cosahui del norte *Calliandra eriophylla*, encino *Quercus spp.*, y agave *Agave spp.*, entre otros (Universidad de Sonora, 1967; COTECOCA, 1988).

### **Metodología.**

Durante el verano del 2007 se seleccionaron nueve sitios experimentales en dos sitios de estudio en el norte de Sonora; tres donde predominó el zacate banderilla, tres donde predominó navajita morada y tres donde predominó el zacate navajita velluda. El sitio experimental se cercó con alambre de púas para protegerlo del pastoreo del ganado durante el periodo de estudio.

Cada parcela experimental tuvo una superficie de 4 x 5 m (20 m<sup>2</sup>). En cada parcela se determinó la densidad de plantas, la altura promedio y la producción de semilla. La densidad de plantas se determinó cuantificando el total de individuos de la misma especie en la parcela experimental. La altura se determinó con una cinta métrica, midiendo 10 plantas seleccionadas al azar por parcela. La producción de semilla se determinó pizcando manualmente la semilla producida dentro de la parcela experimental. Todas las evaluaciones se realizaron al final del periodo del crecimiento activo de las plantas. La semilla cosechada se secó, se pesó y se guardó en frascos de vidrio para determinar posteriormente su calidad. Como se trata de poblaciones naturales de pastos, es muy probable que se disponga de muy variables especies en cada sitio de muestreo, por lo que se consideró solo la especie en estudio.



La calidad de la semilla en los tres zacates se evaluó con base en germinación, pureza y viabilidad. La prueba de germinación se realizó en una germinadora de doble cámara. Se usaron cajas *petri* de 12 cm de diámetro y como sustrato se utilizó papel filtro *Watman* No. 13. Se usaron cuatro repeticiones con 100 semillas cada una y las pruebas se realizaron de acuerdo con el método descrito por AOSA, (1960). La pureza se determinó en diez muestras de 50 g de semilla de cada ecotipo. Ésta se calculó por diferencia de peso (g) separando la semilla limpia de la basura (hojas, pedazos de tallos, raquis), materia inerte (piedras) y otras semillas. La viabilidad de la semilla se determinó en tres grupos de 100 semillas cada uno, utilizando la prueba de sales de tetrazolium de acuerdo a la metodología descrita por Colbry *et al.*, (1961) y Kozlowski, (1972). Las semillas se sumergieron por un periodo de 48 horas en la solución de tetrazolium a temperatura ambiente. Una vez cumplido este tiempo, a la semilla se le realizó un corte longitudinal con una navaja de disección para observarlas en un microscopio y determinar el grado de coloración del embrión (Ruiz, 2004). La calidad de la semilla se expresó en base a semilla pura viva (SPV).

Se realizó un análisis económico para comparar los costos de producción de la semilla de los tres zacates en estudio bajo condiciones naturales, con los costos actuales de venta en las principales productoras de semilla en México y en los Estados Unidos de Norteamérica.

Las consideraciones realizadas en el costo de la semilla nacional son las siguientes: La producción de semilla de cada variedad se determinó promediando la cantidad de semilla cosechada por metro cuadrado dentro de cada sitio de estudio en cada predio y año de evaluación. La semilla pura viva (SPV) se determinó multiplicando la germinación por la pureza dividida entre 100 (Granite Seed Co., 2009). El costo de la cosecha se estimó

considerando el doble del costo promedio de cosecha de semilla de zacate buffel logrado con peine manual en el centro de Sonora; donde en un turno de 8 horas se cosechan en promedio 20 kg de semilla seca que se venden en \$18.00/kg; por lo que el costo de la cosecha de las semillas en este estudio representa \$36.00/kg. Para estimar el costo de manejo y transporte de la semilla después de cosechada, se consideró un 15% adicional al costo de cosecha de la misma. El costo total de la semilla bruta resulta de la suma del costo de cosecha más el costo de manejo y transporte, independientemente de la calidad de la misma. Para homogenizar precios en función de calidad para toda la semilla, el costo final total por kilogramo para cada pasto se obtuvo con base en la semilla pura viva.

Para el caso de la semilla de pastos importada de los Estados Unidos de Norte América, en el cálculo de los costos de la semilla, se utilizaron listas oficiales de precios vigentes proporcionadas por las mismas compañías productoras (BLM, 2009; Hajar, 2009). Para estimar el costo de manejo y transporte de la semilla después de comprada, se consideró un 20% adicional al precio de la misma, por conceptos de gastos extras de traslado del lugar de origen a la frontera, pruebas sanitarias adicionales y manejos aduanales. Todas las demás variables fueron analizadas en forma similar tomando en cuenta los mismos criterios considerados para la semilla de origen nacional. Para el caso de la semilla importada se transformaron las libras en kilogramos y los dólares en pesos considerando una paridad de \$13.73 pesos por dólar.

### **Diseño experimental y análisis estadístico.**

El diseño experimental que se utilizó en ambos sitios de estudio fue de bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron tres especies las cuales fueron zacate banderilla, navajita morada y navajita velluda, las cuales fueron consideradas como

tratamientos, cada variable evaluada (densidad, altura, producción de semilla, germinación, pureza y viabilidad), como lo muestran las figuras 2, 3, 4 y 5, se analizó individualmente mediante un análisis de varianza simple (Zar, 1984). Cuando se detectaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos, se utilizó la prueba de Duncan para la comparación de medias (Steel y Torrie, 1980). Todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico COSTAT (COSTAT, 2002).



Figura 2. Ilustración que muestra los trabajos de campo para determinar la altura de las plantas en Cananea y Fronteras, Sonora, México.



Figura 3. Ilustración que muestra la forma como se determinó la cobertura basal de las plantas en Cananea y Fronteras, Sonora, México.



Figura 4. Ilustración que muestra la cosecha de semilla para determinar su producción en Cananea y Fronteras, Sonora, México.

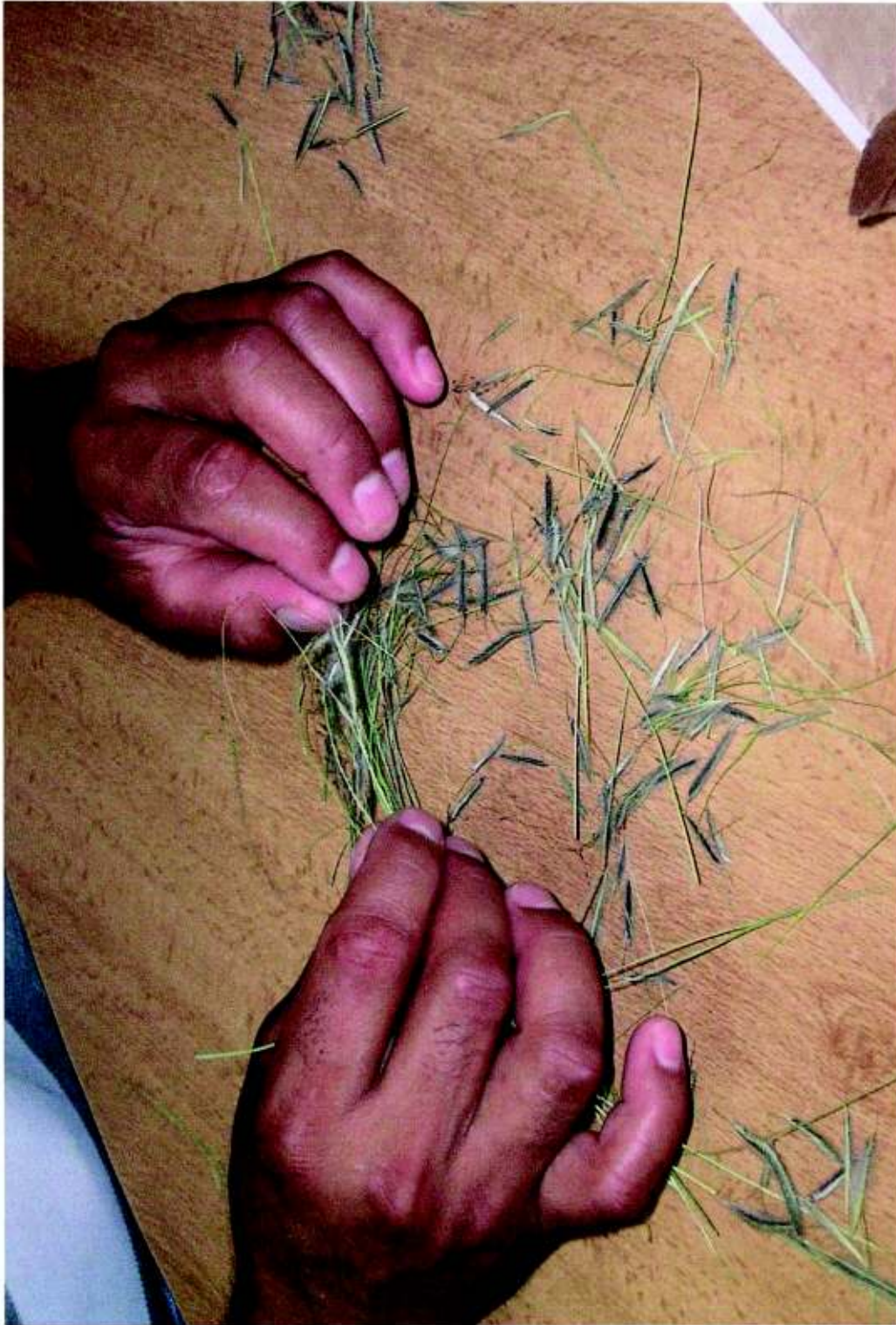


Figura 5. Ilustración que muestra la forma en que se limpió la semilla para determinar su pureza en Cananea y Fronteras, Sonora, México.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación registrada durante el 2007, en la estación climatológica más cercana al sitio de estudio fue de 400.5 mm. Durante ese año fue cuando se realizaron las evaluaciones para estimar la producción y calidad de semilla de las especies nativas en el agostadero. La precipitación durante ese mismo año en el sitio Fronteras fue de 452.52 mm. Como se puede observar, a pesar de que la precipitación estuvo retrasada durante el verano, el total anual recibido estuvo cerca de la media regional en ambos sitios de estudio en los últimos 57 años que es de 452.54 mm (Figura 6).

