



**INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN  
CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, A.C.**

**POSGRADO EN CIENCIAS APLICADAS**

**"Variación Estacional del Banco de Semillas en  
Manchones de Pastos Estoloníferos de un Agostadero  
Sobrepastoreado del Altiplano Mexicano"**

Tesis que presenta

**Sandra Luz Chávez Blanco**

Para obtener el grado de

**Maestro(a) en Ciencias Aplicadas**

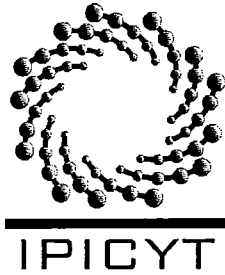
En la opción de

**Ciencias Ambientales**

**Director de la Tesis:**

**Dr. José Luís Flores Flores**

San Luis Potosí, S.L.P., mayo de 2007



## Constancia de aprobación de la tesis

La tesis "*Variación Estacional del Banco de Semillas en Manchones de Pastos Estoloníferos de un Agostadero Sobrepastoreado del Altiplano Mexicano*" presentada para obtener el Grado de de Maestro(a) en Ciencias Aplicadas en la opción de Ciencias Ambientales fue elaborada por SANDRA LUZ CHÁVEZ BLANCO y aprobada el 02 de mayo de 2007 por los suscritos, designados por el Colegio de Profesores de la División de Ciencias ambientales del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

Dr. José Luis Flores Flores  
(Director de la tesis)

Dr. Tulio Arredondo Moreno  
(Asesor de la tesis)

Dr. Leonardo Chapa Vargas  
(Asesor de la tesis)

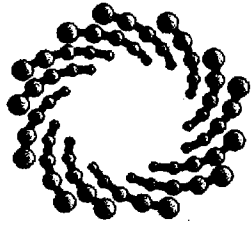


## **Créditos Institucionales**

Esta tesis fue elaborada en la División de Ingeniería Ambiental y Manejo de Recursos Naturales Renovables del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., bajo la dirección del Dr. José Luís Flores Flores.

Durante la realización del trabajo el autor recibió una beca académica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (192560) y del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C.

Se reconoce y agradece el apoyo del proyecto 40902/A-1 “Las Dinámicas de las Poblaciones y Asociaciones de las Gramíneas en el Altiplano Mexicano, Sur del Desierto Chihuahuense” otorgado por el CONACYT al Dr. José Luis Flores Flores, sin el cual esta investigación no hubiese sido posible.



**IPICYT**

# Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

## Acta de Examen de Grado

El Secretario Académico del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., certifica que en el Acta 011 del Libro Primero de Actas de Exámenes de Grado del Programa de Maestría en Ciencias Aplicadas en la opción de Ciencias Ambientales está asentado lo siguiente:

En la ciudad de San Luis Potosí a los 2 días del mes de mayo del año 2007, se reunió a las 12:00 horas en las instalaciones del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., el Jurado integrado por:

<b>Dr. Leonardo Chapa Vargas</b>	<b>Presidente</b>	<b>IPICYT</b>
<b>Dr. José Luis Flores Flores</b>	<b>Secretario</b>	<b>UASLP</b>
<b>Dr. Joel David Flores Rivas</b>	<b>Sinodal</b>	<b>IPICYT</b>
<b>Dr. José Tulio Arredondo Moreno</b>	<b>Sinodal</b>	<b>IPICYT</b>

a fin de efectuar el examen, que para obtener el Grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS APLICADAS  
EN LA OPCIÓN DE CIENCIAS AMBIENTALES**

sustentó la C.

**Sandra Luz Chávez Blanco**

sobre la Tesis intitulada:

*Variación Estacional del Banco de Semillas en Manchones de Pastos Estoloníferos de un Agostadero Sobrepastoreado del Altiplano Mexicano*

que se desarrolló bajo la dirección de

**Dr. José Luis Flores Flores (UASLP)**

El Jurado, después de deliberar, determinó

**APROBARLA**

Dándose por terminado el acto a las 14:15 horas, procediendo a la firma del Acta los integrantes del Jurado. Dando fé el Secretario Académico del Instituto.

A petición de la interesada y para los fines que a la misma convengan, se extiende el presente documento en la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., México, a los 2 días del mes mayo de 2007.

**L.C.C. Ivonne Lizette Cuevas Velez**  
Jefa del Departamento de Asuntos Escolares

**Dr. Marcial Bonilla Martín**  
Secretario Académico



## **Dedicatorias**

*A mis padres por darme su apoyo en todo momento, por contagiarme en mí el amor a la naturaleza y por darme una vida llena de alegría junto a mis hermanos*

*A mis hermanos Beto, Alma, Enrique y Laura por su apoyo y ejemplo de lucha en la escuela y en la vida.*

*Para Dany, Gil, Paola, Andrea, Sofía y Marifer, con quienes he aprendido que lo que más vale en esta vida es el amor a la misma.*

## **Agradecimientos**

Quiero manifestar mi profundo agradecimiento a aquellas personas cuyo apoyo y ayuda hicieron posible la realización y existencia de este trabajo

Al Dr. José Luis Flores Flores por su asesoría y por brindar la confianza y los medios necesarios que estuvieron a su alcance, para llevar a cabo este trabajo, por su apoyo y paciencia en todo momento y sobre todo por compartir sus conocimientos conmigo.

Mi más sincero agradecimiento para el Dr. Joel Flores Rivas por su interés y aportaciones en el trabajo, su apoyo y consejos durante la realización de mi tesis y por su amistad incondicional.

Así mismo los Drs. Tulio Arredondo y Leonardo Chapa por formar parte de mi comité y contribuir a este trabajo.

A Sasi, Blanca y Xavier, amigos incondicionales con quienes compartí esta etapa en nuestras vidas y por los ánimos que siempre me contagiaron.

También quiero agradecer por su compañerismo y momentos de diversión a Margarita Lalo, Leo, Bety, Sosa, Miguel, Angélica, Gaby, Gris, Vic y en especial a Felipe por su ayuda en la edición de figuras y por su amistad.

Finalmente a kukis por su cariño y apoyo en las buenas y en las malas.

*“Si todos los individuos de cualquier especie estuvieran habituados a sufrir en un grado extremo, se negarían a propagar su especie; pero nosotros no tenemos razón para creer que esto haya alguna vez o, al menos, frecuentemente ocurrido. Algunas otras consideraciones, sin embargo, llevan a la creencia de que todos los seres han sido formados para gozar, como una regla general, la felicidad”.*

*Charles Robert Darwin.*

# Contenido

Constancia de aprobación de la tesis	ii
Créditos institucionales	iii
Acta de examen	iv
Dedicatorias	v
Agradecimientos	vi
Resumen	viii
Abstract	x
Introducción	1
Materiales y Métodos	5
Resultados	15
Discusión	32
Conclusión	41
Proyecciones a futuro	42
Literatura Citada	44
Anexos	48



## Resumen

“Variación Estacional del Banco de Semillas en Manchones de Pastos Estoloníferos de un Agostadero Sobrepastoreado del Altiplano Mexicano”.

Conocer y entender el banco o reserva de semillas de un suelo es fundamental para un mejor entendimiento de la dinámica de la vegetación en general. Esto puede ser un elemento importante para la restauración ecológica de sistemas perturbados. Los pastizales semiáridos en fases de sucesión secundaria por disturbio del pastoreo, tienden a la formación de parches de especies estoloníferas y gradualmente pocas cespitosas. Desde el punto de vista pecuario la mayoría de las especies cespitosas perennes son deseables y las estoloníferas menos deseables. Sin embargo, estas últimas pueden servir como refugio para el reestablecimiento de las especies deseables, por lo que son valiosas para una eventual restauración. El reemplazo de especies cespitosas en fragmentos de especies estoloníferas podría ser posible, pero para que esto suceda es necesario que las semillas de las especies cespitosas lleguen a los fragmentos de especies estoloníferas. Para evaluar esta posibilidad, se estudió el banco de semillas de un agostadero comunal del Altiplano Mexicano (sur del Desierto Chihuahuense) por dos años en cinco fases, definidas con base en las especies y uno sin vegetación. Los cuatro integrados por especies estoloníferas fueron de *Buchloë dactyloides*, *Hilaria belangeri*, *Cyclostachya stolonifera* y *Scleropogon brevifolius*, que definen una secuencia sucesional hipotética de menos a más disturbio, hasta concluir en las zonas de suelo desnudo. Se tomaron muestras de suelo de 10 x 10 x 5 cm. en diez fragmentos de cada tipo y el banco de semillas se estimó en invernadero mediante la técnica de germinación en tres ciclos consecutivos de riego, para considerar la posible dormición en las semillas.

El recuento de semillas germinadas mostró efecto de año, manchón y de latencia de semillas. Se contabilizó un total de 778 individuos de 42 táxones en los dos años, 21 en el primer y 32 en el segundo. La mayoría de las especies fueron anuales, de estrategia ruderal; de ellas 27 corresponden a herbáceas, 14 a gramíneas y solo una leñosa. Se presentaron muy pocos individuos de especies deseables. La densidad de semillas germinables por m<sup>2</sup> osciló de 60 hasta 2780 y con un promedio para todo el estudio de 778 (error estándar de  $\pm 117.4$ ). Los manchones con mayor y menor riqueza respectiva fueron los de *C. stolonifera* (22 táxones) y los de suelo desnudo (3 táxones). Esta tendencia se mostró también para la diversidad de Simpson. Los fragmentos de *B. dactyloides* y *C. stolonifera* fueron los más altos con 8.56 y 8.14 respectivamente, en cambio el más bajo se presentó en el área sin vegetación con 2.57. Estos resultados confirman que los manchones de especies estoloníferas de pastizales degradados, tienen diferente potencial para su restauración. Los que mostraron mayor potencial son los de fases intermedias de disturbio como los de *C. stolonifera*, especie que sin embargo no se presentó en la reserva del suelo. Se debe evitar llegar a la fase

extrema de suelo desnudo, ya que en ella es muy escasa la posibilidad de que se forme una reserva de semillas y el estrés es extremo para la germinación y el establecimiento de las plántulas.

Palabras clave: Reservorio, Semillas germinables, estolones, apacentamiento.

## Abstract

### Seasonal Variation in the Soil Seed Bank in Patches of Stoloniferous Grass Species in an Overgrazed Rangeland on the Mexican Highland

Knowledge of the soil seed bank is important for a better understanding of vegetation dynamics. This information can be the basis for an ecological restoration of disturbed ecological systems. Secondary succession occurs when semiarid grasslands are disturbed by overgrazing and gradually change from tussock to stoloniferous species in a patch pattern. From a livestock production perspective most of the tussock grasses are desirable, while the stoloniferous are of less value. However, the latter species could be valuable for ecological restoration. Bunchgrasses could establish and replace to stoloniferous grass patches, but for this to happen, it is necessary that their seeds disperse. To evaluate this, the soil seed bank (SSB) was studied in a communal rangeland (ejido) in two consecutive years in Mexican highland region of the southern Chihuahuan Desert. Five patch types were recognized, four based on different dominant grasses and devoid of vegetation. The latter is the extreme and least desirable of the seral phases in this system. Vegetated patches come from successional sequence of least to more perturbation: *Buchloë dactyloides* or *Hilaria belangeri*; *Cyclostachya stolonifera*; *Scleropogon brevifolius*. Ten 10 x 10 x 5 cm. soil samples were taken in each patch type. The SSB was studied in a glasshouse using the germination technique using three one-month wetting cycles to consider possible seed dormancy in the species.

Germinable seed bank count showed year, patch and dormancy effects. A total of 778 individuals were counted during the two year study, grouped in 42 taxa, 21 and 32 for the first and second year respectively. Most were annuals or ruderals in strategy; 27 species were herbaceous, 14 were grasses and there was only one woody species. Few of them were considered as desirable for ecological restoration. Germinable seed density per square meter varied from 60 to 2780 with an average of 778 ( $\pm 117.4$  S.E.). The patches with high and low richness were *C. stolonifera* (22 taxa) and bare soil (3 taxa), respectively. This same pattern also was observed for Simpson's diversity index. The patches of *B. dactyloides* and *C. stolonifera* were the highest in diversity, 8.56 and 8.14, respectively. In contrast, bare soil SSB diversity was the lowest (2.57). These results confirm that the patches of stoloniferous species in degraded grasslands are different in their potential for restoration purposes. The patches most able likely to be restored are those of *C. stolonifera*, which was not represented in the SSB. The extreme phase of degradation of bare soil must be avoided because the formation of a seed pool is doubtful. In addition, bare patches provided the most stressful environment for seed germination and seedling establishment.

Key words. Reservory, Germinable seeds, Stolons, Overgrazed.

## 1. Introducción

El ingreso de plántulas en una comunidad vegetal depende del aporte de semillas de la vegetación establecida, de su depredación, de la disponibilidad y calidad de micrositios y de la competencia tanto con otras plántulas como con plantas adultas (Crawley, 1990). Por lo tanto, los atributos de los que depende el establecimiento de plántulas están segregados espacialmente, y existe gran variación espacial y temporal en el número de plántulas (Crawley y Brown, 1995; Vila y Lloret, 1995), así como en las especies que componen a una comunidad vegetal en general.

Los pastizales son comunidades vegetales dominados por especies de gramíneas cuya estructura y funcionamiento se han modificado debido a su uso en actividades ganaderas (Milchunas y Lauenroth, 1993). Su composición de especies cambia de un punto a otro del espacio, debido a diversos factores. A escala regional esta variación espacial se puede atribuir a lluvia, gradientes de clima y latitud o bien altitudinales, entre otros como litología y/o suelo. Sin embargo a escala local el principal agente causal es la intensidad de uso por pastoreo. Uno de los cambios relevantes es su composición de especies, la cual evoluciona de forma predecible en el tiempo (sucesión), pero como ya se indicó esto no sucede de forma uniforme en el espacio. En el proceso de cambio inducido por el ganado, disminuyen las especies más consumidas y aumentan las menos utilizadas (Dyksterhuis, 1949; Vesk y Westoby, 2001) en un proceso de sucesión secundaria vinculada a este disturbio. Al no ocurrir de forma homogénea en el espacio se forma un mosaico espacial de fragmentos (manchones o parches) de especies tanto de pastos de distintas especies como de arbustos y de áreas sin vegetación.