### **Densidad de plantas.**

La densidad de plantas fue diferente entre especies pero resultó similar entre localidades ( $P \geq 0.05$ ) (Figura 7). En la especie de navajita morada se obtuvo una densidad de 54.0 y 55.6 p/m<sup>2</sup> en Cananea y Fronteras, respectivamente, los cuales resultaron similares. En la especie de navajita velluda se obtuvo una densidad de 64.7 y 58.7 p/m<sup>2</sup> en Cananea y Fronteras, respectivamente, las cuales resultaron también similares. En la especie de banderilla se obtuvo una densidad de 26.0 y 35.7 p/m<sup>2</sup> en Cananea y Fronteras, respectivamente, las cuales resultaron también similares. La alta variabilidad en los muestreos de vegetación posiblemente es el responsable de que no se detectara diferencia estadística en los sitios de estudio.

De acuerdo con Holecheck *et al.* (2004), las medidas de densidad y frecuencia de plantas se utilizan comúnmente para determinar la supervivencia de la planta en respuesta al pastoreo y sequía, establecimiento de la planta, y tendencia del pastizal. La densidad se define como el número de plantas individuales que hay por área (Avery, 1975). En algunos



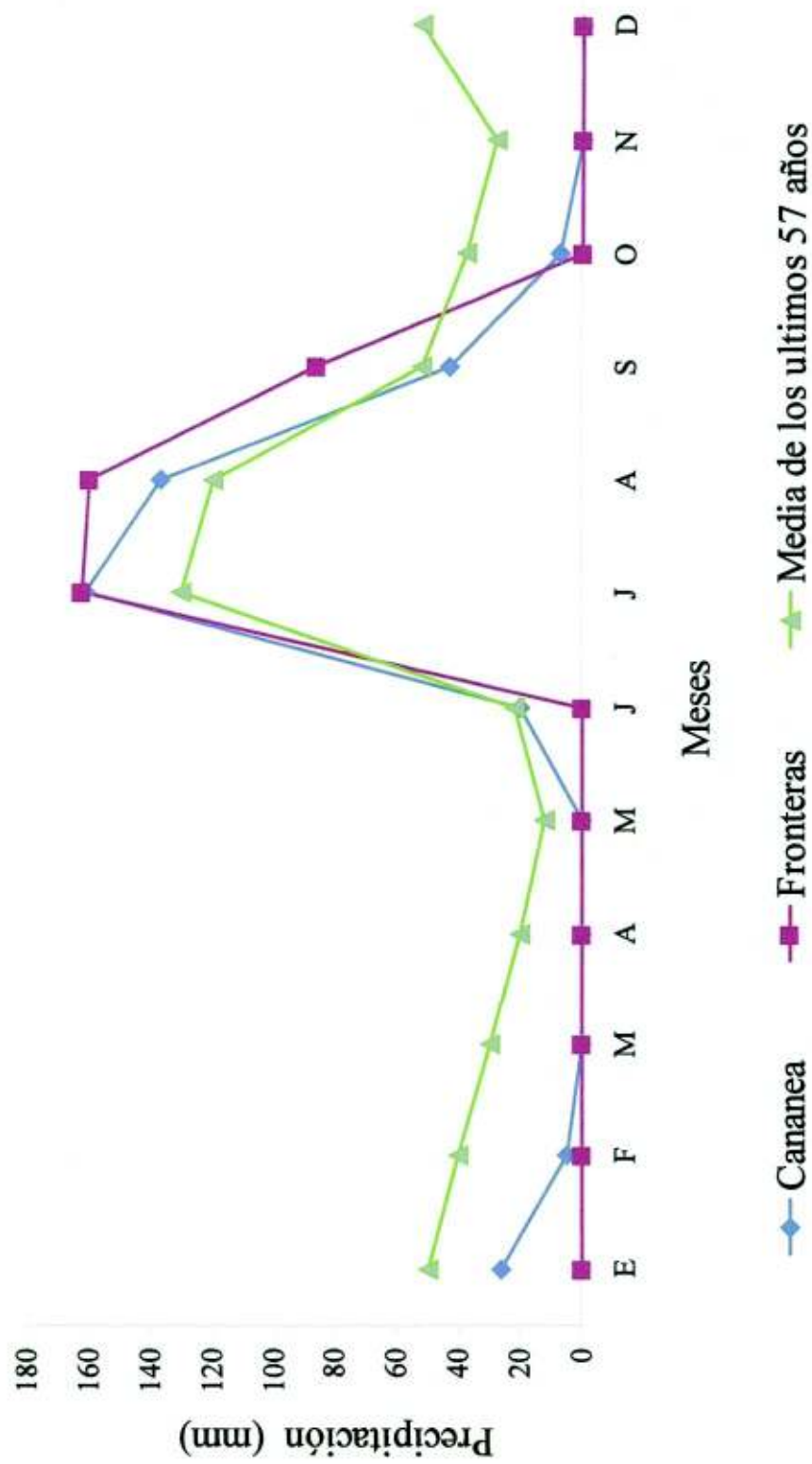


Figura 6. Precipitación mensual (mm) en los sitios de estudio en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), durante el 2007 y promedio de precipitación de la zona durante los últimos 57 años.

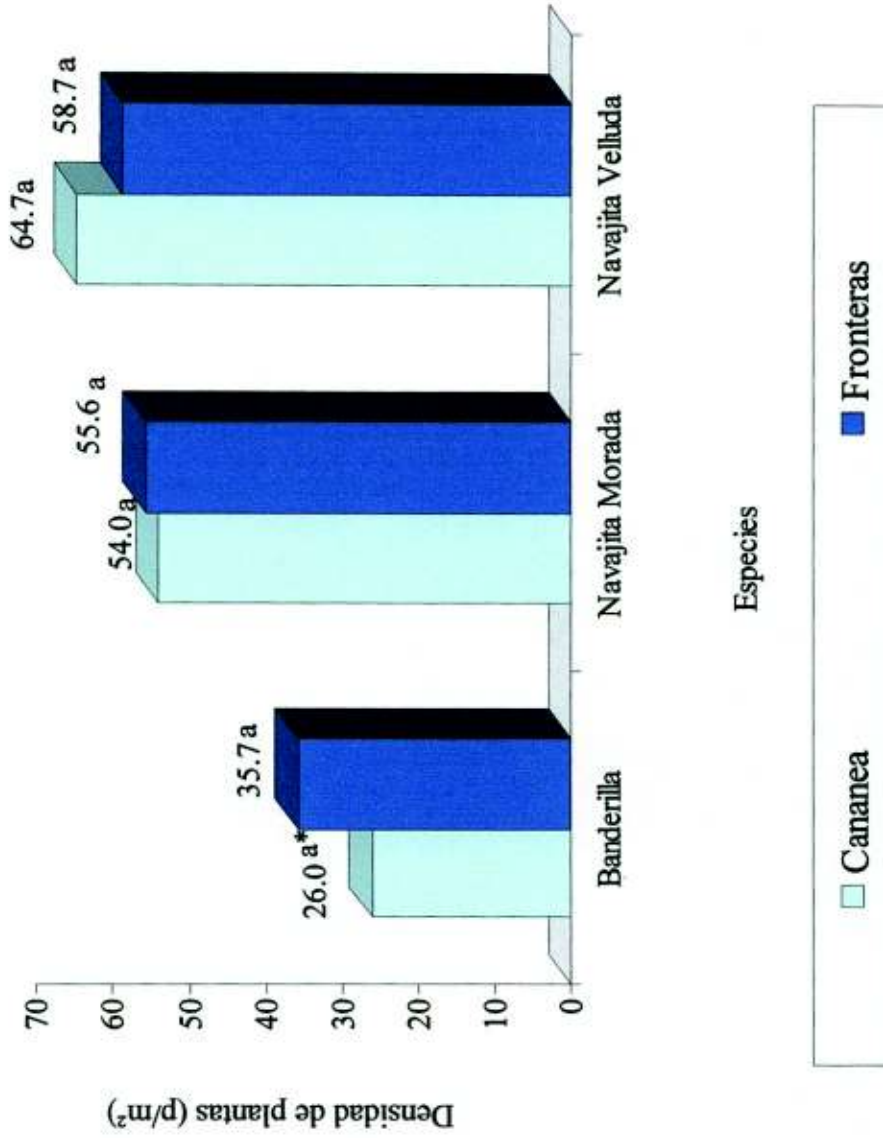


Figura 7. Densidad de plantas (p/m<sup>2</sup>) de 3 especies de pastos en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.

\*Literales distintas indican diferencia (  $P \leq 0.05$  ) entre sitios.

casos, es difícil identificar una planta individual en especies de césped-formación. En estas situaciones, es necesario utilizar unidades como una planta individual. La densidad puede ser determinada contando el número de plantas en cuadros, pero el tamaño del cuadro es crítico. Los cuadros grandes sirven bien para la vegetación con baja densidad pero pueden requerir mucho tiempo para áreas con alta densidad. La frecuencia es la expresión de cantidad de la presencia o de la ausencia de individuos de una especie en una población (Cook y Stubbendieck, 1986; Society for Range Management, 1995). La frecuencia se utiliza para evaluar la distribución de especie de la planta sobre un área y/o cambia típicamente en abundancia de una especie en un cierto tiempo debido al manejo. Se ha utilizado a menudo como una medida de la tendencia del pastizal. El muestreo de frecuencia es rápido y fácil de realizar en el campo. Si uno determina densidad de cuadros, la frecuencia se puede calcular de los mismos datos cuando la frecuencia representa el porcentaje de los cuadros en los cuales la especie está presente. El tamaño de cuadro es crítico con el muestreo de frecuencia. Si el cuadro es demasiado grande, muchas especies puedan tener alta frecuencia, mientras que si el cuadro es demasiado pequeño, las frecuencias podrían ser demasiado pequeñas, especialmente para las especies menos abundantes (Hyder *et al.*, 1971).