El interés de este estudio, es el de fragmentos de las especies de pastos estoloníferos y el área abierta, ya que esta composición de especies cambia en general a distancias cortas (1 a 5 m) y es común que a estas distancias se distingan manchones de especies distintas. Las especies estoloníferas son las principales responsables de la creación de este mosaico espacial. Las especies

estoloníferas son aquellas que tienen como característica, la multiplicación vegetativa por medio de estolones (un estolón es un brote o ramificación basal de una planta que se encorva hacia el suelo o que crece horizontalmente y que produce raíces e hijuelos en sus nudos), aunque esto no significa que no puedan reproducirse de forma sexual. En general estas son indicadoras de fases sucesionales tempranas, indicando el deterioro que dirige el sistema a esta fase seral. La evolución de estos sistemas a la condición original previa al disturbio depende en gran medida de las interacciones entre las especies, donde uno de los componentes es la producción y formación de una reserva de semillas. Esta reserva de semillas varía también en tiempo y espacio, por lo que es importante estudiarlo en estas dos dimensiones.

Los procesos de restauración ecológica consisten en dirigir el desarrollo de un ecosistema alterado hacia uno modelo deseable, lo que depende principalmente de la biología de las especies y de las condiciones ambientales imperantes (Bakker y Berendse, 1999). Esto puede lograrse ya sea acelerando la sucesión o suprimiendo algunas de las etapas sucesionales. La comunidad de plantas ideal (clímax), es principalmente el resultado de factores como la calidad de hábitat, la disponibilidad de propágulos, las interacciones bióticas y el manejo. Cada uno de estos componentes puede ser el factor que limita la restauración (Everson, 1994; Bossuyt & Hermy, 2003), sea esta natural o dirigida por el manejo.

Un conjunto de semillas sin germinar pero viables (en latencia) en la superficie y dentro del suelo forman lo que se conoce como reservorio o banco de semillas, las cuales son capaces de reemplazar plantas maduras anuales o perennes (Souza *et al.*, 2006), y constituye la memoria de la comunidad vegetal (Coffin y Lauenroth, 1989). La ecología del banco de semillas es muy importante para entender el desarrollo, la estructura y la función de una comunidad, así como para restaurarla ante los cambios que la modifican (Jutila, 2003).

La dinámica del banco de semillas determina la capacidad de una comunidad para persistir y eventualmente expandirse. Así, el entendimiento de la dinámica y función de los bancos de semillas ha sido un gran desafío para los ecólogos de comunidades de plantas, ya que su estudio puede mejorar el manejo integrado de ecosistemas (Luzuriaga *et al.*; 2005; Tracy & Sanderson, 2000).

El banco de semillas se ha señalado como relevante en los procesos de regeneración, ya que se vincula con la existencia, abundancia y frecuencia de los espacios de suelo viables que varían en calidad, tamaño y forma para el establecimiento de plántulas así como del grado de perturbación (Pérez, *et al.* 1998). De acuerdo con Luzuriaga *et al.* (2005), la composición y dinámica de pastizales europeos con poco disturbio es dominada por especies que se multiplican vegetativamente, por lo que el banco de semillas no es muy importante. En contraste, en hábitats perturbados (como los campos de cultivo) la composición de la vegetación está determinada principalmente por el banco de semillas. Esto es contrario a lo que sucede en pastizales norteamericanos, donde disturbios como el efecto del sobrepastoreo por ganado doméstico y la eliminación de incendios han conducido al predominio de pastos estoloníferos como *Buchloë dactyloides* e *Hilaria belangeri*, entre otros, así como el incremento de la abundancia de especies leñosas (Kinucan y Smeins, 1992).

El banco de semillas puede contener diversas especies y genotipos que proveen resiliencia substancial ante cambios potenciales por disturbios en una comunidad y al mismo tiempo limitar su restauración (Blanckenhagen y Poschold, 2005). En los agostaderos, las semillas aparecen con frecuencia como una capa delgada y discontinua en o sobre la superficie del suelo. La distribución espacial de esta capa está influenciada por la microtopografía local y la presencia de mantillo vegetal y posiblemente por la composición de plantas aisladas (Pérez, *et al.* 1998.)

Las especies deseadas para restaurar pastizales semiáridos son las climácicas (Bossuyt y Hermy, 2003), las cuales pueden establecerse a través de la

germinación de semillas viables contenidas en el reservorio del suelo. Este banco de semillas también puede contener especies que no son deseables, las cuales pueden obstaculizar el establecimiento de las especies deseadas, lo que puede modificar la ruta sucesional y por tanto limitar la posibilidad de restauración (Bossuyt *et al.*, 2005).

Para llevar a cabo la restauración, hay que tomar en cuenta la germinación de semillas, la cual ha sido descrita como una apuesta en la vida de las plantas, ya que una vez que germinan no pueden regresar a etapa latente y se podría perder la oportunidad de tener una planta nueva. Lo anterior significa un gran riesgo, por lo que se debe sincronizar la germinación con las condiciones ambientales más convenientes para el establecimiento. Las adaptaciones que evitan la germinación durante condiciones desfavorables están muy a menudo referidas como dormancia (Jurado y Flores, 2005).

Aunque no se encontraron antecedentes en la literatura de la influencia de la composición epigea de los parches del pastizal en la composición del banco de semillas, existen estudios que abordan el efecto de especies arbustivas respecto a áreas abiertas en la composición del banco de semillas (Henderson *et al.* 1988, Bertiller, 1998, Mayor *et al.* 2002). También se ha encontrado que debido a diferencias en la arquitectura de sus doseles, las especies pueden actuar como trampas de semillas y propiciar así el establecimiento de especies de las fases serales avanzadas (Peart, 1989). Estos antecedentes nos dan la pauta para plantear el objetivo de esta investigación, que busca *evaluar el efecto de micrositio o manchones de pastos estoloníferos en la composición del banco de semillas (BS) germinables de agostaderos deteriorados, del altiplano mexicano.*

## 2. Materiales y Métodos

*Sitio de estudio.* Se tomaron muestras de suelo de un agostadero del ejido Manuel María, Pinos, Zac. (Latitud N 22° 33' 13", Longitud W 101° 38' 11"). El sitio se encuentra en una ladera (1 a 2% de inclinación) con exposición este, sobre sustrato aluvial derivado de calizas y areniscas (con intrusiones localizadas de basalto) a una altitud de 2000 msnm. El suelo es una mezcla de Leptosol con Xerosol, con profundidades que oscilan de los 5 a 25 cm.

El clima es templado-seco con lluvias de verano; la oscilación de la lluvia promedio es entre 300 y 400 mm anuales (340 mm, para la estación climática mas cercana (Peñón Blanco, Salinas, SLP). La temperatura promedio del mes mas calido (mayo o junio) es 21°C en tanto que la anual es de 17°C; el mes mas frío es enero, con una media de 11.6°C. La vegetación presente es una mezcla de matorral con pastizal, asumiéndose que originalmente fue un pastizal natural. En el estrato arbustivo y arbóreo, son comunes *Yucca filifera*, *Acacia schaffneri*, *Opuntia streptacantha*, *O. leucotricha*, *O. robusta*, *O. rastrera*, *Larrea tridentata*, *Mimosa biuncifera*, y *Agave salmiana* (principalmente). El estrato herbáceo está representado por las especies que se enlistan a continuación, en orden de importancia por cobertura. Con áreas basales entre 10 y 20% están *Buchloë dactyloides*, *Scleropogon brevifolius*, *Bouteloua gracilis*, y *Cyclostachya stolonifera*; las especies que tuvieron áreas basales entre 5 y 10% fueron *Menodora coulteri*, y *Muhlenbergia villosa* (Datos no publicados).

Otras especies menos importantes fueron *Leptochloa dubia*, *Astragalus quinqueflorus*, *Solanum eleagnifolium*, *Erioneuron nealleyi*, *Bouteloua scorpioides*, *Euphorbia postrata*, *Aster* sp., *Zinnia acerosa*, *Lycurus phleoides*, *Microchloa kunthii*, *Bouvardia ternifolia*, *Dassychloa pulchella* y *Plantago nivea*, entre otras. Cabe mencionar que *Hilaria belangeri*, una de las especies estoloníferas incluidas como posibles creadoras de refugios para la entrada de especies en sus manchones, aparece esporádicamente en algunas zonas y no se presentó en el muestreo de vegetación realizado. Otras especies que aparecen ocasionalmente



en el área abierta (matriz de pastizal), y con mas frecuencia bajo los arbustos (maguey principalmente), son *B. gracilis*, *B. hirsuta*, *B. curtipendula* y *Stipa eminens* (Datos no publicados).

Se hicieron dos muestreos en el agostadero del ejido Manuel María, Pinos Zacatecas. El primero se realizó en junio del año del 2005, y el segundo en enero del 2006, en ambos casos se buscó representar la producción de semillas del año inmediato anterior, y su potencial de germinación. El procedimiento utilizado para el muestreo fue el siguiente:

En la matriz de pastizal de esta comunidad se localizaron 10 manchones vecinos de más de 1.5 m<sup>2</sup> de superficie de cada una de cuatro especies de pastos estoloníferos, así como también de 10 áreas de suelo sin cobertura vegetal. La selección de manchones se hizo en un recorrido del sitio y se muestrearon conforme fueron apareciendo en el sitio de estudio, estos manchones fueron distintos en los años de muestreo. Para facilitar la mención de las especies que conforman los manchones se utilizaron los siguientes acrónimos:

- *Buchloë dactyloides* (Buda)
- *Hilaria belangeri* (Hibe)
- *Scleropogon brevifolius* (Scbr)
- *Cyclostachya stolonifera* (Cyst) y
- Área Abierta (AA)

La biología y el papel de estas especies en la dinámica sucesional de estos pastizales no han sido estudiados. Se plantea la secuencia de menos a mas disturbio, como sigue: *Buchloë dactyloides* - *Hilaria belangeri* - *Cyclostachya stolonifera* - *Scleropogon brevifolius* – suelo desnudo. Sin embargo, no es claro el papel de los factores abióticos en la modificación de esta secuencia de sucesión secundaria. Por ejemplo, *S. brevifolius* puede ocupar el lugar de *C. stolonifera* en las partes mas planas y esta última en las laderas de suelo somero. A

continuación una descripción general de ellas y su posible función en la dinámica de estos sistemas. Primero, las especies estoloníferas pueden ser evasoras o tolerantes al consumo de los herbívoros. De las especies involucradas en este estudio las especies *Cyclostachya stolonifera* y *Scleropogon brevifolius* son evasoras, y *Buchloë dactyloides* e *Hilaria belangeri* tienen más atributos de especies tolerantes, como se aprecia a continuación. Todas emiten estolones, con entrenudos de longitud variable (forma de crecimiento de “guerrilla”) y algunas de ellas pueden emitir rizomas también, con lo que se consolida mejor el espacio de cada nuevo individuo asexual (ramet).

*Cyclostachya stolonifera*. Forma una alfombra muy cerrada de hojas y estolones cortos que constituyen parches muy densos de láminas muy angostas y cortas. Por ser cortos (y posiblemente de mal sabor y poco valor nutritivo) el ganado no busca estos manchones de pastos. Este hecho los puede convertir en refugios para el establecimiento de plántulas de especies de fases serales avanzadas, cuyo retorno es deseable. La biología de la especie no se conoce mucho; es una especie dioica con estolones arqueados con longitud corta (5 a 8 cm) que le permite formar una carpeta densa de hijuelos. En las descripciones taxonómicas se dice que puede tener alturas de hasta 10 cm.; en campo rara vez se observa esto, es muy común que tenga alturas de 5 cm. Los sitios de establecimiento no son del todo claros. Tiene muy buena dispersión por viento moviéndose sobre la superficie del suelo, pero requiere de trampas seguras como arbustos y hierbas o bien depresiones del terreno. Una vez establecida es de las primeras especies que rebrotan, ya que responden a eventos de lluvia tempranos y de baja intensidad. Esto se debe a que tiene raíces someras, por lo que no puede competir con las especies de raíz profunda y que pueden tener mayor altura. Llega a su madurez fisiológica muy pronto, entre un mes a mes y medio, pero puede continuar verde si la humedad del suelo lo permite. Produce mucha semilla en las unidades femeninas, pero no se conoce si todas son fértiles. Una vez establecida forma manchones o parches que acumulan mantillo y partículas de suelo cuando

los escurrimientos los cruzan (observaciones personales). Por esta razón es que tiene valor en la restauración de agostaderos degradados.

*Scleropogon brevifolius*. Es también una especie de multiplicación vegetativa mediante estolones, aunque puede hacerlo también mediante rizomas; es dioica, pero presenta combinaciones múltiples de formas de reproducción sexual (Anton *et al.*, 1998). Sus hojas son muy delgadas, angostas (1 a 2.5 mm) y enrolladas, terminando por lo regular en punta, lo que las torna molestas para el ganado, aunque los autores mencionados la catalogan en Argentina como valiosas para la dieta de ovinos (“pasto de oveja”). En contraste, en el hemisferio norte se le denomina “zacate de burro”, denotando en general su escaso valor forrajero. Es una fase sucesional cuyo predominio es interpretado como indicador de deterioro extremo (Bestelmeyer *et al.*, 2003, 2006). Puede tener una altura de hasta 20 cm., pero con pastoreo con dificultad puede llegar a la mitad de esto; su raíz es somera también, por lo que no es competente con otras especies de raíz más profunda. Su ventaja radica en su capacidad para emitir estolones firmes de hasta 8 cm. de longitud y llega a formar manchones puros de gran tamaño. La arista que acompaña a la semilla es larga y coriácea y es otro repelente al pastoreo. Tiene muy buena dispersión por viento, pero requiere también de sitios de anclaje adecuados. Estos manchones podrían ser de los mejores refugios para el establecimiento de las especies deseables de fases serales avanzadas.