### **Altura de plantas.**

La altura de plantas fue diferente entre especies pero resultó similar entre localidades ( $P \geq 0.05$ ) (Figura 8). En la especie de navajita morada se obtuvo una altura de 52.4 y 48.6 cm en Cananea y Fronteras, respectivamente, los cuales resultaron similares. En la especie de navajita velluda se obtuvo una altura de 40.6 y 55.0 cm en Cananea y Fronteras, respectivamente, los cuales resultaron también similares. En la especie de

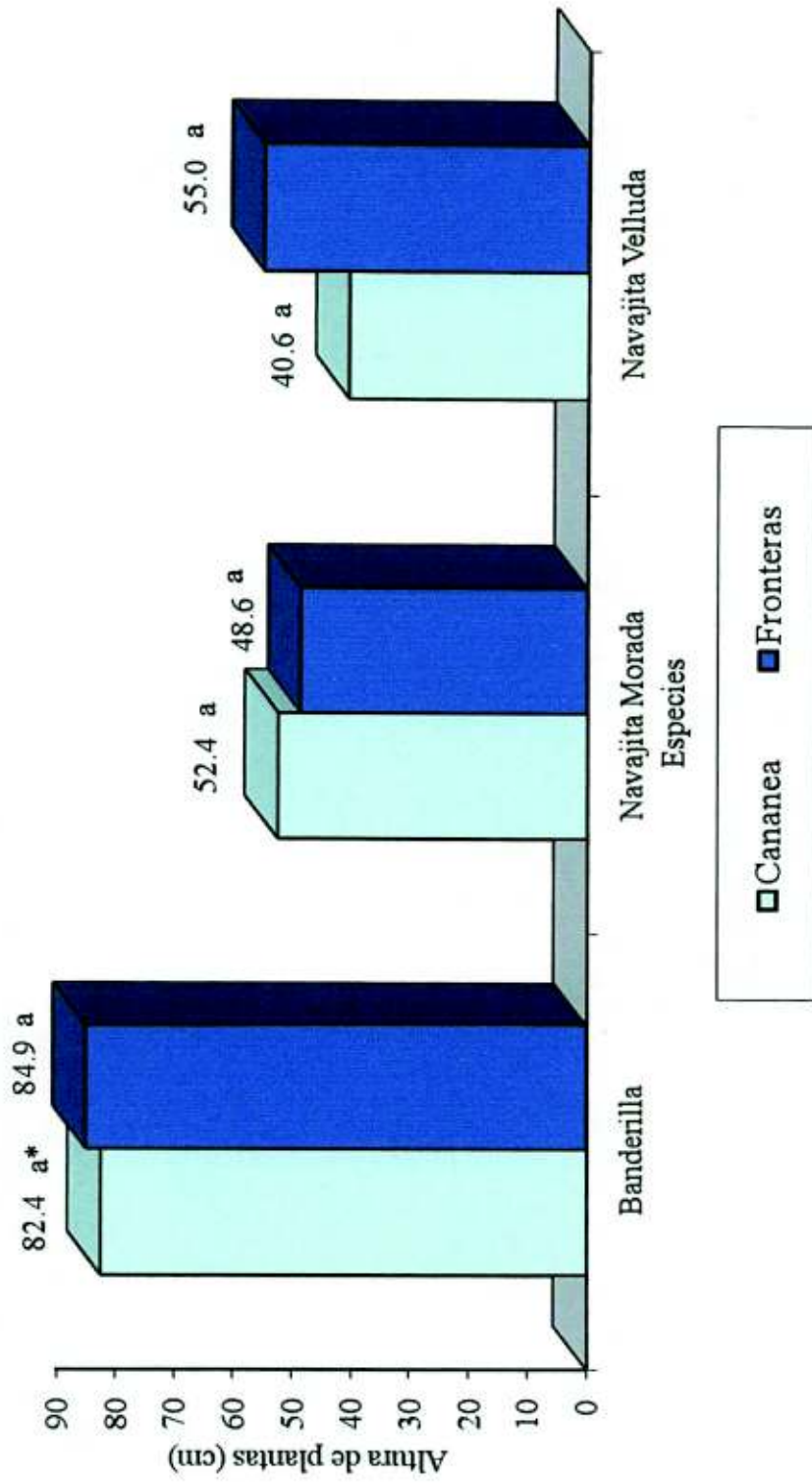


Figura 8. Altura de plantas (cm) de tres especies de pastos en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.

\*Literales distintas indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ) entre sitios.

banderilla se obtuvo una altura de 82.4 y 84.9 cm en Cananea y Fronteras, respectivamente, los cuales también resultaron similares.

De acuerdo con Morel (2001), la altura de las plantas es un aspecto muy importante en el cultivo de muchas plantas florales. Esta variable está muy relacionada con la precipitación registrada en los agostaderos (Vallentine, 1990).

### **Cobertura de plantas.**

La cobertura de plantas fue diferente entre especies pero resultó similar entre localidades ( $P \geq 0.05$ ) (Figura 9). En la especie de zacate navajita morada se obtuvo una cobertura de 7.5 y 7.0% por planta en los sitios de Cananea y Fronteras, respectivamente, los cuales resultaron similares ( $P \geq 0.05$ ). En la especie de navajita velluda se obtuvo una cobertura de 10.0 y 6.8% por planta en Cananea y Fronteras, respectivamente, los cuales también resultaron similares. En la especie de bandera se obtuvo una cobertura de 5.9 y 5.3% por planta en Cananea y Fronteras, respectivamente, los cuales también resultaron similares.

De acuerdo con Cirilo (2000), el sobrepastoreo tiene un efecto negativo en la cobertura, debido a que los animales consumen las plantas que protegen al suelo de la erosión y compactan la superficie del suelo. El sobrepastoreo causa el 35% de todo tipo de degradación del suelo a nivel mundial. Se ha reportado que el sobrepastoreo ha dañado más de 60 millones de hectáreas en México, siendo este problema más agudo en la tierra de agostadero. Un agostadero bien manejado tiene una mayor velocidad de infiltración comparado con un terreno cultivado con la misma pendiente o con un agostadero similar que ha sido sobrepastoreado. Una alta infiltración del agua significa una mayor cobertura vegetal y menor erosión.

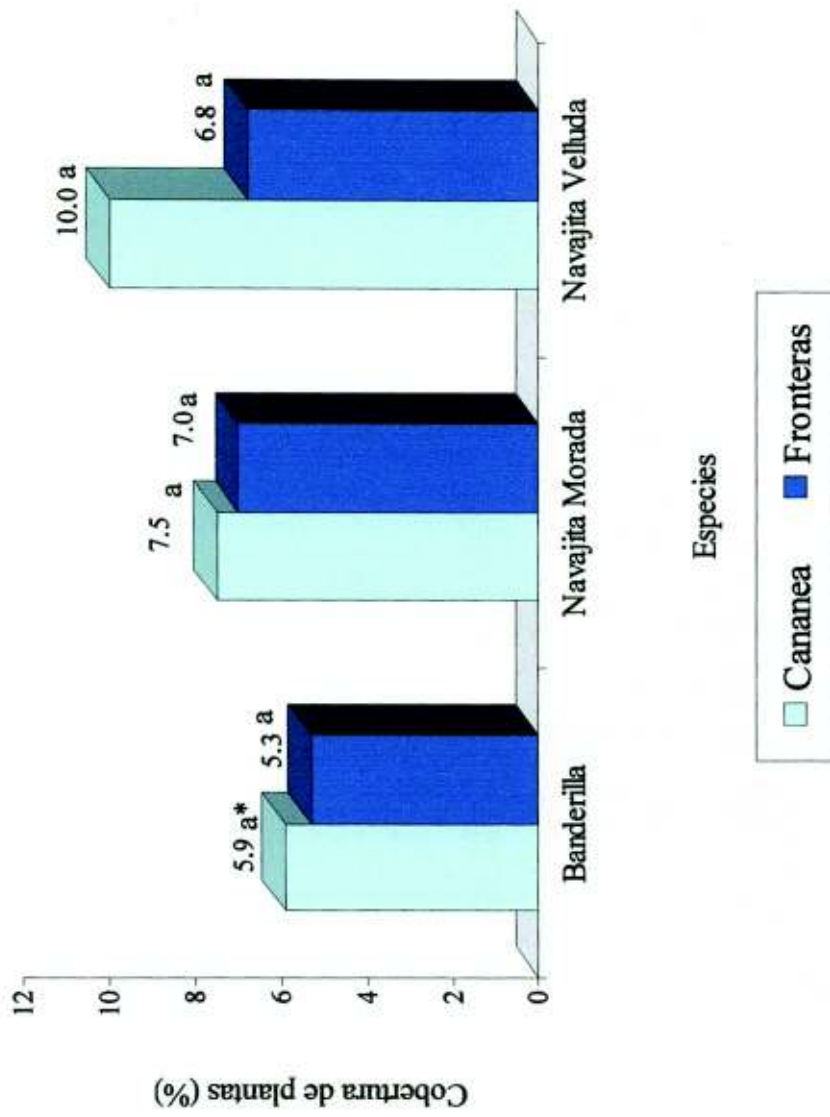


Figura 9. Cobertura basal de plantas (%) de tres especies forrajeras en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.

\*Literales distintas indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ) entre sitios.