*Buchloë dactyloides*. Es otra de las especies indicadoras de disturbio por apacentamiento; es estolonífera y dioica o monoica. Sus semillas son grandes y ubicadas casi en la base de las plantas; no posee estructuras para dispersión por viento. Las hormigas y ratones podrían dispersarla a distancias cortas, pero poseen unas estructuras, en lugar de la arista, que les permite adherirse al pelo de los herbívoros. No obstante la ingesta y paso por el tracto digestivo de los animales es (endozoocoria) un mecanismo de dispersión larga (Quinn *et al.*, 1994). Es una planta que puede tener una altura de 15 cm., pero el pastoreo por lo regular la mantiene en 5 cm. o menos. Sus estolones son cortos (5 cm. a lo sumo)

y de estas especies clonales es la que forma manchones mas cerrados de hijuelos (forma de crecimiento de falange), lo que se debe a que puede expandirse también por rizomas. Esto significa que sus estolones permiten expandir el área del manchón y los rizomas consolidar los hijuelos establecidos. Su raíz es más profunda que las dos especies previas (hasta mas de 1 m en suelos profundos, Weaver, 1958) y se espera que sea mas competitiva y tolerante a estrés hídrico.

*Hilaria belangeri*. Especie perenne de los pastizales medianos o cortos que puede alcanzar alturas de hasta 30 cm., pero que en sitios sobrepastoreados del Altiplano Mexicano a lo sumo tiene la tercera parte del potencial. Sus estolones son de entrenudos mas largos (13 cm., Brown y Coe, 1951) respecto a los de las especies previas, por lo que los manchones tienen menos plántulas, son menos densos y no se informa sobre la posible emisión. Esto deja espacio para la posible entrada de otras especies dentro del manchón. Es una especie monoica con flores (espiguillas) hermafroditas, por lo regular 7 por espiga; su semilla es relativamente grande y se produce en una espiga de poca altura. Hay evidencias (Brown y Coe, 1951) de que se presenta un gran porcentaje de semillas estériles. Su potencial de dispersión es bajo, excepto por los herbívoros y el agua.

Se extrajo una muestra (10 x 10 cm por 5 cm de profundidad) del centro de cada manchón (para evitar efecto de borde), una vez localizado (Fig. 1), para 10 muestras en total cada ciclo. Las muestras fueron tamizadas (tamiz #8) y secadas a temperatura ambiente dentro del invernadero. El tamizado de las muestras se hizo para eliminar objetos grandes, como partes de raíces, bulbos o tubérculos y gravas o piedras.



Figura 1. Vista de un manchón de pastos estoloníferos en el área de estudio, se muestra Cyst.

Para cuantificar el banco de semillas se usó la técnica de germinación (Roberts, 1981, citado por Molina, 1990). Cada muestra ya seca y tamizada se mezcló con arena estéril (calentado en la estufa a 110°C, para evitar semillas no procedentes de la muestra). Cada una de las 10 muestras se dividió en dos para tener una buena eficiencia en la germinación y evitar concentración de plántulas una vez germinadas. De esta forma se tuvieron 10 muestras por manchón, distribuidas en 20 charolas. El peso total de cada muestra fue de 220 g (170 g de muestra y 50 g de suelo estéril). Las muestras se colocaron en charolas de unicel (15 x 15 cm) que se sometieron a régimen de riego diario hasta que dejaron de emerger plántulas, aproximadamente cuatro semanas después (Fig. 2).

Cuando inició la emergencia de plántulas y mostraron algunos atributos que permitieran su identificación taxonómica, se extrajeron de la charola y se registraron semanalmente la identidad y cantidad. Las plántulas desconocidas se transplantaron a macetas y se mantuvieron en estas hasta presentar atributos que permitieran su identificación taxonómica, al menos a nivel de género o familia. Cuando la identidad fue desconocida se manejó una clave para asignar la identidad al final del estudio. La identificación de las especies se realizó mediante consultas en el Herbario "Isidro Palacios" (SLPM) del Instituto de Investigación de

Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Para la identificación de las gramíneas se tuvo la asesoría del Dr. Edmundo García Moya, del Colegio de Postgraduados (Texcoco, Edo. de México).



Figura 2. Experimento de banco de semillas en invernadero.

Al no tener ya emergencia de plántulas (aproximadamente un mes) se dió por concluido el primer ciclo de germinación y se interrumpió el riego, dejando en reposo las muestras. Se mantuvieron secas durante un mes dentro de bolsas de plástico para también evitar la contaminación de semillas, después de este periodo se volvió al régimen de riego diario durante dos ciclos más, para germinar las semillas que hubieran estado en latencia.

## 2.1 Análisis de la información

Un primer análisis descriptivo de los datos se hizo mediante técnicas de ordenación multivariable, como se indica en el siguiente párrafo, ya que los datos no cumplieron con los supuestos de distribución de normalidad y homogeneidad de varianza requeridos para el ANOVA (Fig. 3).

Para analizar los patrones de variación de los datos, los totales de plántulas emergidas por ciclo de humedecimiento (**a, b y c**) se relativizaron por micrositio y se analizaron mediante un análisis de correspondencia con eliminación de

dependencia entre ejes (DCA, por sus siglas en inglés para "Detrended Correspondence Analysis"). Con un análisis de agrupamiento se buscó mostrar los patrones de germinación para los factores estudiados es decir, micrositios (manchones) y fechas. Para considerar la diferencia en la composición de especies del BS se realizó un análisis de similitud de manchones para germinación mediante el coeficiente de semejanza de Jaccard y los grupos se construyeron con el método UPGMA mediante el software PCOrd (McCune y Mefford, 1999). Para este análisis se eliminaron los micrositios y fechas en las que no hubo germinación de semillas. También se realizó una prueba de comparación múltiple de medias, basada en la estadística de prueba de Kruskal-Wallis, dado que no se cumplieron los supuestos del ANOVA. Esta prueba se hizo utilizando el Software Statistics (Analytical Software, 2000).

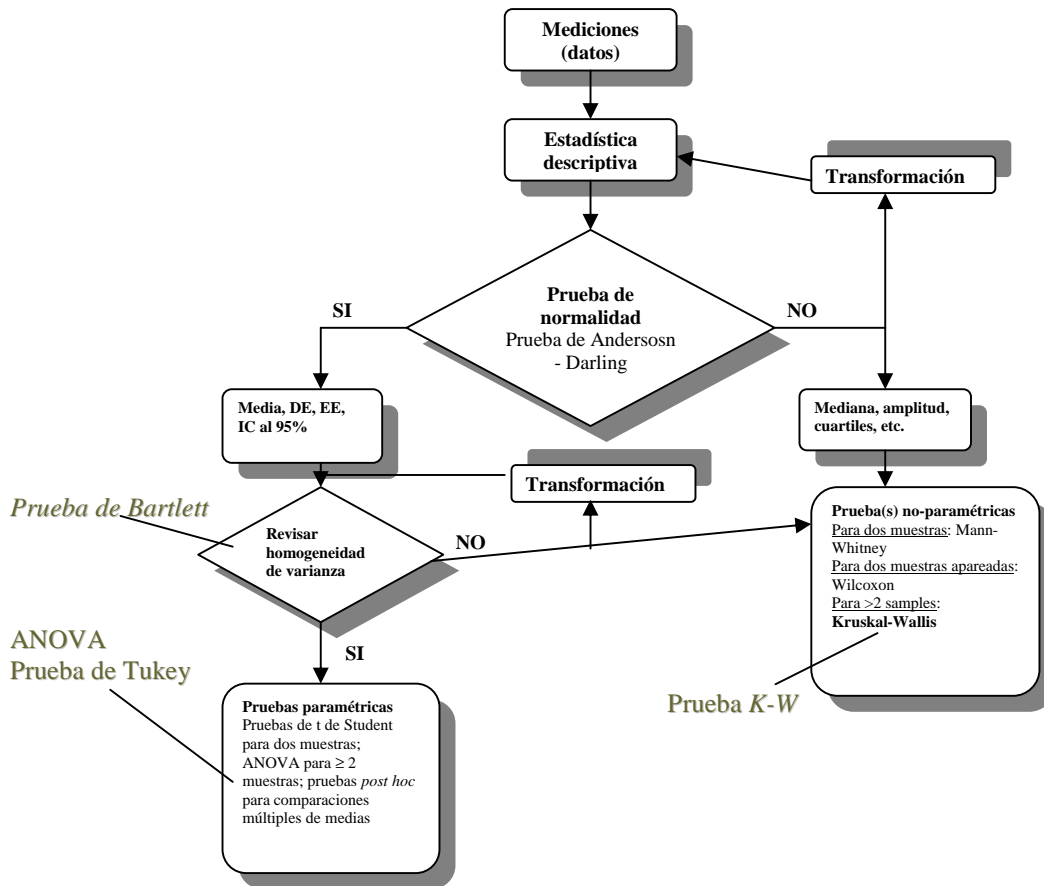


Figura 3. Ruta de análisis seguida en este estudio que considera la opción a seguir cuando ocurre el incumplimiento de los supuestos de los métodos paramétricos.

Para analizar la interacción microsítio, año y ciclo de riego se hizo un análisis de tabla de contingencia para el número de semillas germinadas mediante una prueba de Ji-cuadrada (Sokal y Rholff, 1995).

También se realizó un análisis de curvas de rango - abundancia de los individuos que germinaron en los microsítios como categorías de bancos de semillas (BS). Con esto, además de comparar entre microsítios, se pretende mostrar cómo están divididos los individuos de especies distintas en el BS de este pastizal.

La comparación de las curvas de rango – abundancia entre microsítios y años, se hizo mediante la prueba no paramétrica de Kolmogorov – Smirnov como comparaciones de dos muestras (Sokal y Rholff, 1995). Para ello se acomodan las



especies de acuerdo con su rango de abundancia global, en este caso en orden creciente, es decir de menor a mayor abundancia.

Este procedimiento de comparación de dos muestras se basa en la distancia máxima que se presenta en la distribución acumulada de las abundancias de especies. Es más recomendable que una prueba de Ji-cuadrada ya que usa la información existente en el ordenamiento jerárquico de las categorías, en este caso las especies. Con ello se calcula un estadístico de prueba que compara con uno tabulado para la distribución teórica y se decide si las curvas son iguales (hipótesis nula) o diferentes. Esta prueba puede estimar un valor de significancia observado solo si existen más de 15 elementos (plántulas germinadas) en la categoría (en este caso especies).

Para realizar los análisis estadísticos se usó el software Statistics (Versión 7.1) (Analytical Software, 2000). La comparación de curvas rango – abundancia se presenta en una matriz para los microsítios y años, así como ejemplos gráficos de los casos más contrastantes Para describir también como un todo a la comunidad del banco de semillas germinable, Se determinó la riqueza y se calculo la diversidad y equidad se con el índice de Simpson, ya que este índice es más sensible a las especies abundantes que a las especies raras.

### 3. Resultados

Se contabilizaron un total de 778 individuos de 42 táxones en los 2 años (Anexo 1), de las cuales aparecieron 21 en el año 2004 y 32 en el año 2005. Del total de especies encontradas 27 corresponden a especies herbáceas, 14 a especies gramíneas y una leñosa (*P. laevigata*). En los dos años del estudio, 10 especies se presentaron una sola vez en el BS y siete de ellas lo hicieron dos veces (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Número total de individuos emergidos por especie en el banco de semillas germinable en cada manchón para los años 2004 y 2005.

Especies	Manchón y año										TOTAL	
	AA		Buda		Cyst		Hibe		Scbr			
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005		
<i>Chenopodium graveolens</i>						1						1
<i>Flaveria trinervia</i>						1						1
<i>Gibasis linearis</i>											1	1
<i>Lotus oroboides</i>			1									1
<i>Lycurus phleoides</i>									1			1
<i>Microchloa kunthii</i>						1						1
<i>Oxalis</i> sp						1						1
<i>Physalis</i> sp									1			1
<i>Prosopis laevigata</i>		1										1
<i>Verbesina</i> sp								1				1
<i>Aster</i> sp				1					1			2
<i>Dyssodia acerosa</i>			2									2
<i>Eragrostis curvula</i>									2			2
<i>Gnaphalium</i> sp						1		1				2
<i>Hydrophyllaceae</i>							2					2
<i>Loeselia</i> sp						1				1		2
<i>Salvia</i> sp										2		2
<i>Lotus</i> sp			2			1						3
<i>Sporobolus cryptandrus</i>						1			2			3
<i>Verbena bipinnatifida</i>		1				1			1			3
<i>Bouteloua simplex</i>				4								4
<i>Erodium cicutarium</i>						1	1			2		4
<i>Sida abutilifolia</i>						1	3					4
<i>Bouteloua hirsuta</i>						1			2		2	5
<i>Bahia schaffnerii</i>		1		1		1	1		1		1	6
<i>Plantago linearis</i>			2			2	2			1		7
<i>Loeselia coerulea</i>							2			6		8
<i>Plantago nivea</i>				2					2		3	9
<i>Hilaria belangeri</i>				2					9			11
<i>Dyssodia</i> sp		3		2					2		1	12
<i>Eragrostis</i> sp			4			1	2			5		12
<i>Mecardonia procumbens</i>		10										13
<i>Buchloë dactyloides</i>			4	6		3	1		1			15
<i>Eragrostis cilianensis</i>		1	2	1		2		10			1	17
<i>Leptochloa dubia</i>			7			3		7		3		20
<i>Lobelia xalapensis</i>		1		6			16		2			25
<i>Portulaca mexicana</i>	2		1	2	11	3	3	3	3	5	1	31
<i>Euphorbia postrata</i>	3	2		3	7	4	9	3	3	3	4	38
<i>Eriogonum</i> sp			11		9		23	4	2			49
<i>Cyperus</i> sp		12	1	9	8	10	14	14	10		3	81
<i>Aristida adscencionis</i>	1		22	3	11	15	66		48		15	181
<i>Muhlenbergia depauperata</i>			12		26	2	134		19			193
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>32</b>	<b>71</b>	<b>42</b>	<b>85</b>	<b>73</b>	<b>278</b>	<b>50</b>	<b>109</b>	<b>32</b>		

Con esta cantidad de especies presentes en una o dos muestras del BS, se puede estimar (Colwell y Coddington, 1994) que no estuvieron presentes o representadas siete especies potenciales. Se puede decir que este BS se encuentra empobrecido con respecto al esperado en base a su patrón de abundancias.

El manchón con más táxones presentes en el estudio fue Cyst, con un total de 22 en el año 2005, mientras que el área abierta (AA) solo presentó tres especies durante el año 2004, pero en el 2005 aparecieron nueve especies. Fue notorio que especies como *Cyperus sp* emergieron en todos los manchones, con excepción del año 2004 en el área abierta; *E. postrata* no estuvo presente durante el primer año en el manchón de Buda, y *P. mexicana* no se presentó en el año 2005 en área abierta.

Las especies que en ambos años tuvieron el mayor número de individuos germinados fueron *A. adscencionis*, *B. dactyloides*, *E. postrata*, *M. depauperata* y *P. mexicana* (Figs. 4 y 5). La especie con más individuos en 2004 fue *M. depauperata* seguida de *A. adscencionis*. De un total de 32 especies para el año 2005, las representadas con más individuos fueron *A. adscencionis* y *Cyperus sp* (Fig. 5). Para la lista de especies y sus acrónimos ver el Anexo 1.

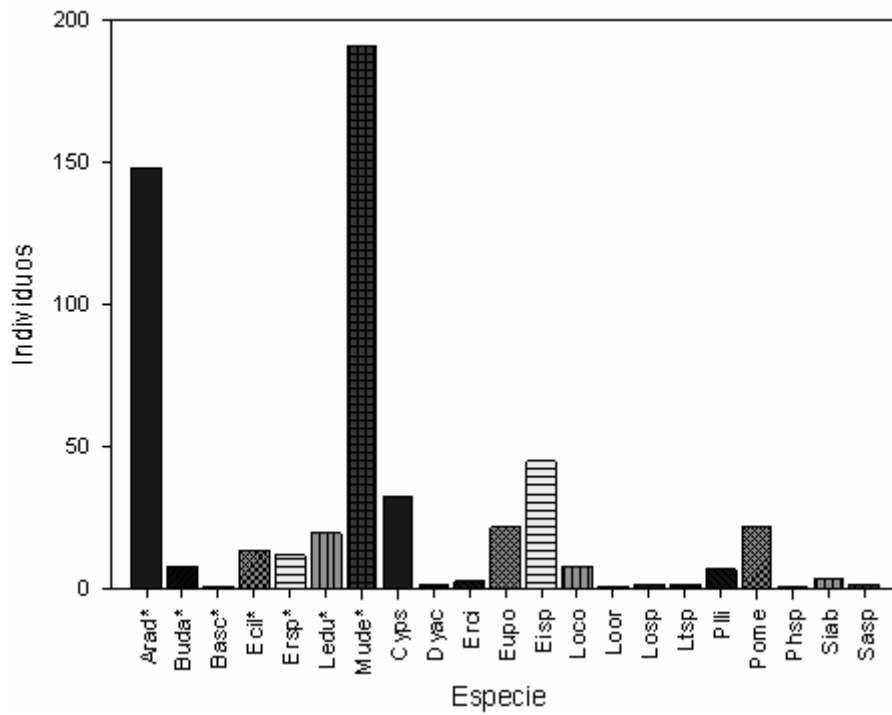


Figura 4. Número de individuos por especie en el BS germinable del año 2004. Las especies marcadas con (\*) son gramíneas.

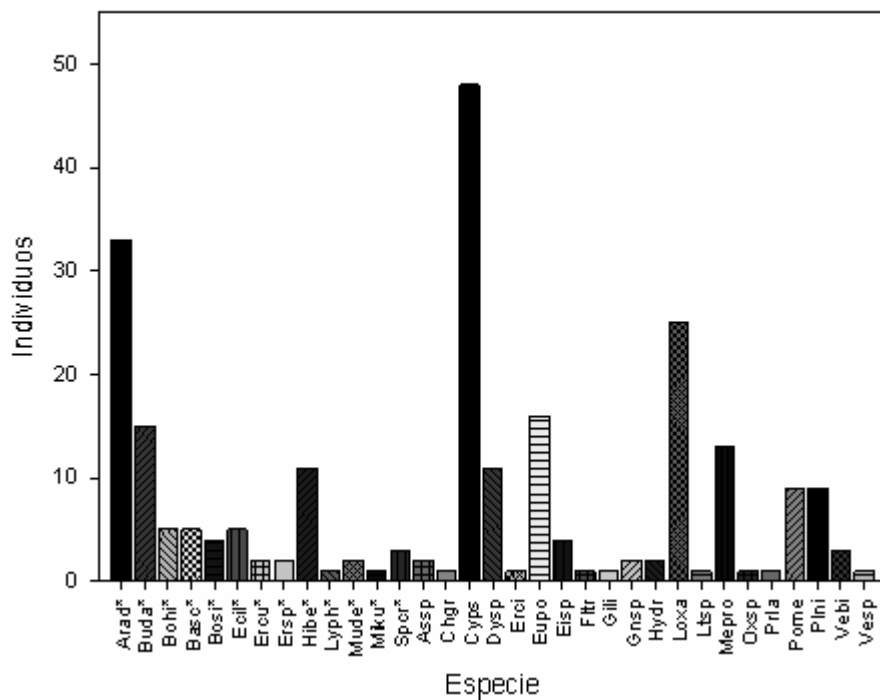


Figura 5. Número de individuos por especie en el BS germinable del año 2005.

Los datos obtenidos para la diversidad de la comunidad del BS en los micrositios se presentan en la Tabla 3.2. Para el año 2004 los micrositios con mayor riqueza fueron los de Hibe y Scbr con 15 especies presentes, mientras que el AA solo presentó 3 especies. La riqueza esperada mayor en este año fue para el micrositio Scbr con 39 especies, muy por encima de la observada, que fue de 15. Para el año 2005 el sitio con mayor riqueza observada fue Cyst con 22 especies. Por la gran cantidad de especies con un solo individuo germinado, la riqueza esperada para este micrositio fue de 238, valor que está muy por encima de las calculadas para los micrositios restantes.

Tabla 3.2. Comparación de Riqueza, Diversidad y Equidad en los micrositios muestreados.

	AA		Buda		Cyst		Hibe		Scbr	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Riqueza observada	3	9	13	13	13	22	15	16	15	10
Riqueza esperada	3	21	31	31	22	238	28	91	39	22
Diversidad*	2.57	3.91	5.94	8.56	6.33	8.14	3.32	7.35	4.12	3.82
Equidad	0.06	0.09	0.14	0.20	0.15	0.19	0.08	0.18	0.10	0.09

\*Índice de Simpson

La diversidad fue mayor para el año 2005 ( $6.35 \pm 1.03$ , media y error estándar) respecto a la del 2004 ( $4.45 \pm 0.73$ ), aunque sin ser diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ; prueba de t para muestras apareadas). La mayor diversidad se obtuvo en los manchones de *B. dactyloides* para el año 2005 (Tabla 3.2). Para el año 2004 los micrositios más diversos fueron Buda y Cyst con 5.94 y 6.33, respectivamente. El área abierta fue el más bajo en diversidad con 2.57. En el 2005 se presentaron dos micrositios con diversidades altas Buda y Cyst (8.56 y 8.14), aunque Hibe también presentó un índice relativamente alto en comparación con AA (2.57) y Scbr (3.82). La interpretación del índice de Simpson tiene que ver con la probabilidad de que dos individuos elegidos al azar de una población infinita, sean de la misma especie. El valor 6.33 para Cyst en 2004, por ejemplo, indica que hay un 0.1579 (obtenida de  $1/6.33$ ) de probabilidad de que de dos individuos seleccionados al azar de esa muestra éstos sean de la misma especie. Una

probabilidad baja de especies iguales en dos elementos elegidos al azar indica una diversidad alta.

Los valores de equidad para ambos años y para los micrositios en general fueron bajos. Esto es un indicio de que en estos micrositios pocas especies dominan sobre todas las demás y que es un atributo mas o menos constante para el banco de semillas estudiado.

### 3.1 Patrones de composición y abundancia de especies del banco de semillas

El análisis de ordenación mostró el contraste (Fig. 6) que estuvo dado por el micrositio de *C. stolonifera* de la fecha 2 (Cyst 2) y el área abierta de la fecha 1 (AA 1), los que presentan la menor similitud. Por el contrario los micrositios Cyst 1 y Hibe 1 presentaron una similitud de 100% por la composición y abundancia de especies de sus BS. Existe una separación buena entre los años, a excepción del BS de *S. brevifolius* del 2005 (Scbr 2) que presentó una semejanza relativamente alta con Hibe y Cyst, en la parte central del dendrograma.

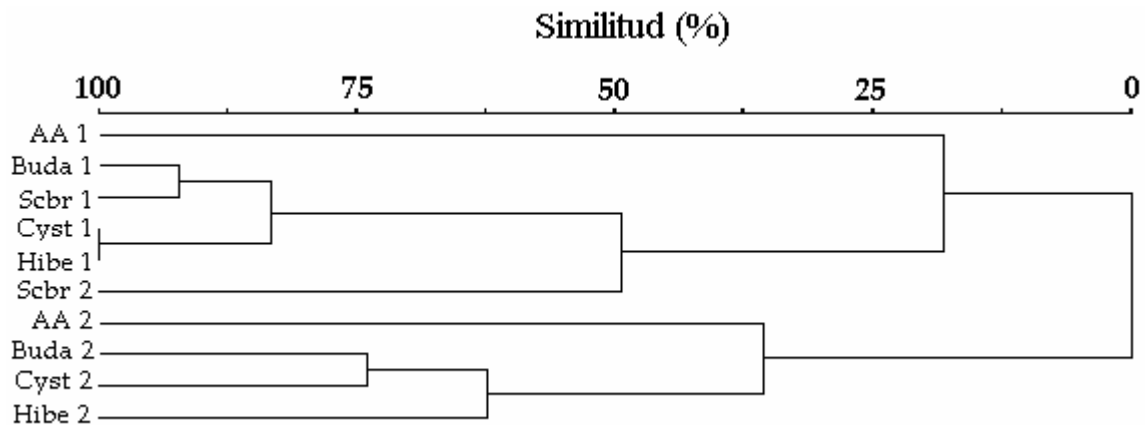


Figura 6. Conformación de grupos de sitios y fechas de acuerdo a su composición del banco de semillas germinable mediante el índice de Jaccard.

Los métodos de ordenación también son una buena herramienta descriptiva para mostrar, a partir de toda la información, las posibles diferencias en la conformación del BS. Los resultados encontrados para el banco de semillas germinables mediante DCA para manchones, reveló el agrupamiento de sitios que pueden

presentar patrones similares en cuanto a la relación entre el micrositio y su ciclo de riego. La inercia total de los datos de las especies fue de 2.07; la longitud del gradiente (en desviaciones estándar) en los ejes 1 y 2 fue de 3.07 y 1.79, respectivamente. Los respectivos valores propios de los ejes fueron 0.579 y 0.162.

Los gráficos de estos resultados (Fig. 7a) evidencian que sobre el eje 1 de DCA también es posible distinguir el patrón de agrupamiento de los BS por año y sobre el eje 2 se separan los micrositios. Los manchones del año 2004 tienen valores bajos y los manchones del 2005 presentaron valores altos en el eje 1 de DCA. Sobre el eje 2 el contraste está dado por el BS del manchón AA del año 2004 (AA 1), que presenta valores bajos, y el BS del manchón de Scbr para el año 2 (2005), que tiene una calificación alta en el eje 2. El eje 1 permite separar entre años a los BS y en el eje 2 se muestra la diferencia entre micrositios. Es notorio también que de ambos años existe una fecha que se separa de su grupo, para los de la fecha 1 el manchón desagregado es el área AA, y para la fecha 2 el manchón de Scbr.

Los pesos de las especies en el análisis del DCA realizado representados en un gráfico de los dos primeros ejes (Fig. 7b), indican que hay dos grupos principales de especies por su afinidad de composición y abundancia en los BS estudiados. Este patrón recupera los resultados de la matriz de correlación de especies en el BS (datos no presentados).

Las especies que tuvieron una correlación muy alta aparecen próximas en la figura, como las especies Arad, Erci, Ltsp y Ecil (acrónimos de especies en el Anexo 1). Estas especies son oportunistas y de estrategia ruderal, que son abundantes y con afinidad para presentarse juntas. No aportan información para separar los BS sobre el eje 1, por tener pesos cercanos a ceros sobre dicho eje.

La especie Gili se comportó como un aberrante y tiene peso alto sobre el eje 2; se ubica sola en el extremo de este eje y solo estuvo presente en el banco de semillas Scbr 2. Es la razón por la que este BS se separa en el gráfico de ordenación. Otras especies que se separan ligeramente son Eupo y Pome (con

pesos bajos en el eje 2) en un subgrupo pequeño entre los dos grupos grandes de especies.

Estas especies se separan porque son las representadas en el BS AA 1, donde Pome representó el 50% de los individuos en el año 2004. Hay otras especies con cierta separación del resto, como Plni que apareció solo en manchones del año 2004 con excepción de AA y Bohi que por el contrario solo apareció en tres manchones del 2005.

Uno de los grupos grandes de especies del BS, el más numeroso, tiene en su periferia a Oxsp, Basc, Buda y Prla. El otro grupo nutrido de especies lo conforman especies como Ersp, Ledu, Mude y Siab. Estas especies tienen relación con los BS de Buda 1 e Hibe 1. Por último, está el grupo conformado por Lyph, Sasp, Pysp y Loco. Este último subgrupo es el distintivo del BS encontrado en Scbr 1.