De acuerdo con Holecheck *et al.* (2004), las medidas de cobertura se utilizan comúnmente para evaluar la protección del suelo, retención de agua, la condición ecológica del agostadero y la tendencia del pastizal. La cobertura aérea se refiere al área cubierta por la proyección vertical de la corona de plantas sobre la superficie del suelo (Cook y Stubbendieck, 1986). La cobertura o el área basal se refieren al área ocupada en la intersección de la planta y la superficie del suelo. La cobertura arbolada de la planta se expresa a menudo en términos de la cubierta aérea cuando el área basal de árboles y de arbustos es muy pequeña en relación al papel de estas plantas en la comunidad de la planta. El área basal se utiliza frecuentemente para las plantas herbáceas cuando se ha asumido que el área de la base de la planta no fue influenciada grandemente por la precipitación estacional y la temperatura. Sin embargo, los supuestos concernientes a la estabilidad relativa del área basal de zacates puede ser engañoso (Young, 1999). La determinación de la cubierta se lleva a cabo a menudo para los propósitos de inventario y monitoreo. Normalmente, la cobertura basal es más estable y menos impactada por el clima y los animales en comparación con la cobertura aérea sobre tiempo.

#### **Número de espiguillas.**

El número de espiguillas fue diferente entre especies pero resultó similar entre localidades ( $P \geq 0.05$ ) (Figura 10). En la especie de navajita morada se obtuvo un promedio de 161.7 y 193.3 espiguillas por gramo en Cananea y Fronteras, respectivamente, las cuales resultaron similares. En la especie de navajita velluda se obtuvo un promedio de 109.3 y 50.0 espiguillas por gramo en Cananea y Fronteras, respectivamente, las cuales también resultaron similares. En la especie de banderilla se obtuvo un promedio de 725.0 y

Reg. T.235

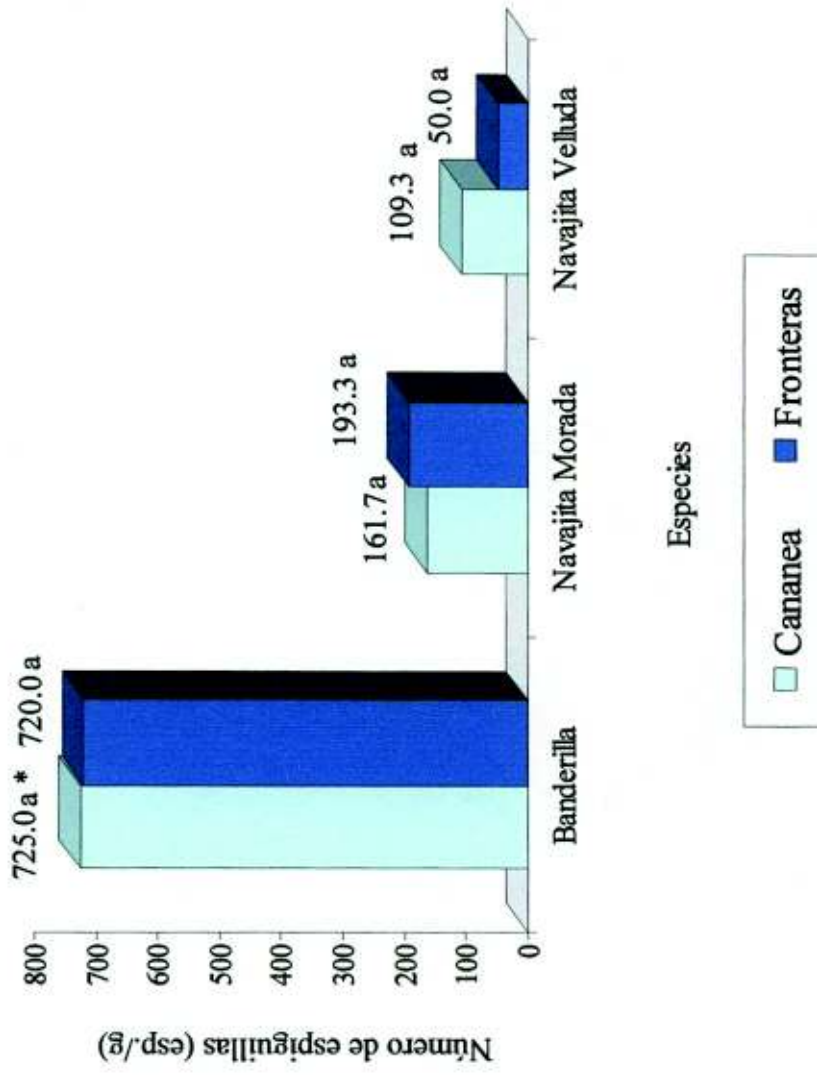


Figura 10. Número de espiguillas (esp./g) de tres especies de pasto en dos sitios de pastizal en el municipio de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.

\*Literales distintas indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ) entre sitios.



720.0 espiguillas por gramo en Cananea y Fronteras, respectivamente, las cuales también resultaron similares.

### **Producción de semilla.**

La producción de semilla fue diferente entre especies pero resultó similar entre localidades ( $P \geq 0.05$ ) (Figura 11). En la especie de navajita morada se obtuvo una producción de 105.5 y 187.2 kg/ha en Cananea y Fronteras, respectivamente, las cuales resultaron similares.

En la especie de navajita velluda se obtuvo una producción de 91.2 y 182.1 kg/ha en Cananea y Fronteras, respectivamente, los cuales resultaron también similares. En la especie de banderilla se obtuvo una producción de 173.3 y 149.9 kg/ha en Cananea y Fronteras, respectivamente, los cuales resultaron también similares.

De acuerdo con Dugarte (1991), existen algunos factores que afectan la producción, la germinación y el vigor de la semilla, tales como: método, distancia y densidad de siembra, fertilización, riego, control de malezas, época de cosecha, condiciones de almacenamiento, enfermedades, período de latencia, semillas duras y anormales. Las áreas de producción requieren de condiciones climáticas bien definidas. Las más adecuadas son aquellas que presentan un período seco para la época de la cosecha. La aplicación de riego en los períodos de crecimiento es necesaria para obtener altos rendimientos y buena calidad. Debe escogerse un suelo con buen drenaje y una adecuada retención de humedad y sin invasión de malezas. La baja fertilidad del suelo se puede corregir con la aplicación de fertilizantes. El establecimiento y manejo de los pastos para la producción de semilla difiere en ciertos aspectos de los requerimientos para la producción de forraje. Especial atención debe dársele a la selección del terreno, propagación de malezas y cultivos previos.

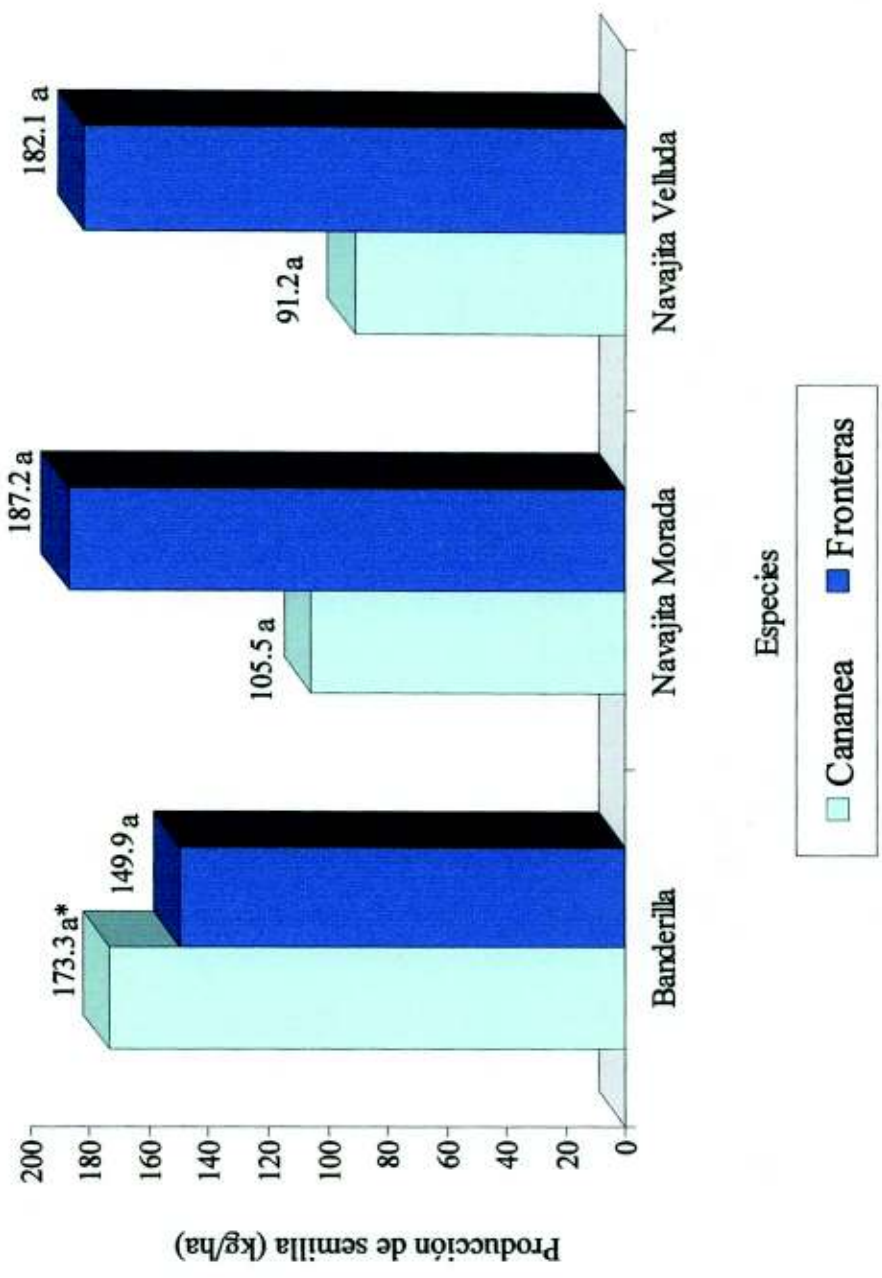


Figura 11. Producción de semilla (kg/ha) de tres especies de pastos en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.

\*Literales distintas indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ) entre sitios.

### **Germinación.**

La germinación de la semilla fue diferente entre especies pero resultó similar entre localidades ( $P \geq 0.05$ ) (Figura 12). En la especie de banderilla se obtuvo una germinación del 75.4% en Cananea y Fronteras. En la especie de navajita morada se obtuvo una germinación del 73.7% en ambos sitios de estudio. En la especie de navajita velluda se obtuvo también una germinación del 73.7% en ambos sitios de estudio.

Según Whitington *et al.*, (1970), las respuestas de algunas semillas a varios factores ambientales pueden estar relacionadas a factores genéticos. Estudios en *Avena fatua* y *A. iudoviciana* han encontrado que el número de genes está involucrado en los requerimientos de temperatura para la germinación. La inhibición de la germinación de *A. fatua* a 5 °C es controlada posiblemente por tres genes recesivos y la falta de germinación de *A. iudoviciana* a 18 °C puede ser controlada por un solo gen recesivo.

### **Viabilidad.**

La viabilidad (SPV) de la semilla fue diferente entre especies pero resultó similar entre localidades ( $P \geq 0.05$ ) (Figura 13). En la especie de banderilla se obtuvo una viabilidad del 66.05% en Cananea y Fronteras. En la especie de navajita morada se obtuvo una viabilidad del 57.97% en ambos sitios de estudio. En la especie de navajita velluda se obtuvo una viabilidad del 60.18% en ambos sitios de estudio.

Según Álvarez (2006), las semillas vivas lograron teñirse de color rojo y aumentaron de dos a tres veces su tamaño en comparación con las semillas muertas. Con respecto a la prueba de viabilidad de las semillas, no se encontró diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre los ecotipos blanco y morado con rangos que variaron de 98 a 99% de viabilidad.

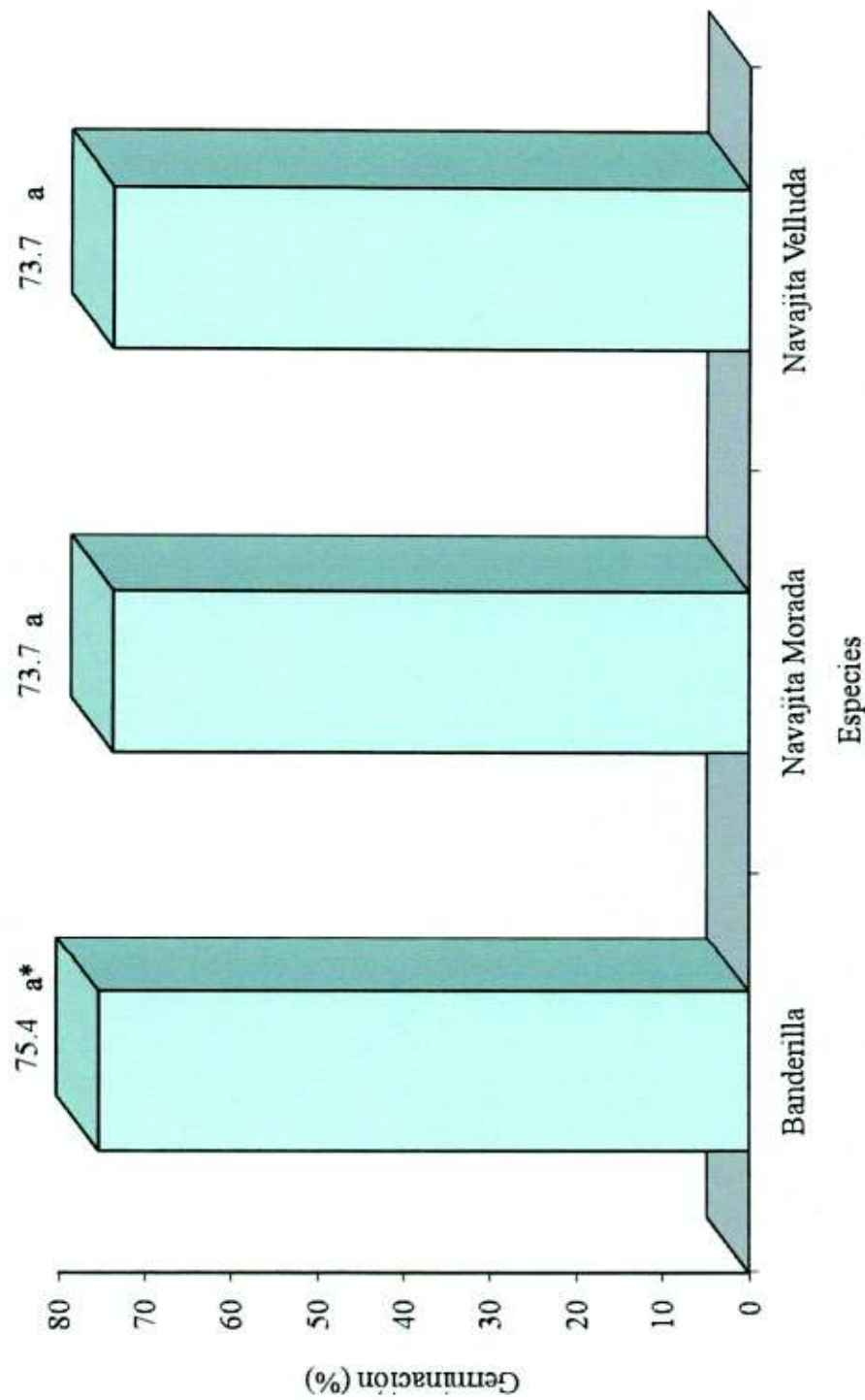


Figura 12. Germinación (%) de tres especies de pastos en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.

\*Literales distintas indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ) entre sitios.

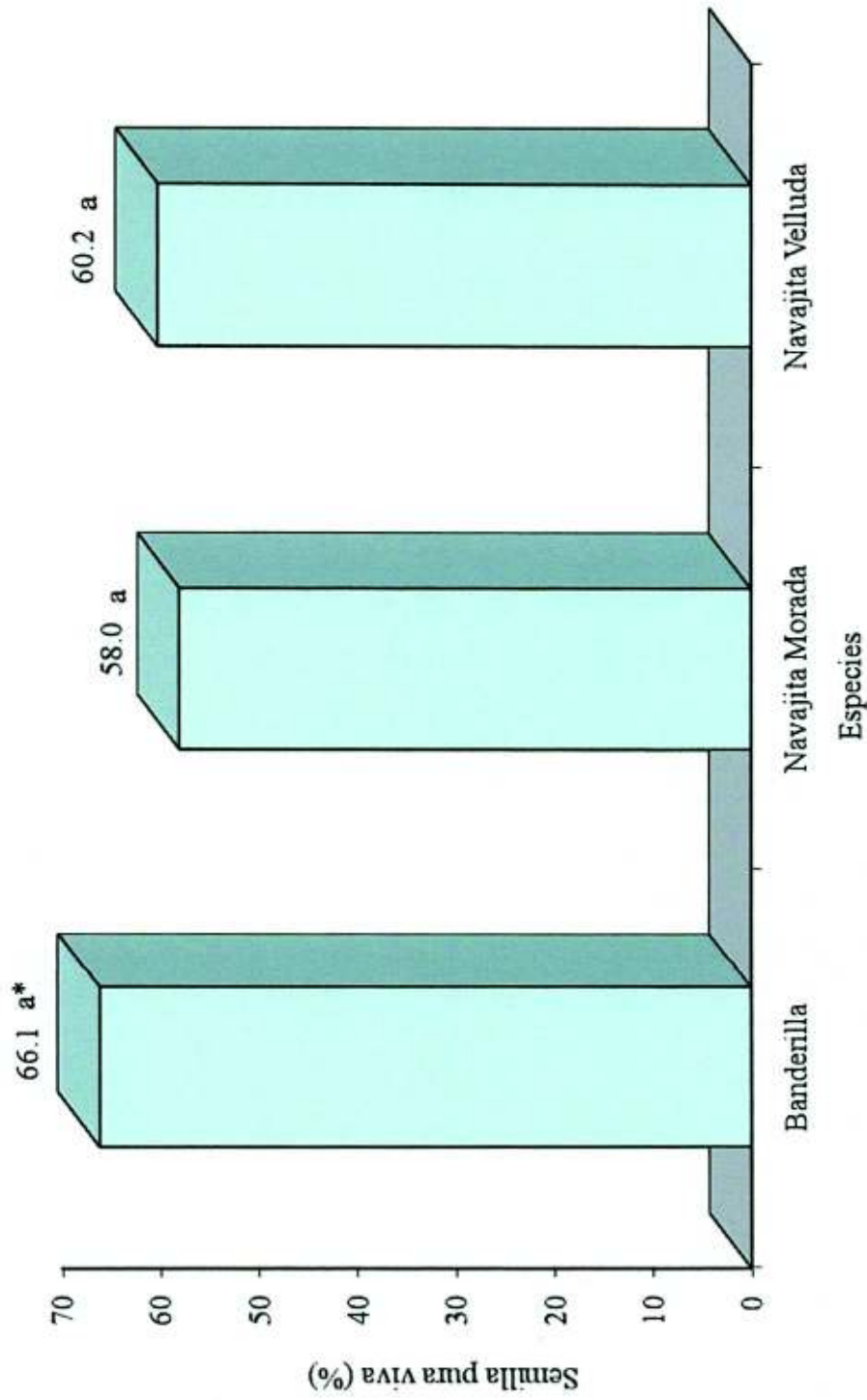


Figura 13. Semilla pura viva (%) de tres especies de pastos en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.

\*Literales distintas indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ) entre sitios.

### **Pureza.**

La pureza de la semilla fue diferente entre especies pero resultó similar entre localidades ( $P \geq 0.05$ ) (Figura 14). En la especie de banderilla se obtuvo una pureza del 87.66% en Cananea y Fronteras. En la especie de navajita morada se obtuvo una pureza del 78.66% en ambos sitios de estudio. En la especie de navajita velluda se obtuvo una pureza del 81.66% en ambos sitios de estudio.