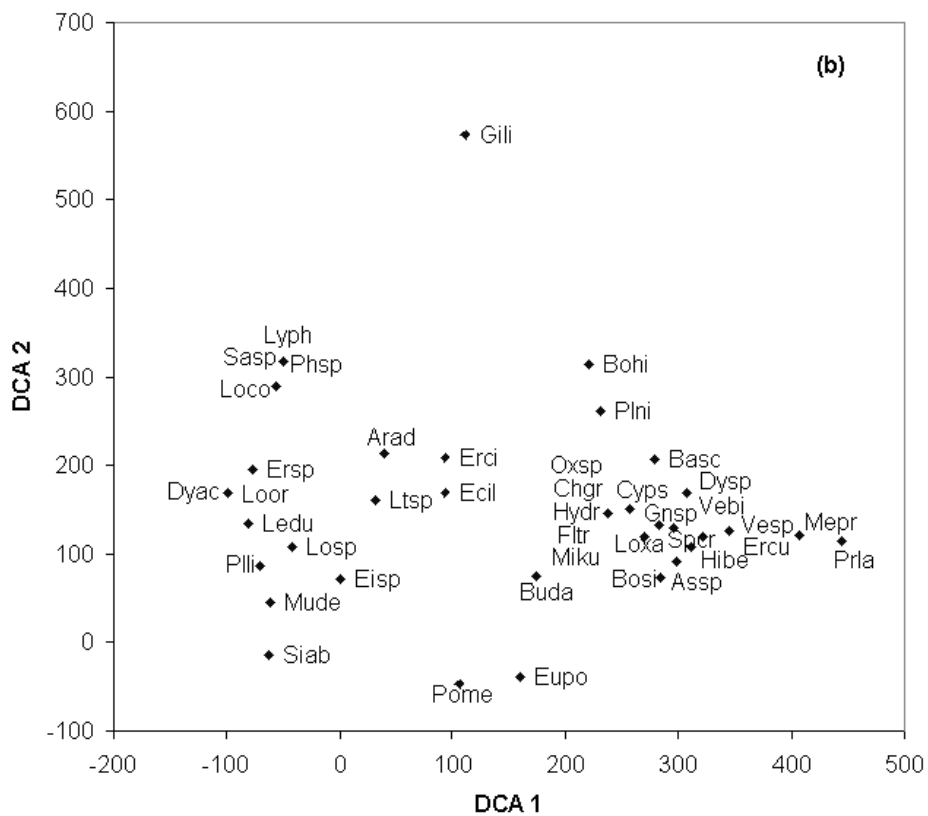
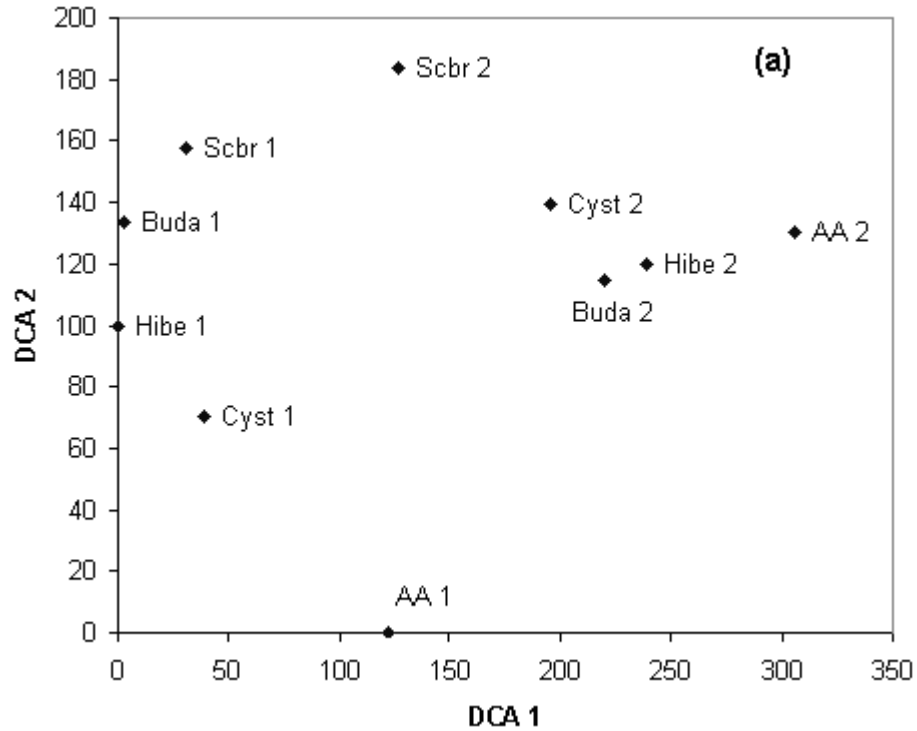


Figura 7. Análisis de correspondencia (DCA) donde se asocian los manchones de los años muestreados (a) a las especies de plántulas emergidas (b).

Otra forma de comparar globalmente los datos del BS es mediante las curvas de rango de abundancia de las especies. La prueba de Kolmogorov – Smirnov permite hacer esto comparando por pares las curvas acumuladas de especies ordenadas por su rango de abundancia.

De las 45 comparaciones posibles de realizar, no se obtuvo por completo las del área abierta del año 1 (AA 1) con el resto de los manchones. La mayoría de las comparaciones fueron diferentes entre micrositios - año para este estudio (Tabla 3.2). Para el caso de AA 1 solo se tuvo un total de seis plantulas germinadas para las 10 muestras en los tres ciclos de riego, se requiere un mínimo de 15, por lo que no se pudo estimar el valor de probabilidad asociado al estadístico de prueba, sin embargo fueron claras las diferencias entre años (Fig. 8a).

De las 36 comparaciones que fue posible (Tabla 3.2) hacer, 10 no fueron significativas, es decir los BS de semillas no fueron diferentes; 23 presentaron diferencia altamente significativa ( $P < 0.001$ ) y tres fueron significativas ( $P < 0.05$ ). La forma de estas curvas se aproxima a la de un modelo geométrico (Stiling, 1999) donde hay poca equidad en la distribución de las especies. A lo sumo algunas de las curvas se aproximarían al modelo log - normal.

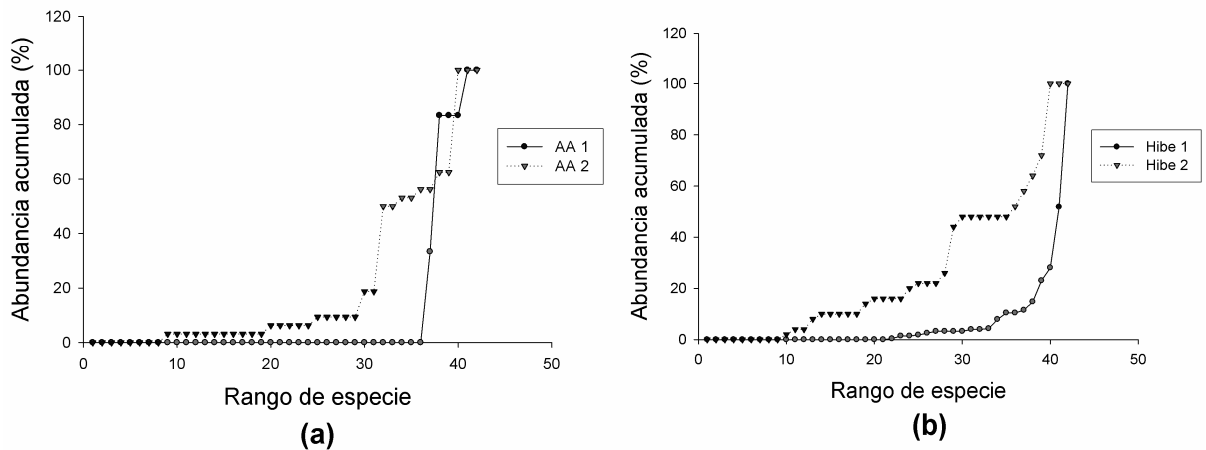


Figura 8. Curvas de rango – abundancia de las semillas germinadas para los micrositios Área Abierta (a) e *H. belangeri* (b) en los dos años estudiados.

En el eje de abscisas de la Fig. 8 se muestran las especies en orden creciente de abundancia (para todo el estudio) y su abundancia para el sitio, en el eje de ordenadas. Es claro que tres de las especies más abundantes (Pome, Eupo y Arad) del BS son las únicas que aparecieron en el área abierta del año 1, en tanto que para el año 2 hubo aporte de semillas de especies con menor rango de abundancia general; dos especies fueron las que más contribuyeron aquí, una herbácea (Mepr) y una Cyperaceae (Cysp).

Algo similar ocurrió en el micrositio Hibe donde el BS del año 1 fue menos diverso y el aporte más importante lo hicieron las cuatro especies con mayor rango de abundancia. Sin embargo, en general la forma de la curva del año 1 es similar a la respectiva del área abierta (Fig. 8b).

Tabla 3.2 Valores del estadístico de la prueba Kolmogorov – Smirnov (los valores de P se encuentran encima de las celdas oscuras, ND = probabilidad no disponible por pocos individuos (< 15); NS =diferencia no significativa; P< 0.05, y \*\* P << 0.01).

		<b>Manchón y año</b>								
	AA 1	AA 2	Buda 1	Buda 2	Cyst 1	Cyst 2	Hibe 1	Hibe 2	Scbr 1	Scbr 2
Plántulas	6	32	71	42	85	73	278	50	109	32
AA 1		0.56	0.48	0.60	0.47	0.48	0.69	0.52	0.56	0.40
AA 2	ND		0.48	0.21	0.44	0.23	0.72	0.35	0.61	0.47
Buda 1	ND	**		0.41	0.19	0.28	0.31	0.48	0.21	0.17
Buda 2	ND	NS	**		0.44	0.16	0.65	0.20	0.54	0.40
Cyst 1	ND	**	NS	**		0.38	0.28	0.44	0.18	0.31
Cyst 2	ND	NS	**	NS	**		0.49	0.23	0.38	0.26
Hibe 1	ND	**	**	**	**	**		0.72	0.31	0.48
Hibe 2	ND	*	**	NS	**	NS	**		0.61	0.47
Scbr 1	ND	**	*	**	NS	**	**	**		0.17
Scbr 2	ND	**	NS	**	*	NS	**	**	NS	

### 3.2 Individuos germinados por micrositio y año

Los datos del número de semillas germinadas no cumplieron con los supuestos del ANOVA, esto se debió básicamente a la presencia de muchos ceros; ya que ninguna transformación modifica esto, se siguió una alternativa no paramétrica para su análisis. La prueba de Kruskal – Wallis es para un modelo de una sola vía, por lo que con la combinación de micrositio y fecha se generó una sola variable de clasificación. Los resultados indicaron que el número de semillas germinables por manchón y por fecha fueron diferentes estadísticamente ( $\alpha = 0.05$ ). En la comparación múltiple de medias de Kruskal – Wallis se obtuvo una  $F = 7.41$  con  $P << 0.01$  (Fig. 9).

Los números de semillas germinadas se transformaron a densidad por metro cuadrado, extrapolando el área de muestreo de  $100 \text{ cm}^2$  a un metro cuadrado. La densidad de semillas/ $\text{m}^2$  osciló de 60 (AA 1) hasta 2780 (Hibe 1) y con un

promedio para todo el estudio de 778 semillas germinables por m<sup>2</sup> (error estándar de 117.4).

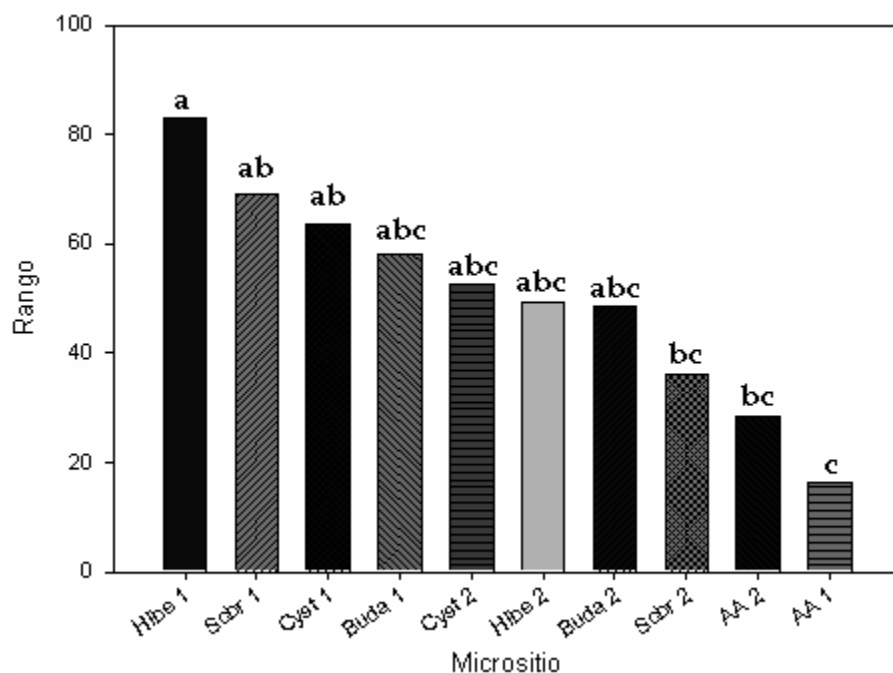


Figura 9. Comparación múltiple de medias del número de semillas geminadas con la prueba de Kruskal – Wallis. Letras distintas encima de las barras indican diferencias estadísticas entre micrositios.

Los rangos medios por sitio y su respectiva media de semillas germinadas por micrositio y año permiten observar el gradiente de abundancias de semillas en los reservorios del suelo de este estudio (Fig. 10).

Las barras sobre el eje de ordenadas representan el error estándar de cada tratamiento (micrositio y año). El BS de los manchones de Hibe fue muy fluctuante entre los dos años, pasando de 2780 ( $\pm$  783) en 2004 a 500 ( $\pm$  136) en 2005, notándose además su gran variación entre muestras para el primer caso.

Este micrositio es el causante principal de la falta de homogeneidad de la varianza para llevar a cabo el ANOVA. En contraste, el área abierta fue el que osciló poco entre años y mostró los rangos menores y los bancos de semilla mas empobrecidos.