### **Comparaciones económicas.**

Las características generales de las semillas incluyendo sus costos aparecen en los Cuadros 1, 2 y 3. La producción de semilla para cada especie evaluada fue similar entre años y entre sitios de evaluación, razón por la cual se promediaron las medias entre años y sitios de estudio. En general la producción anual de semilla también resultó muy similar entre las especies probadas. La producción de semilla del zacate banderilla promedió 161.6 kg/ha, la del zacate navajita velluda 136.65 kg/ha y la de navajita morada 146.35 kg/ha (Cuadro 1). La germinación y pureza también resultaron similares entre especies y fluctuaron entre 73.7 y 75.4% y entre 78.66 y 87.66%, respectivamente. La semilla pura viva (SPV) fue de 66.05% para banderilla, 60.18% para navajita velluda y 57.97% para navajita morada. El costo estimado de cosecha fue de \$36.00/kg de semilla seca para todas las variedades evaluadas. El costo de manejo y transporte fue fijo para los tres pastos (15% adicional del costo de la semilla) siendo este de \$5.40 por kg de semilla. El costo total de la semilla bruta que es la suma resultante de las últimas dos variables fue de \$42.40 para los tres pastos. Los resultados finales indican que el costo total de la semilla base SPV fue de \$62.68, \$68.79 y \$71.41 para los zacates banderilla, navajita velluda y navajita morada, respectivamente.

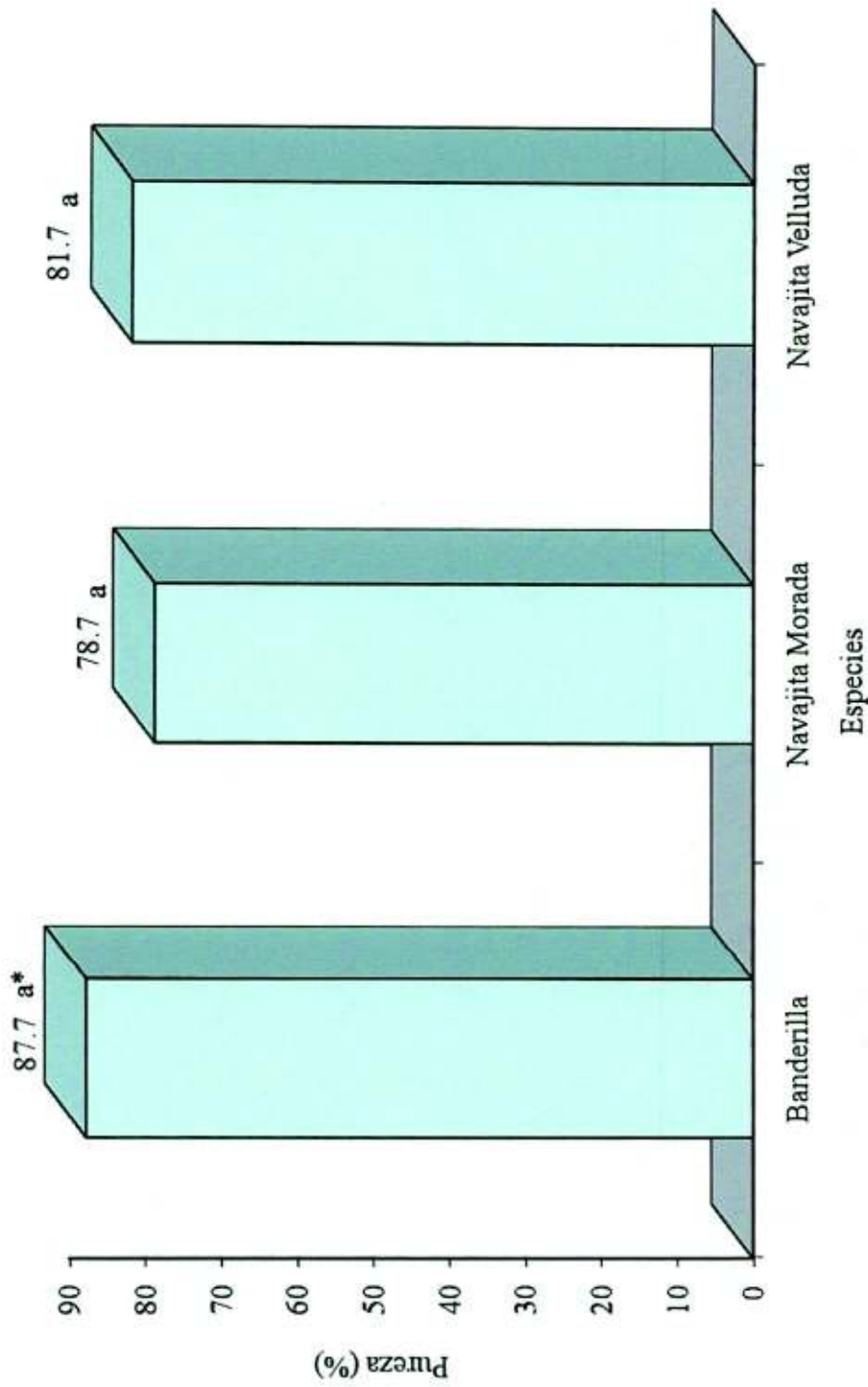


Figura 14. Pureza (%) de tres especies de pastos en dos sitios de pastizal en los municipios de Cananea (UNISON) y Fronteras (Mababi), Sonora.

\*Literales distintas indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ) entre sitios.

Cuadro 1. Características generales y costos (pesos) estimados de la semilla de pastos de origen nacional colectada manualmente en dos predios ganaderos del norte de Sonora, México, durante 2007.

Variable	Banderilla	Navajita velluda	Navajita morada
Producción kg/ha	161.60	136.65	146.35
Germinación (%)	75.40	73.70	73.70
Pureza (%)	87.66	81.66	78.66
Semilla Pura Viva SPV (%)	66.05	60.18	57.97
Costo de cosecha (\$/kg)	36.00	36.00	36.00
Costo de manejo y transporte (\$/kg)	5.40	5.40	5.40
Costo total/kg semilla bruta	41.40	41.40	41.40
Costo total/kg semilla SPV	62.68	68.79	71.41

Cuadro 2. Características generales y costos (US dls) estimados de la semilla de pastos importados de los Estados Unidos de Norteamérica vigentes a enero del 2010. (BLM, 2010; Hijar, 2010).

Variable	Banderilla	Navajita velluda	Navajita morada
Germinación (%)	60.00	60.00	60.00
Pureza (%)	80.00	80.00	80.00
Semilla Pura Viva SPV (%)	48.00	48.00	48.00
Precio LAB (US dls/lb)	9.98	9.75	9.75
Costo de manejo y transporte, pruebas de calidad y sanitarias y manejo aduanales (US dls/lb)	2.00	1.95	1.95
Costo total/libra semilla bruta (US dls/lb)	11.98	11.70	11.70
Costo total de semilla SPV (US dls/lb)	24.96	24.38	24.38

Cuadro 3. Comparación de costos de semilla de pastos de origen nacional e importada base semilla pura viva en pesos mexicanos al 2010. Un dólar = 13.73 pesos.

Costo total por Kg de SPV (pesos/kilogramo)	Banderilla	Navajita velluda	Navajita morada
Semilla nacional	62.68	68.79	71.41
Semilla importada	753.94	736.42	736.42
Diferencia	691.26	667.63	665.01
Proporción comparativa en precios	(11.2↑)	(9.7↑)	(9.3↑)



Cuando la disponibilidad de la semilla de forrajes es baja y los costos son elevados por la importación (González *et al.*, 2006), se requiere de buscar semilla local de buena calidad a menor costo. Estudios realizados en otras regiones de México con clima variado y con diversas especies forrajeras de pastos y arbustos indican que es posible producir semilla de buena calidad tanto bajo condiciones de temporal como bajo en condiciones de riego y fertilización (González *et al.*, 2006; Cuellar y Hernández, 2007; Eguiarte y González, 2007; Herrera, 2008). El tamaño de la semilla y la calidad de la misma tiende a ser mayor en áreas con riego y fertilización y los mejores sitios del agostadero (Jorgensen y Stevens, 2004).

La germinación, pureza y porcentaje de SPV de los pastos importados fue igual entre especies con 60, 80 y 48%, respectivamente (Cuadro 2). El precio libre a bordo (LAB) (US dls/lb) fue de 9.98 para el zacate banderilla y 9.75 para los zacates navajita velluda y morada, respectivamente. El costo por concepto de manejo, transporte, pruebas de calidad, sanitarias y manejos aduanales fue de 20% del precio LAB (US dls/lb) y resultó de \$2.00, \$1.95 y 1.95 para banderilla, navajita velluda y navajita morada, respectivamente. El costo total de la semilla bruta (US dls/lb) que es la suma resultante de las últimas dos variables fue de \$11.98, 11.70 y 11.70 para banderilla, navajita velluda y navajita morada, respectivamente. Los resultados finales indican que el costo total de la semilla base SPV (US dls/lb) fue de \$24.96, \$24.38 y \$24.38 para los zacates banderilla, navajita velluda y navajita morada, respectivamente.

Cuando se comparó el costo total de la semilla por kilogramo de SPV (pesos/kg) entre la semilla de origen nacional e importada se encontró que el kg de semilla de zacate banderilla de procedencia nacional cuesta \$62.68, elevándose a \$753.94 cuando se importa (Cuadro 3). Similarmente, el costo de la semilla del zacate navajita velluda de procedencia nacional es de \$68.79 mientras que se incrementa a \$736.42 cuando se importa. Resultados

similares se observan con el zacate navajita morada ya que el costo de la semilla de procedencia nacional es de \$71.41, mientras que se incrementa a \$736.42 cuando se importa.