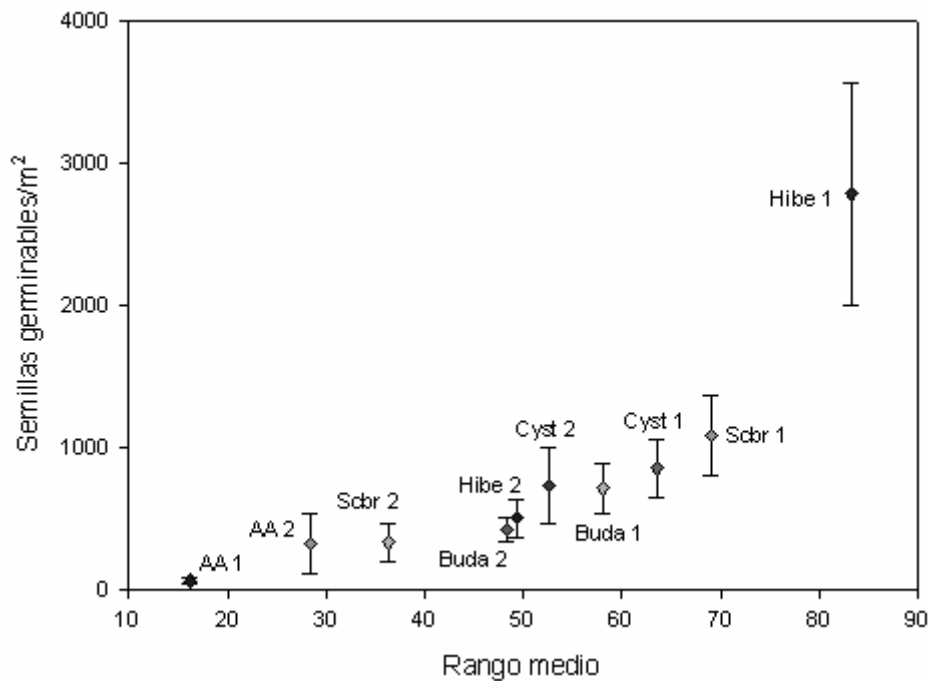


Figura 10. Densidad de semillas germinables por  $m^2$  en el reservorio de los micrositios en los dos años consecutivos, ordenadas por rango y promedio. Los dígitos 1 y 2 corresponden a los años de muestreo 2004 y 2005 respectivamente.

### 3.2 Efecto del ciclo de riego

Los pulsos de germinación asociados a la posible dormición de semillas se presentan para los tres ciclos por año en la Fig. 11. Las fechas a, b y c corresponden a los tres periodos de riego en cada año.

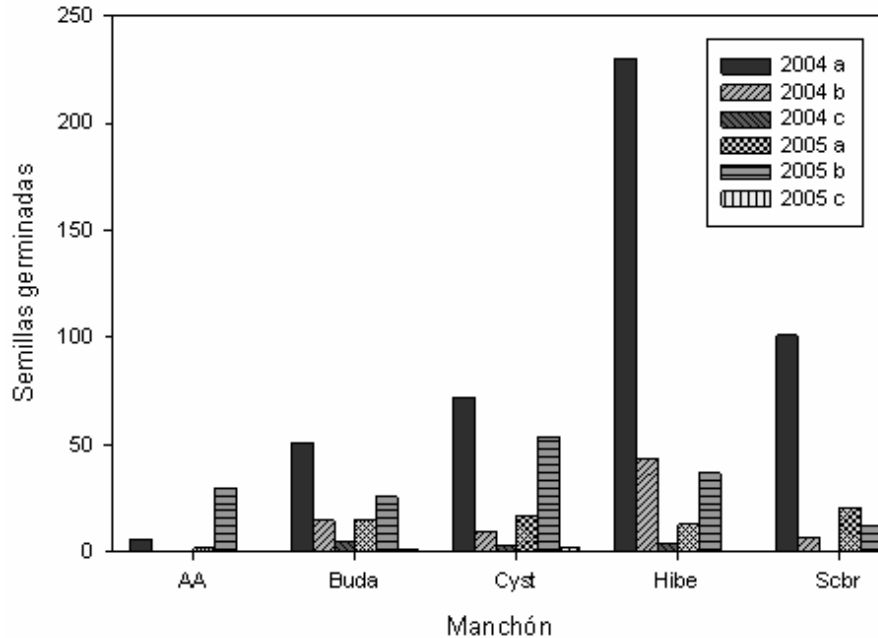


Figura 11. Número de semillas germinadas por manchón y ciclo de riego (a, b y c) para los años 2004 y 2005.

La prueba de Ji-cuadrada para la interacción micrositio por ciclo de riego mostró interacción significativa entre estos factores ( $P << 0.001$ , Tabla 3.3). De las contribuciones parciales de las celdas sobresale la de AA en el segundo ciclo de riego del año 2005 (2005 b, Fig. 11) que presentó más semillas germinadas que las esperadas solo por azar. Esto se interpreta como un indicio de dormición de semillas en este micrositio en el segundo año del estudio. En general para el segundo ciclo de riego del año 2005 hay evidencias de mayor dormición de semillas. De un total de 230 semillas germinadas en el año, germinó 69% en el segundo ciclo de riego, en tanto que en el BS del 2004 un 84% germinó en el primer ciclo de riego.

Tabla 3.3. Prueba de  $\chi^2$  (20 grados de libertad) para la interacción de manchón y ciclo de riego (a, b y c) para los datos de semillas germinadas. Se presentan los valores observados, los esperados y la contribución de cada celda a la Ji – cuadrada global.

Manchón		2004			2005			Total
Ciclo de riego		a	b	c	a	b	c	
AA	Observado	6	0	0	2	30	0	38
	Esperado	22.47	3.71	0.59	3.32	7.77	0.15	
	Ji-cuadrada	<b>12.07</b>	3.712	0.586	0.526	<b>63.655</b>	0.147	
Buda	Observado	51	15	5	15	26	1	113
	Esperado	66.81	11.04	1.74	9.88	23.09	0.44	
	Ji-cuadrada	3.742	1.422	6.087	2.658	0.366	0.731	
Cyst	Observado	72	10	3	17	54	2	158
	Esperado	93.42	15.43	2.44	13.81	32.29	0.61	
	Ji-cuadrada	4.911	1.913	0.13	0.737	<b>14.596</b>	3.175	
Hibe	Observado	230	44	4	13	37	0	328
	Esperado	193.93	32.04	5.06	28.67	67.03	1.26	
	Ji-cuadrada	6.708	4.463	0.222	8.563	<b>13.456</b>	1.265	
Scbr	Observado	101	7	0	21	12	0	141
	Esperado	83.37	13.77	2.17	12.32	28.82	0.54	
	Ji-cuadrada	3.729	3.331	2.175	6.108	9.813	0.544	
<b>Total</b>		460	76	12	68	159	3	778

$$\chi^2_{\text{global}} = 181.54 \quad P \ll 0.01$$

El número de individuos encontrados por manchón, indica que en la fecha uno se presentó la mayor cantidad para todos los manchones, mientras que en el área abierta (AA), tuvo un mayor número de individuos en la fecha cinco (el segundo ciclo de riego del año 2). Las fechas con menor número de individuos germinados son la “c”, correspondientes a los últimos periodos de riego de ambos años.

En el primer ciclo germinaron un total de 549 plántulas, la mayoría (50%) en los parches de Hibe. Pero también casi la mitad de ellas (134) fueron de una sola especie, *Muhlenbergia depauperata*. El segundo año se caracterizó por un BS mas pobre, germinaron 229 semillas. Hubo mas equidad entre micrositos, el que mas aportó fue el de *Cyclostachya stolonifera*, con 32% del total de individuos del ciclo, aún los manchones sin vegetación aportaron un 14% de las semillas germinadas.

La distribución de especies entre los manchones de Cyst tuvo más equidad, ya que las tres especies germinadas con mayor frecuencia aportaron el 56% del total.



El resto estuvo repartido en otras 19 especies representadas en el BS. De hecho, este micrositio fue el que presentó la mayor riqueza de especies con 22 de los 42 táxones registradas en el estudio.

La comparación de curvas de rango – abundancia de especies entre años mostró diferencias estadísticas ( $P \ll 0.01$ ), con la prueba de Kolmogorov – Smirnov. La curva del año 1 presentó menor equidad por el predominio de una de las especies, *Muhlenbergia depauperata*, como ya se indicó previamente, la que no fue tan abundante en el segundo ciclo.

Un análisis de tabla de contingencia 5 (micrositios) x 2 (años) mostró efectos altamente significativos ( $\chi^2 = 113.51$ ,  $P \ll 0.01$ ) para la interacción de estos factores en la variable plántulas germinadas. Las mayores contribuciones a esta interacción las dieron el sitio AA, que en el segundo año presentó 32 plántulas, mientras que en un proceso aleatorio se esperarían solo 11. Esto indica que el patrón de semillas germinables del año 2005 no fue el mismo que el del año previo, cuando se considera el BS de ambos años en los cinco micrositios estudiados. De igual modo, en los manchones de Hibe del segundo año, donde en un proceso al azar se esperarían 97, solo se registraron 50 semillas germinadas.

Los manchones de Cyst presentaron en el segundo año más plántulas (73) de las que se esperaba en un proceso al azar (47). Todo esto es un indicativo de las fluctuaciones espacio – temporales que presenta el BS en estos ambientes restrictivos e impredecibles en las variables climáticas.

Para considerar la posibilidad de existencia de dormición en las semillas, se analizó la germinación por ciclo de riego. El comportamiento de la germinación del BS en los tres ciclos de humedecimiento de las muestras indica que hay un proceso de dormición en algunos casos. Para el ciclo 1 del primer año la mayoría de las especies germinó entre 71 y 100%, por el contrario, el segundo año las especies germinaron entre 6 y 63% en el primer ciclo y entre 36 y 93% en el

segundo ciclo de riego. Mediante un análisis de tabla de contingencia de sitios por ciclo de humedecimiento (5 micrositos x 6 ciclos de riego) se encontró significativa la interacción de estos factores ( $\chi^2 = 181.54$ ,  $P < 0.01$ ).

De los casos que mas contribuyeron a esta interacción se resalta el sitio AA en el segundo ciclo de riego, donde se registraron 30 plántulas germinadas y por azar se esperaban solo ocho; otro caso del segundo ciclo de riego fue el de Cyst, donde ocurrieron 54 plántulas y se esperaban por azar 32. Esta interacción se relaciona con la dormición de las semillas, y con el fin de romperla se aplicaron alternadamente riego y sequía a las muestras.

#### 4. Discusión

Hubo un efecto claro del micrositio y el año en la composición y abundancia de especies en el banco de semillas estudiado. No obstante, se presentaron muchas muestras con cero semillas germinadas, al igual que una sola especie por muestra. Estas especies podrían considerarse como raras, ya que solamente se presentaron en el micrositio Cyst y particularmente en el año 2005. Esto es una evidencia de la heterogeneidad espacial tan alta y el sesgo hacia valores bajos, es decir un reservorio pobre de semillas y con poca equidad. Sin embargo, existieron los otros extremos de una alta concentración de semillas en la unidad de muestreo usada. Esto es consistente con hallazgos en ambientes similares (Lortie y Turkington, 2002) que documentan que el BS tiende a presentar zonas de alta concentración de semillas.

En el micrositio Hibe del año 1 (2004) se puede distinguir claramente que este manchón estuvo por encima de los micrositos restantes, incluso respecto al mismo sitio del año 2 (2005), aunque no se encuentran referencias de la calidad que *H. belangeri* pudiera tener como microambiente para la germinación de otras especies. Se considera que podría ser un sitio de mayor posibilidad para el establecimiento de plántulas, siempre y cuando se establezcan las condiciones adecuadas para que las semillas no lleguen a presentar efectos de inhibición (Jurado y Flores, 2005).

Las diferencias entre años y sitios se puede atribuir a las fluctuaciones de lluvia que existen entre cada año, lo que puede traer como consecuencia un efecto ambiental sobre la planta madre y la respuesta en la producción de semillas, que se puede traducir en efectos sobre la viabilidad y la germinación de éstas (Hereford y Moriuchi, 2005; Luzuriaga *et al.* 2006). Con datos de precipitación para la estación disponible más cercana (Pinos, Zac.; datos inéditos proporcionados por la CNA), se encontró que la lluvia registrada de abril a octubre (estación de crecimiento) durante el año 2004 fue mayor por 55 mm que el promedio histórico (372 mm) para los mismos meses, lo cual puede ser una razón por la que el banco

de semillas para dicho año haya sido más abundante. No están disponibles aun los datos de precipitación para el año 2005, por lo cual no se puede hacer una comparación directa entre ambos años en este sentido. Sin embargo, de acuerdo a lo que observamos en el sitio, el 2005 fue un año relativamente seco. Esta dependencia del BS con la lluvia de la estación de crecimiento previa se ha documentado en otros ambientes semiáridos (López, 2003). Se encontró evidencia de una relación entre el total de semillas germinadas y la existencia de letargo. El segundo año se detectaron menos semillas en el suelo y ocurrió una mayor proporción de semillas que germinaron hasta el segundo ciclo de riego. Esto no coincide con lo referido por Steadman *et al.* (2004) que indican que en condiciones de menor humedad durante el desarrollo de la semilla, la dormición se rompe más rápido, sin embargo esto es para plantas cultivadas. En cambio Hacker (1984) informa que ecotipos de climas secos presentaron mayor dormición de semillas, pero con cierto grado de dependencia genética, mas que ambiental.

Las zonas desprovistas de vegetación fueron consistentemente las que presentaron menor cantidad de semillas. Esto indica que es un hábitat poco adecuado para el establecimiento potencial de plántulas nuevas, limitado por la formación del BS. Por otra parte, los manchones de *Hilaria belangeri* fluctuaron de altos a intermedios en concentración de semillas en el suelo y por tanto puede ser considerado como un buen hábitat para la formación de un BS. En parte esto se puede deber a que para las semillas expuestas en un suelo sin vegetación hay mas posibilidad de ser depredadas o arrastradas por el viento y por las lluvias. El efecto del mantillo, la vegetación epígea o el microrelieve ha sido estudiado en ambientes similares; Marone *et al.* (2004) encontraron BS empobrecidos de semillas de pastos en áreas abiertas, respecto a los de manchones de gramíneas.

Los resultados obtenidos de riqueza muestran que los sitios con menor riqueza de especies son AA y Scbr, por otra parte las especies que se encontraron en estos micrositos, son especies ruderales que incrementan su abundancia conforme se

aumenta la intensidad de pastoreo, lo cual indica que son especies indicadoras de lugares con mayor grado de disturbio o deterioro (Molina, 1990).

El parecido de los manchones en su BS, como el de Hibe 1 y Cyst 1, se debe a las especies que tuvieron en común. Estos manchones compartieron 11 especies. Por otro lado, los manchones con menor semejanza (AA 1 e Hibe 2) se explican en gran parte por diferencias en la identidad y cantidad de las especies emergidas en estos manchones, ya que en estos dos se presentaron la menor y la mayor cantidad de especies respectivamente. En ambos se presentaron *Portulaca mexicana* y *Euphorbia prostrata* en cantidades comparables; *Cyperus* sp., la tercera especie en importancia del BS, no se presentó en las muestras del área abierta en el año 2004, en tanto que en las muestras de Hibe del 2005 si fue abundante.

El impacto del pastoreo en el banco de semillas depende de su severidad en décadas o años precedentes y la coincidencia con sequía en ese intervalo de tiempo. Los parches de suelo desnudo poseen una densidad baja de semillas, en tanto que en áreas con vegetación perenne, depresiones o superficies cubiertas con mantillo de plantas, se encuentran densidades altas de semillas. Estas últimas zonas pueden actuar como “sitios seguros” por proveer condiciones favorables para el establecimiento de plántulas (Kinloch y Friedel, 2005a; 2005b).

Las diferencias en atributos morfológicos de las especies estoloníferas de los manchones que constituyen primero “trampas” para las semillas y la disminución en los riesgos de factores como escorrentías o depredación que conducen a perdidas posteriores a la dispersión. La importancia de la cobertura vegetal en el BS se evidenció porque en el área abierta fue el micrositio en que hubo menor germinación de plántulas. Las curvas de rango-abundancia del BS de este micrositio se apegan al modelo geométrico, lo que se puede interpretar en términos de que las especies más abundantes son las que toleran más el estrés de dichos sitios, o bien las que más producción de semillas tienen (especies

ruderales). Sin embargo, es posible un efecto de cantidad de semillas que arriban a los distintos sitios (parches) de especies que forman la matriz de pastizal y la calidad del micrositio para las especies que arriban. Los pastizales desérticos están sujetos a variaciones extremas e impredecibles de clima. Así la frecuencia y duración de disturbios climáticos limitan el grado de desarrollo de la vegetación en esas comunidades (Henderson *et al.* 1988). En tales circunstancias, el rol de micrositios en la emergencia de plántulas es muy importante. Por esto los parches o individuos aislados de vegetación perenne son elementos de diversificación microambiental que influyen en la dinámica de la vegetación (Barberá *et al.* 2006).

Una vez que el suelo es alterado, el sistema se mueve hacia la pérdida adicional de los “sitios seguros”. En agostaderos sobrepastoreados las condiciones de disturbio afectan su potencial de recuperación y existen factores a escala de parches (microtopografía) que se encuentran asociados con la redistribución de agua que es importante para distintas especies de plantas en periodos de pre y post sequía. Así como el factor de distancia histórica de poblaciones arbustivas es importante para la persistencia de pastos dominantes en el altiplano a través del tiempo (Yao *et al.* 2006).

La probabilidad de que las semillas lleguen a sitios seguros es dependiente también de la estructura que presentan estas en la superficie, ya que estas características pueden eventualmente ser una ayuda para una mejor dispersión o para “anclarse” al sitio adecuado (Kinloch y Friedel, 2005b). En estudios con condiciones similares a las de este trabajo se encontró que la cantidad de semillas atrapadas y retenidas en las diferentes superficies del suelo dependen de la relación existente entre las características de la superficie del suelo y de la morfología de las semillas de especies individuales. Es decir, mientras que las relaciones entre las características de la superficie del suelo y los atributos morfológicos de la semilla determinan la cantidad de semillas atrapadas y retenidas en las diferentes superficies del suelo, las características ambientales determinan la calidad de superficies de suelo para la emergencia y sobrevivencia

de las plántulas (Chambers, 2000). En ciertas ocasiones la inhibición que se presenta en los bancos de semillas es debida a la ausencia de condiciones ambientales adecuadas, durante una parte del periodo en el cual las semillas no están dormidas, pero no es posible que germinen (Souza de *et al.* 2006).

Se ha encontrado que cuando el BS es un reflejo de la vegetación aérea y está ligado a la distribución de semillas a través del suelo, las densidades relativas no presentan una variación significativa temporal o espacialmente a través de los depósitos estudiados (Henderson *et al.*, 1988). Aunque también es importante mencionar que en lugares donde se llegan a presentar tales condiciones, los sitios de estudio se encuentran excluidos del apacentamiento por ganado.

Otra condición que permite esta dinámica son las características de la superficie del suelo, ya que en ambientes áridos y semiáridos esto determina claramente los elementos necesarios para vincular los patrones de establecimiento de especies con la estructura de la comunidad vegetal después de los disturbios, en donde la vegetación superficial es removida por el ganado. El arreglo de micrositos presentes en suelos perturbados determina la cantidad de semillas atrapadas y retenidas, y la calidad de estos micrositos, son determinantes en la germinación, establecimiento y sobrevivencia de plántulas (Chambers, 2000).

Por ejemplo; los parches de vegetación independientemente de su tamaño, pueden recibir semillas de parches cercanos o de diferentes tipos de vegetación, puesto que en estos ambientes algunas semillas son transportadas eventualmente por vientos, agua o animales, y al mismo tiempo los parches de vegetación son también fuentes de semillas que aportan material que llega a otros tipos de parches vecinos o colonizar suelo desnudo (Bertiller, 1998).

Se ha encontrado (Aguilar y Sala, 1997) que en las zonas con cobertura de pastos y mantillo, son retenidas altas densidades de semillas cuya importancia relativa es mayor en comparación con el suelo desnudo, ya que éste mantiene una densidad

relativa de semillas mas baja. Sin embargo, aunque ocurre un alto reclutamiento en micrositios de pastos, la sobrevivencia de plántulas resulta muy baja a consecuencia de alta competencia que se presenta en estos micrositios.

La especie anual *Muhlenbergia depauperata*, debido a su abundancia en este BS, podría tener un papel importante en la colonización de discontinuidades o áreas abiertas, ya que en un estudio similar (Márquez *et al.* 2002) indican que una especie de gramínea con mayor grado de abundancia encontrado de este mismo género (*Muhlenbergia peruviana*) se expresa como una especie pionera a través de efectos fundadores en relación a la comunidad establecida. Esta sería una fase muy temprana con una función básicamente de interceptora de suelo y mantillo o semillas de especies clonales mas persistentes.

Otra especie que apareció en este BS y que puede ser una colonizadora es *Sporobolus cryptandrus*, ya que en el estudio realizado por Coffin y Lauernroth (1989) se cataloga a esta especie como muy persistente y como posible especie con habilidad para recuperarse después de disturbios, ya que aunque tiene una menor abundancia, forma parte de las comunidades de la planicie central.

Los resultados encontrados en este estudio nos permiten afirmar que los manchones formados por especies estoloníferas fungen como refugios para la captación de semillas que pudieran dar lugar al establecimiento de otras especies. Es importante resaltar que en estos sistemas deteriorados por el sobrepastoreo solo algunas especies pueden llegar a la etapa de floración, por lo que las semillas producidas necesitan de lugares en los que encuentren las condiciones necesarias para germinar y establecerse.

El pastoreo afecta el desempeño de los individuos del agostadero al reducir la producción de semillas (elimina flores o semillas) y afectar la germinación y el establecimiento de plántulas (Lortie y Turkington, 2002). En este sentido, cuando



se forma el BS, contribuye a dar estabilidad al sistema en su diversidad y abundancia de especies.

El apacentamiento por ganado no permite que la mayoría de especies produzcan semilla. Pero cuando se llega a producir, las especies poco atractivas para el ganado pueden ser refugios para el establecimiento de las especies de fases serales avanzadas. El banco de semillas de gramíneas encontrado en áreas de pastoreo comunal es muy bajo en comparación de otras áreas de pastoreo (como ranchos de gobierno o reservas de pastoreo), por lo que se deduce que con sobrepastoreo continuo, la abundancia de pastos es disminuida por la sobreexplotación y la destrucción de raíces de pastos por el pisoteo del ganado, por lo consecuente, la capacidad de producción de pastos y su última contribución de semillas al reservorio se ve reducida (Solomon *et al.* 2006).

Se observa que la composición de plántulas encontrada en el banco de semillas está asociada a la vegetación epigea del área de estudio, aunque las especies presentadas en la superficie de la vegetación pudieran estar representadas muy pobremente o estar totalmente ausentes en el banco de semillas estudiado. En este caso los manchones de especies adaptadas al disturbio como *H. belangeri* y *S. brevifolius*, pueden permitir el restablecimiento de las especies climáticas menos tolerantes, una vez que las fuentes de semillas se recuperen al disminuir el pastoreo y al haber años con más lluvia. Especies perennes como Bohi e Hibe aparecieron solo en el año más seco (2005), lo que permite suponer que estas especies son las que pueden llegar a establecerse y permitir que la restauración pueda ser más sencilla.

Es importante resaltar que estudios previos de germinación realizados en un experimento para *B. dactyloides* y de *H. belangeri*, mostraron que las semillas de éstas especies presentan problemas en su germinación. Para *H. belangeri* se ha reportado que esta especie presenta infertilidad debido al colapso de su gametofito lo cual trae como consecuencia su esterilidad (Brown y Coe, 1951). Sin

embargo, pueden asegurar su persistencia en el sitio por la vía de la multiplicación vegetativa.

Las comunidades de pastizales desérticos tienen una composición del banco de semillas que suele estar pobremente correlacionadas con la vegetación epigea (Henderson *et al*, 1988). En estos casos los depósitos acumulados en el banco de semillas limitan la semejanza con la vegetación presente, aunque el BS en estos climas también puede estar influenciado por la propagación vegetativa de algunas especies, como en el caso de este trabajo, por lo cual la vegetación debe verse como resultado de varias etapas sucesionales para entender este tipo de comunidades.

Este trabajo se planteo reconociendo que las especies clonales estoloníferas van logrando un predominio gradual en condiciones de disturbio por sobrepastoreo. Sus atributos morfológicos de raíz y tallo son diferentes. Eso se manifestó en diferencias en la composición del BS. Dos de ellas (*C. stolonifera* y *S. brevifolius*) se pueden considerar como fugitivas, con potencial de colonizar áreas siempre y cuando exista algún interceptor de su semilla, que es muy ligera y movida muy fácilmente por el viento. Su establecimiento es importante para iniciar la restauración. De otro modo, como se observó, las áreas desnudas no tienen atributos para formar un buen banco de semillas. El establecimiento de plántulas va a ser difícil también porque la infiltración de agua va a ser limitada. Este es el extremo del disturbio y deberá evitar tener muchas áreas continuas en esta condición. Los manchones de Cyst son buenos porque parecen retener suelo y mantillo que arrastran los escurrimientos. También se anticipa como un buen sitio para que las semillas que lleguen ahí, tengan un buen inicio en su fase de plántula. Su raíz somera minimizará la competencia posterior y su reemplazo paulatino. Algo similar se espera que suceda con *S. brevifolius*.

Para las fases de *B. dactyloides* y *H. belangeri*, especies intermedias en la sucesión, las cosas son un poco diferentes. Su función en el BS es buena. Sin

embargo, su aptitud competitiva mayor puede evitar que las plántulas de las fases más avanzadas de la sucesión se establezcan. Su sistema radicular es más profundo y extenso. Forman carpetas muy densas de vástagos, que aunque atrapan semilla agua y mantillo, tienden a consolidar más su predominio fundador. El ingreso de las especies subsecuentes en la sucesión requiere de una investigación posterior.

## **5 Conclusiones**

Se detectó que en este agostadero, las semillas pueden responder o no a los primeros pulsos estacionales de agua para germinar y establecerse diferencialmente en los manchones de especies de pastos clonales estoloníferos. Sin embargo, la entrada de semillas de especies deseables es limitada. La mayoría son herbáceas y pastos anuales.

Se corroboró que aunque estos microsítios puedan servir como lugares seguros para las semillas, no necesariamente lo sean para el establecimiento de plántulas. Es necesario realizar experimentos detallados sobre las condiciones que ofrecen estos sitios para el establecimiento de las especies deseables.

## 6. Proyecciones a futuro

El estudio del banco de semillas en estos sistemas deteriorados es útil como herramienta de diagnóstico, para conocer el estado actual de deterioro de los agostaderos con carga excesiva de ganado. Es una herramienta relativamente sencilla que si se repite en distintas condiciones ambientales, puede permitir integrar una base de datos de especies que inclusive es difícil que aparezcan en un levantamiento convencional de vegetación. Es una manera de conocer la flora potencial de un lugar que es muy estacional y que no vemos en visitas ocasionales.

Con fines de restauración, el conocimiento del banco de semillas nos permite valorar el potencial de los sitios para conducirlos, sin prácticas de manejo costosas y riesgosas, a estados serales que aseguren un mejor desempeño ecológico. Con un mejor funcionamiento del sistema se debería lograr satisfacer los requerimientos del uso pecuario, sin poner en riesgo su estabilidad ecológica y otros servicios ambientales de estos ecosistemas.