Los resultados de este trabajo muestran que la calidad de la semilla regional de los tres pastos en años con lluvia normal es adecuada para la siembra de agostaderos y resulta de 9 a 11 veces más económica en comparación con la semilla importada. Las hipótesis planteadas en este estudio resultaron ciertas ya que los pastos estudiados producen buena cantidad y calidad de semilla en agostaderos en años cercanos o arriba de la media de precipitación. Igualmente, la semilla de pastos cosechada localmente resultó más económica y similar en calidad a la semilla de las mismas especies cosechadas en el extranjero.

Lo anterior resulta interesante si se considera que aún se dispone de pastizales en buena condición para la cosecha de semilla y que siempre es mejor utilizar el germoplasma producido localmente que el obtenido con las especies importadas. Esta práctica además de generar recursos adicionales a los ganaderos que la apliquen, permite reactivar el empleo en los ranchos y estimular el regreso de los trabajadores de las ciudades al campo.

Hay que considerar que la semilla de origen nacional cosechada en agostaderos se debe cosechar en los mejores sitios del rancho y en el mejor tiempo para asegurar que la calidad sea la más apropiada. La cosecha de semilla debe de hacerse solo en años buenos ya que está demostrado que el llenado de la semilla y la germinación de la misma puede variar grandemente de un año seco a un año bueno en lluvia (Vallentine, 1980; Jorgensen y Stevens, 2004). También se tiene que tener buen cuidado de la semilla después de la cosecha ya que esta puede perder mucha calidad cuando es mal manejada. La lluvia,

humedad, calor, rayos directos del sol y la contaminación con diesel, aceite y otros productos químicos mata el embrión de la semilla y reduce su calidad.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye que el zacate navajita morada tiene un comportamiento medio, respecto a las tres especies, en las cinco variables analizadas, el zacate navajita velluda tiene mejor comportamiento en densidad y cobertura y el zacate banderilla es mejor en cuanto a número de espiguillas por gramo, altura de plantas y producción de semilla por hectárea.

La calidad de semilla de origen nacional de los zacates banderilla, navajita velluda y navajita morada es similar a la de la semilla importada la cual resulta entre 9 y 11 veces más costosa en comparación con la semilla nacional.

En años de buena lluvia es posible disponer de buena cantidad y calidad de semilla criolla para la siembra de agostaderos deteriorados, con los que se incrementaría el potencial productivo de los ranchos. Los productores en esos años pueden cosechar semilla buena y económica de pastos y almacenarla para utilizarla posteriormente en la siembra parcial o total de algún potrero del rancho.

Los altos márgenes de ganancia con la cosecha y venta de semilla nacional pueden ser una importante fuente complementaria de ingresos para incrementar las utilidades de productores de escasos recursos económicos. Además de aumentar las ganancias de los productores pecuarios, permite impulsar el empleo temporal en el campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M. R. 2007. La ganadería en Sonora y sus recursos naturales-origen y su historia al presente. Libro (en prensa). Hermosillo, Sonora, México. 63p.
- Aguirre, M. R., F. Ibarra F. y S. G. Luna. 2002. Condición y clasificación de los pastizales para la región ecoregional Apache Haigh Lands en Sonora, México. The Nature Conservancy. IMADES. 92p.
- Álvarez, T. M.Y. 2006. Evaluación de la germinación y viabilidad de la semilla de zacate Buffel Cimarron (Prest.) bajo condiciones controladas. Tesis de Licenciatura. *Cenchrus multiflorus* Universidad de Sonora. Santa Ana, Sonora. Marzo de 2006. 63p.
- Amen, R. D. 1968. A model of seed dormancy. *Botanical Review* 34:1-31.
- AOSA. 1960. Association of Official Seed Analysts. Rules for testings seeds. *Proceedings of the Association of Official Seed Analyses* 49:1-71.
- Archer, S. 1999. Woody plant encroachment into Southwestern Grasslands and Savannas: rates, patterns and proximate causes. Pp 13-18. In: M. Vavra, W. A. Laycock and R. D. Pieper (Ed.). *Ecological implications of livestock hervivory in the west*. Society for Range Management.
- Avery, T. E. 1975. *Natural Resources Measurements*. Second. Ed. McGraw-Hill Book, Co. New York, US.
- Baskin, C. C., and J. M. Baskin. 1971. The possible ecological significance of the light requirement for germination in *Cyperus inflexus*. *Bull Torrey Botanical Club* 98:25-33.
- Baskin, C. C., and J. M. Baskin. 1977. Germination of common milkweed (*Asclepias syriaca* L.) seeds. *Bull. Torrey Botanical Club* 104:167-170.
- Baskin, C. C., and J. M. Baskin. 1982. Germination ecophysiology of *Arenia glabra*, a winter annual of sandstone and granite outcrops of southeastern United States. *American Journal of Botany* 69:973-978.
- Baskin, C. C., and J. M. Baskin. 1985. The light requirement for germination of *Aster pilosus* seeds: temporal aspect and ecological consequences. *Journal of Ecology* 73:765-773.
- Baskin, C. C., and J. M. Baskin. 1988. Germination ecophysiology of herbaceous species in a temperate region. *Journal of Botany* 75:286-305.

- Beetle, A. A., D. Johnson y A. Navarro. 1991. Gramíneas de Sonora. Gobierno del Estado de Sonora y SARH eds. Hermosillo, Sonora, México. 50p.
- Bidwell, R. G. S. 1983. Fisiología vegetal. Ed. AGT. México, D. F. 82p.
- Blank, R. R., and J. A. Young. 1992. Influence of matric potential and substrate characteristics on germination of Nezpar Indian ricegrass. *Journal of Range Management* 45:205-209.
- BLM. 2010. Bureau for Land Management. BLM minimum PLS & average certified seeds costs/lb. 1/30/2009.
- Botha, F. C., N. Grobbelaar, and J. G. C. Small. 1984. The effect of water stress on the germination of *Cirullus lanatus* seeds. *South Africana Journal of Botany* 3:111-114.
- Borboa, F. J., M. Ortega N. y F. J. Wong C. 2002. Estudio de la germinación de seis ecotipos de *Salicornia bigelovii* del noroeste de México. En: Memorias del III Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre de Zonas Áridas. Hermosillo, Sonora, México. p. 38.
- Camacho, M. F. 1994. Dormición de semillas. Causas y tratamientos. Editorial Trillas. México, D. F. 125p.
- Canseco, V. E. 2001. Producción de semillas. Editorial Unisón 2001. Hermosillo, Sonora. 200p.
- Cardozo, C. I. 2003. Estudio de deterioro de semilla en condiciones controladas de conservación y evaluación de una técnica no destructiva para el control de calidad. Tesis de Doctorado en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 130p.
- Celaya, M. J. C. 1997. Efectos de diferentes tratamientos de escarificación sobre la germinación de la semilla de Sámota (*Coursetia glandulosa* A. Gray). Tesis. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 41p.
- Cirilo A. G. 2000. Distancia entre surcos en maíz. *Revista de Tecnología Agropecuaria*. INTA Pergamino. Vol. No. 14, Segundo Cuatrimestre: Mayo/Agosto 2000. Buenos Aires. 19-23p.
- Colbry, V. L., T. F. Swofford and R. P. Moore. 1961. Test for germination in the Laboratory. In: U.S.D.A. Seed the Yearbook of Agriculture ed. The United States Government. 771-784p.
- Conover, D. G., and D. R. Geiger. 1984. Germination of Australian channel millet [*Echinochloa turnerana* (Domin) J. M. Black] seeds. I. Dormancy in relation to light and water. *Australian Journal of Plant Physiology* 11:395-408.

- Cook, W. C. and J. Stubbendieck. 1986. Range research: Basic problems and techniques. SRM Ed. First edition. Denver, Colorado, U.S.A. 317p.
- COSTAT. 2002. Costat Statistical Software. Version 6.101. Monterey, California 93940. U. S. A. 442p.
- COTECOCA. 1988. Comisión Técnica Consultiva para la Determinación de Coeficiente de Agostadero. Tipos de vegetación, sitios de productividad forrajeras y coeficientes de agostaderos del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 361p.
- Coumans, M., E. Ceulemans, and T. Gaspar. 1979. Stabilized dormancy in sugarbeet fruits. III. Water sensitivity. Botanical Gazette 140:389-392.
- Cuellar, V. E. J. y R. P. Hernández. 2007. Producción de semilla de pasto buffel Zaragoza 115 con aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio en el norte de Coahuila. Resumen. XLIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Culiacán, Sinaloa, Mex. P162.
- Curtis & Curtis. 1989. Southwest Plants. First Edition. Curtis & Curtis Inc. Clovis, New México, U. S. A. 168p.
- Delgado, C., Rosegrant, M., Steinfeld, H., Ehui, S. y C. Courbois. 1999. *Livestock to 2020: The Next Food Revolution*. Food, Agriculture & Environment Discussion Paper 28, IFPRI/FAO/ILRI, IFPRI, Washington D. C., USA.
- Delouche, J. C. 2002. Germinación deterioro y vigor de semillas. Seed News 6 (6). [http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66\\_esp.shtm1](http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66_esp.shtm1). 31/08/2007.
- Don, R. and G. McLaren. 2005. ISTA Tetrazolium Vigour Comparative Test. Seed Testing International No. 129 April 2005. 41-43p.
- Dugarte, M. 1991. La producción de pastos de altura. Fonaiap Divulga Nro. 36. Abril-junio. FONAIAP-Estación Experimental Mérida. Programa Pastizal. Mérida.
- Eguiarte, V. J. A y S. A. González. 2007. Respuesta de la fertilización diferida y uso del pastoreo prefloral en la producción de semilla del buffel formidable. Resumen. XLIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Culiacán, Sinaloa, México. P. 177.
- Edgar, J. G. 1977. Effects of moisture stress on germination of *Eucalyptus camaldulensis* Denhn. and E. regans F. Muell. Australian Forestry Research 7:241-245.
- FAO-UNESCO. 1975. Soil map of the World. U. S. A., México and Central América. 4:34-41.

- Figueroa, P. J. 2003. Valor nutritivo y preferencia animal de tres variedades de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en la región de Cananea, Sonora. Tesis Profesional. Universidad de Sonora- Unidad Santa Ana. Santa Ana, Sonora, México. 52p.
- Flemion, F., and H. Poole. 1948. Seed viability test with 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride. *Contrib. Boyce Thomp. Inst.* 15:243-258.
- Flores, H. A. 2004. Introducción a la tecnología de las semillas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 75p.
- Fort Hays State University. 2006. Pasture & Range Plants. Fort Hays State University Press. Second Edition. Hays, Kansas, U. S. A. 175p.
- Fuller, H. J. y D. D. Ritchier. 1982. Botánica General. C.E.C.S.A. México, D.F. 169p.
- Garay, A. E. 1985. Calidad de la semilla y su importancia en la productividad. En: curso de enfermedades transmitidas por semilla impartido por el CIAT. Cali, Colombia. 22 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana. México. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 71p.
- Gillet, M. 1984. Las gramíneas forrajeras. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp. 21.
- González, S. A., Yáñez, M. A., y E. L. A. González. 2006. Producción de semillas de variedades mejoradas de pasto guinea (*Panicum máximum jacq.*) en la costa de Colima. XLII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz, México. P.182.
- Grabe, D. F. 1970. Tetrazolium testing handbook for agricultural seeds. Contribution No. 29 to the Handbook on Seed Testing. Assoc. Offic. Seed Anal. USA.
- Granite Seed Co. 2010. Grasses and Grasslike Species. Lehi, Utah. U. S. A. 89p.
- Grime, J. P., G. Mason, A. V. Curtis, J. Rodman, S. R. Band, M. A. G. Mowforth, A. M. Neal, and S. Shaw. 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. *Journal of Ecology* 69:1017-1059.
- Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1988. Propagación de plantas, principios y prácticas. CECSA. México. 328p.
- Hampton, J. G. 2001. ¿Que significa calidad de semillas?. *Seed News* 5 (5).
- Heady, H. F., and R. D. Child. 1994. Rangeland ecology and management. Westview press, Inc. Boulder, Colorado, USA. 519p.



- Herrera, C. F. 2008. Caracterización sobre la calidad de semilla de tres variedades del pasto guinea (*Panicum máximum jacq*). Bajo condiciones de producción del estado de Nayarit. XLIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Mérida, Yucatán. P121.
- Heydecker, W., and P. I. Orphanos. 1968. The effect of excess moisture on the germination of *Spinacia oleracia* L. *Planta* 83:237-247.
- Hijar, D. 2010. Pawnee Buttes Seed Inc., Wholesale Price List. January 2009. Greeley, Colorado, USA. 12p.
- Holechek, J. L., R. D. Pieper, and C. H. Herbel. 2004. Range management; principles and practices. Ed. Prentice Hall. Fifth Edition. New Jersey, U. S. A. 607 p.
- Holman, R. M. y W. W. Robbins. 1965. Botánica General. U. T. E. H. A. México, D. F. 389p.
- Hyder, D. N., A. C. Everson, and R. E. Benement. 1971. Seedling morphology and seedling failures with blue grama. *Journal of Range Management* 24: 287-292.
- Ibarra, F. F. A. y M. Martín, R. 1995. Establecimiento de zacate buffel. En: Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización de zacate buffel (PATROCIPES A. C.). Hermosillo, Sonora, Méx.15-30p.
- Ibarra, F. F. A., Martín, R. M., Encinas, B. A. y S. Pérez, P. 2007. Recomendaciones para el mejoramiento forrajero de los agostaderos de Sonora, mediante técnicas de rehabilitación y manejo. Publicación especial. Fundación Produce Sonora, A. C. Hermosillo, Sonora. 21p.
- Ibarra, F. F., Moreno, M. S., Martín, R. M., Denogean, B. F., y L. E. Gerlach. 2005. La siembra de zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos en la sierra de Sonora. *Técnica Pecuaria en México* 43 (2):173-183.
- INCA. 1982. Diccionario Agropecuario de México. México. p. 145.
- INIFAP. 1997. Trasplante de chamizo en agostaderos. Tecnologías Llave de Mano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP-SAGAR. División Pecuaria. México.71-80p.
- Jorgensen, K. R., and R. Stevens. 2004. Seed collection cleaning and storage, p 699-716. In: S. B. Monsen., R. Stevens and N. L. Shaw (Comp.). Restoring western ranges and wildlands. USDA. For. Serv. Rocky Mountain Research Station. Gen.Tech. Report RMRS-GTR-136-vol. 3.
- Jurado, G. P. y M. Esqueda C. 2007. Reconversión ganadera de áreas de cultivo inproductivas. INIPAF. Ficha tecnológica.

- Koslowski, T. T. 1972. Seed Biology. New York Academic Press. U.S.A.
- Lambert, S. 2005. Guidebook to the Seeds of Native and Non-Native Grasses, Forbs and Shrubs of the Great Basin. United States Department of the Interior. Bureau of Land Management. Idaho BLM Technical Bulletin 2005-04. Idaho, U. S. A. 134p.
- Mabo, O. O., O. O. Lakanmi, and O. T. Okusanya. 1988. Germination ecology of *Treculia Africana* (Decne). Nigerian Journal of Botany 1:66-72.
- Merlín, B. E. 1987. Evaluación del pre acondicionamiento a la semilla de cuatro leguminosas forestales del desierto sonoreense. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zonas Áridas. Chapingo, México. 43p.
- Miller, E. V. 1981. Fisiología vegetal. Unión Tipográfica Editorial Hispano-América. México. 233p.
- Mohr, H. and P. Schopfer. 1995. Plant Physiology. Springer-Verlag Berlin. Germany. 414p.
- Monsen, S. B. 2004. Restoration or rehabilitation through Management or artificial treatments, p 25-32. In: S. B. Monsen., R Stevens and N. L. Shaw (Comp.). Restoring western ranges and wildlands. USDA. For. Serv. Rocky Mountain Research Station. Gen.Tech. Report RMRS-GTR-136-vol. 1.
- Monsen, S. B., and R Stevens. 2004. Seedbed preparation and seedling practices, p 121-154. In: S. B. Monsen., R Stevens and N. L. Shaw (Comp.). Restoring western ranges and wildlands. USDA. For. Serv. Rocky Mountain Research Station. Gen.Tech. Report RMRS-GTR-136-vol. 1.
- Moore, R. P. 1973. Tetrazolium staining for assessing seed quality. In: Seed ecology. Ed. London: Butterworth. 347p.
- Morales, N. C. R. 1994. Características de los principales zacates forrajeros para zonas áridas. Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP-SAGAR. Chihuahua, Chih. México. P 50.
- Morel, P. 2001. Growth control of *Hydrangea macrophylla* through water restriction. Acta Horticultura 548: 51-58.
- Muslera, P. E. y C. Ratera-García. 1984. Praderas y forrajes: producción y aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 37p.
- National Research Council. 1994. Rangeland Health: New methods to classify, inventory, and monitor rangelands. Nacional Academy Press. Washington D. C., U.S.A. 180 p.
- Negbi, M., E. Rushkin, and D. Koller. 1966. Dynamic aspects of water-relations in germination of *Hirschfeldia incana* seeds. Plant Cell Physiology 7:363-376.

- Pawnee Buttes Seed. 2010. Guide to Grasses. Third Edition. Pawnee Buttes Seed Inc. Greeley, CO. U. S. A. 107p.
- Phaneendranath, B. R. 1980. Influence of amount of water in the paper tonel on Standard germination tests. *Journal of Seed Technology* 5:82-87.
- Peretti, A. 1994. Manual para análisis de semillas. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 1<sup>ra</sup> Edición.
- Pérez F. G. y J. B. Martínez-Laborde. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 168p.
- Ruiz, E. F. H. 2004. Las semillas: biología, vigor y relevancia en la producción agrícola. CIBNOR, S. C. La Paz, Baja California Sur, México. 40p.
- SAGARPA. 2002. Diagnostico del estado de Sonora. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Hermosillo, Sonora. 52p.
- Seré, C. y H. Steinfeld. 1996. World livestock production systems. Current status, sigues and trenes. *FAO Animal Production and Health Paper* 127. 33: 265-273.
- Society for Range Management. 1995. New concepts for assessment of rangeland condition. *Journal of Range Management* 48: 271-282.
- Springfield, H. W. 1968. Germination of winterfat seeds under different moisture stresses and temperatures. *Journal of Range Management* 21:314-316.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill, Book Co. New York. U. S. A.
- Stoddart, L. A., A. D. Smith and T. W. Box. 1975. Range management. Third Edition. McGraw-Hill, Book Co. New York, U. S. A. 532 p.
- Toole, E. H., and V. K. Toole. 1941. Progress of germination of seed of *Digitaria* as influenced by germination temperature and other factors. *Journal of Agricultural Research* 63:65-90.
- Universidad de Sonora. 1967. Vegetación del Estado de Sonora. En: UNISON. ed.II. Informe anual de investigación 1966-1967. Hermosillo, Sonora, México.
- Vallentine, J. F. 1980. Range development and improvements. Second Edition. Brigham Young University, Press. Provo, Utah, U.S.A.
- Vallentine, J. F. 1990. Grazing management. Academic Press Inc. San Diego, California, U.S.A. 533p.

- Whittington, W. J., J. Hillman, S. M. Gtenby, B.E. Hooper, and J.C. White. 1970. Light and temperatura effects on the germination of wild oats. *Heredety* 25:641-650.
- Williams, J. and C. F. Shaykewich. 1971. Influence of soil water matric potential and hydraulic conductivity on the germination of rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Experimental Botany* 22:586-597.
- Young, J. A. 1999. Historial and evolutionary perspectives on grazing of western rangelands. Pp. 1-12. In: M. Varra, W. A. Laycock and R. D. Pieper (editors). *Ecological implications of livestock herbivory en the west*. Society for Range Management.
- Zar, J. H. 1984. *Biostatistical análisis*. 2<sup>nd</sup> ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, U. S. A.