La definición de fases serales de la sucesión secundaria como contexto del estudio del banco de semillas fue adecuada. En el transcurso del deterioro por apacentamiento se forma un mosaico de fases sucesionales cuyo potencial de restauración es distinto. Su formación es resultado de la interacción de los atributos de historia de vida de las especies de gramíneas con los herbívoros actuales y otros factores abióticos como relieve, suelo y clima. Hay aún mucho por hacer para dilucidar estos elementos, sus interacciones y su evolución temporal y relaciones espaciales. Por ejemplo, la biología, o aún la taxonomía de las especies, no es clara. Tres de ellas son dioicas y la expresión del género, su palatabilidad, así como la relación con el estrés o la intensidad de pastoreo son temas que merecen ser estudiados. Los mecanismos de dispersión de las especies clonales estoloníferas requiere un estudio mas detallado. No es claro que sitios seguros se requieren para que especies con comportamiento “fugitivo” (con buena dispersión pero débiles competitivamente), como *C. stolonifera* y *S.*

*brevifolius*. No obstante su carácter fugitivo, su persistencia se debe a su multiplicación vegetativa, por lo que una vez formados los parches pueden facilitar el ingreso de semillas de especies tardías.

También es importante estudiar la arquitectura foliar de las especies estoloníferas para determinar los mecanismos existentes entre estos y la captura y el resguardo de las semillas, es decir la determinación de los patrones de dispersión de las semillas y su relación con morfología de su cubierta, que influyen en su desplazamiento y la captación de las mismas por los manchones, así como de su dormición o latencia.

La fase que sigue es establecer experimentos de campo con plántulas o semillas de especies cespitosas deseables (*Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula*, etc.) y evaluar depredación y supervivencia en cada tipo de manchón. Esto podrá permitirnos valorar el potencial más realista de estos fragmentos de pastos estoloníferos en programas proactivos de restauración ecológica.

La producción de semilla de las especies deseables es limitada por la carga animal que se maneja actualmente. No obstante, hay cierta producción en los refugios que brindan los arbustos, donde algunas especies deseables llegan a producir semilla. Es recomendable establecer exclusiones en fragmentos de las especies cespitosas deseables, como parcelas semilleras, para que se disperse y llegue a sitios con potencial de capturarla, como los encontrados en el presente trabajo, almacenarla en la reserva, para que luego germine y se establezcan las plántulas deseables de pastos.

## Literatura citada

- Aguiar M. R. y O. E. Sala. 1997.** Seed distribution constrains the dynamics of the Patagonian steppe. *Ecology*. 78(1). 93-100.
- Analytical Software. 2000.** STATISTIX User Manual (Analytical Software, Tallahassee, FL), Ver. 7.0.
- Anton, A.M., H. E. Connor, M. E. Astegian. 1998.** Taxonomy and Floral Biology of *Scleropogon* (Eragrostideae: Gramineae). *Plant Species Biology* 13 (1), 35–50.
- Bakker J.P. and F. Berendse. 1999.** Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends Ecol. Evol.* 14: 63-68.
- Barberá, G. G, Navarro-Cano, J. A. y Castillo, V. M. 2006.** Seedling recruitment in a semi-arid steppe: The role of microsite and post-dispersal seed predation. *Journal of Arid Environment*. 67, 701-704.
- Bertiller, M. B. 1998.** Spatial patterns of the germinable soil seed bank in northern Patagonia. *Weed Sci. Res.* 8, 39-45.
- Bestelmeyer, B. T., J. R. Brown, K. M. Havstad, R. Alexander, G. Chavez, and J. E. Herrick. 2003.** Development and use of state-and-transition models for rangelands. *Journal of Range Management*. 56:114–126.
- Bestelmeyer, B.T., J. P. Ward, and K. M. Havstad. 2006.** Soil-geomorphic heterogeneity governs patchy vegetation dynamics at an arid ecotone. *Ecology*. 87:963–973.
- Blanckehagen, B. y P. Poschold. 2005.** Restoration of calcareous grasslands: the role of the soil seed bank and seed dispersal for recolonization processes. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 9 (2), 143-149.
- Bossuyut, B. y M. Hermy. 2003.** The potential of soil seedbanks in the ecological restoration of grassland and heathland communities. *Belgian Journal of Botany*. 136 (1): 23-34.
- Bossuyut, B.; Stichelmans E. y Hoffmann, M. 2005.** The importance of seed bank knowledge for the restoration of coastal plant communities – a case study of salt marches and dune slacks at the Belgian coast.
- Brown, W. V.; y G. E.; Coe. 1951.** A study of sterility in *Hilaria belangeri* (Steud.) Nash and *Hilaria mutica* (Buckl.) Benth. *American Journal of Botany*. 38 (10) 823-830.

- Chambers, J. C. 2000.** Seed movements and seedlings fates in disturbed sagebrush steppe ecosystems: Implications for restoration. *Ecological Applications*. 10 (5) 1400-1413.
- Crawley, M. J. 1990.** The population dynamics of plants. *Philos. Trans. R. Soc. London*. 330, 125–140.
- Crawley, M. J. y S. L., Brown. 1995.** Seed limitation and the dynamics of feral oilseed rape on the M25 motorway. *Proc. Roy. Soc. Lon. Ser. B Biol. Sci.* 259, 49–54.
- Colwell, R. K., y J. A. Coddington, 1994.** Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)* 345:101-118.
- Coffin, D. P. y W. K., Lauenroth. 1989.** Spatial and temporal variation in the seed bank of a Semi-arid Grassland. *American Journal of Botany*. 76(1):53-58.
- Dyksterhuis, E. J. 1949.** Condition and management of rangeland based on quantitative ecology. *J. Range Manage.* 2, 104-115.
- Everson, M. T. 1994.** Seedling establishment of *Themeda triandra* forssk. In the Montane grasslands of natal. PhD thesis. Department of Botany, faculty of science. University of Natal Pietermaritzburg. South Africa.
- Hacker J. B. 1984.** Genetic variation in seed dormancy in *Digitaria milanjiana* in relation to rainfall at the collection site. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 21, 947-959.
- Henderson, C. B., Petersen, K. E. y Redak, R. A. 1988.** Spatial and temporal patterns in the seed bank and vegetation of a desert grassland community. *The Journal of Ecology*. 76(3): 717-728.
- Hereford J. y K. S. Moriuchi. 2005.** Variation among populations of *Diodia teres* (Rubiaceae) in environmental maternal effects. *J. Evol. Biol.* 18, 124–131
- Jurado, E. y J. Flores. 2005.** Is seed dormancy under environmental control or bound to plant traits? *Journal of Vegetation Science*. 16, 559-564.
- Jutila, H. 2003.** Germination in Baltic coastal wetland meadows: similarities and differences between vegetation and seed bank. *Plant Ecology*. 166:275-293.
- Kinloch, J. E. y M. H., Friedel. 2005 a.** Soil seed reserves in arid grazing lands of central Australia. Part 1: Seed bank and Vegetation dynamics. *Journal of Arid Environments*. 60, 133-161.



- Kinloch, J. E. y M. H., Friedel. 2005 b.** Soil seed reserves in arid grazing lands of central Australia. Part 2: Availability of "safe sites". *Journal of Arid Environments*. **60**, 163-185.
- Kinucan, R. J. y F. E. Smeins. 1992.** Soil seed bank of a semiarid Texas grassland under three long-term (36 years) grazing regimes. *American Midland Naturalist*. **128** (1), 11-21.
- Luzuriaga, A. L.; Escudero, A.; Olano, J. M. y Loidi, J. 2005.** Regenerative role of seed banks following an intense soil disturbance. *Acta Oecologica*. **27**, 67-66.
- Luzuriaga, A. L.; Escudero, A., y Pérez-García. 2006.** Environmental maternal effects on seed morphology and germination in *Sinapis arvensis* (Cruciferae). *Weed Research* 46,163 .174.
- López, R.P. 2003.** Soil seed banks in the semi-arid Prepuna of Bolivia. *Plant Ecology*. 168: 85-92.
- Lortie, J. C. y R. Turkington. 2002.** The facilitative effects by seeds and seedlings on emergence from the seed and seedling on emergence from the seed bank of a desert annual plant community. *Ecoscience*. 9(1): 106-111.
- Marone, L., V.R. Cueto, F.A. Milesi & J. Lopez de Casenave. 2004.** Soil seed bank composition over desert microhabitats: patterns and plausible mechanisms. *Canadian Journal of Botany*. 82: 1809-1816.
- Márquez, S.; Funes, G.; Cabido, M.; y Pucheta, E. 2002.** Efectos del pastoreo sobre el banco de semillas germinable y la vegetación establecida en pastizales de montaña del centro de Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural*. 75:327-337.
- Mayor, M. D., Bóo, R. M., y Elia, O. R. 2003.** Seasonal variation of the soil seed bank of grasses in central Argentina as related to grazing and shrub cover. *Journal of Arid Environments*. 53: 467-477.
- McCune, B. & Mefford, M.J. 1999.** PC-ORD version 4.0, Multivariate analysis of ecological data. MjM Software Design, Gleneden Beach, OR, US.
- Milchunas D. G. y W. K. Lauenroth. 1993.** A quantitative assessment of the effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs* 63, 327-366.
- Molina, M. C. 1990.** Caracterización del banco de semillas de un pastizal con diferente grado de deterioro. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados.

- Peart, D. R. 1989.** Species interactions in a successional grassland. I. seed rain and seedling recruitment. *The Journal of Ecology*. **77**(1):236-251.
- Perez, C. J; Steven, S. W; Lowell, E. M; James, L. S. y Allen, A. S; 1998.** Seedbank characteristics of Nebraska sandhills prairie. *Journal of Range Management*. 51, 55-62.
- Quinn, J.A., D.P. Mowrey, S.M. Emanuele, and R.D.B. Whalley. 1994.** The 'Foliage is the fruit' hypothesis: *Buchloe dactyloides* (Poaceae) and the shortgrass prairie of North America. *American Journal of Botany*. 81, 1545-1554.
- Roberts, H. A. 1981.** Seed banks in soil. *Adv. Appl. Biol.* 6:1-55.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1995.** Biometry. (Freeman, New York).
- Solomon, T. B., Snyman H. A. y Smit, G. N. 2006.** Soil seed bank characteristics in relation to land use systems and distance from water in a semi-arid rangeland of southern Ethiopia. *South African Journal of Botany*. **72**, 263-271.
- Souza de, M.M., F.C. Mala y M.A. Perez. 2006.** Bancos de semillas en el suelo. *Agriscientia* 23: 33-44.
- Steadman, K.J., D. A J. Ellery, R. Chapman, A. Moore and N. C. Turner. 2004.** Maturation temperature and rainfall influence seed dormancy characteristics of annual ryegrass (*Lolium rigidum*). *Australian Journal of Agricultural Research*. 55(10), 1047–1057
- Tracy, B. F. y M. A. Sanderson. 2000.** Seedbank diversity in grazing lands of the Northeast United States. *Journal Range Management*. **53**, 114-118.
- Vesk, P. A. y M. Westoby. 2001** Predicting plant species responses to grazing. *J. Appl. Ecol.* **38**, 897-909.
- Vila, M. y F., Lloret. 2000.** Seed dynamics of the mast seeding tussock grass *Ampelodesmos mauritanica* in Mediterranean shrublands. *J. Ecol.* **88**, 479–491.

Anexo 1. Acrónimos utilizados en las especies emergidas del banco de semillas.

	Especie	Acrónimo
1	* <i>Aristida adscencionis</i> (Linneo)	Arad
2	<i>Aster</i> sp	Assp
3	* <i>Bahia schaffnerii</i> (S. Watson)	Basc
4	* <i>Bouteloua hirsuta</i> (Lag.)	Bohi
5	* <i>Bouteloua simples</i> (Lag.)	Bosi
6	* <i>Buchloë dactyloides</i> (Nutt. Engelm.)	Buda
7	<i>Chenopodium graveolens</i> (Willd)	Chgr
8	<i>Cyperus</i> sp	Cyps
9	<i>Dyssodia acerosa</i> (DC. Strother)	Dyac
10	<i>Dyssodia</i> sp	Dysp
11	* <i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Lutati.	Ecil
12	* <i>Eragrostis curvula</i> (Schrader Nees.)	Ercu
13	* <i>Eragrostis</i> sp	Ersp
14	<i>Eriogonum</i> sp	Eisp
15	<i>Erodium cicutarium</i> (L. L'Hér.) ex Ait.	Erci
16	<i>Euphorbia postrata</i> (Aiton.)	Eupo
17	<i>Flaveria trinervia</i> (Spreng.) C. Mohr	Fltr
18	<i>Gibasis linearis</i> (Benth. Rohw.)	Gili
19	<i>Gnaphalium</i> sp	Gnsp
20	* <i>Hilaria belangeri</i> (Steud. Nash)	Hibe
21	<i>Hydrophyllaceae</i>	Hydr
22	* <i>Leptochloa dubia</i> (Kunth Nees)	Ledu
23	<i>Lobelia xalapensis</i> HBK.	Loxa
24	<i>Loeselia coerulea</i> (Cav. G. Don)	Loco
25	<i>Loeselia</i> sp	Losp
26	<i>Lotus oroboides</i> (Kunth) Ottley	Loor
27	<i>Lotus</i> sp	Ltsp
28	* <i>Lycurus phleoides</i> (Kunth)	Lyph
29	<i>Mecardonia procumbens</i> (P. Mill.)	Mepr
30	* <i>Microchloa lamthii</i> Desv.	Miku
31	* <i>Muhlenbergia depauperata</i> (Scribn.)	Mude
32	<i>Oxalis</i> sp	Oxsp
33	<i>Physalis</i> sp	Phsp
34	<i>Plantago linearis</i> (Link.)	Plli
35	<i>Plantago nivea</i> HBK.	Plni
36	<i>Portulaca mexicana</i> P. Wilson	Pome
37	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb & Bonpl. Ex Willd) M. C. Johnston	Prla
38	<i>Salvia</i> sp	Sasp
39	<i>Sida abutilifolia</i> Mill.	Siab
40	* <i>Sporobolus cryptandrus</i> (Torr.) A. Gray	Spcr
41	<i>Verbena bipinnatifida</i> (Nutt.)	Vebi
42	<i>Verbesina</i> sp	Vesp

\* Especies pertenecientes a la familia Poaceae