

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD DURANGO

**CITOLOGÍA DE ESPECIES DE GRAMÍNEAS
EN EL NORTE-CENTRO DE MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

PRESENTA

CLAUDIA ALEHELI SILVA SALAS

DIRECTORAS:

**DRA. YOLANDA HERRERA ARRIETA
DRA. M. SOCORRO GONZÁLEZ ELIZONDO**



Victoria de Durango, Dgo., Diciembre de 2011



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Durango, Dgo. siendo las 12:00 horas del día 5 del mes de Diciembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-IPN DGO para examinar la tesis titulada:

Citología de especies de gramíneas en el norte-centro de México

Presentada por el alumno:

SILVA

SALAS

CLAUDIA ALEHELÍ

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre(s)

Con registro:

B	0	9	1	2	0	7
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

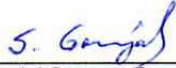
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.


LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis


Dra. Yolanda Herrera Arrieta


Dra. María del Socorro González Elizondo


Dra. Martha González Elizondo


Dra. Norma Almaraz Abarca


M. en C. Eli Amándida Delgado Alvarado

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


Dr. José Antonio Ávila Reyes



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTORES DE TESIS

México, D.F. a 30 de Noviembre del 2011

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR –IPN Durango en su sesión Ordinaria No. 7 celebrada el día 2 del mes de Agosto conoció la solicitud presentada por la alumna:

SILVA

SALAS

CLAUDIA ALEHELÍ

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre (s)

Con registro:

B	0	9	1	2	0	7
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de: Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:
Citología de especies de gramíneas en el norte-centro de México

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:


2.- Se designan como Directores de Tesis a los Profesores:
Dra. Yolanda Herrera Arrieta y Dra. María del Socorro González Elizondo

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:
CIIDIR-IPN Unidad Durango

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

Directores de Tesis


Dra. Yolanda Herrera Arrieta


Aspirante


Claudia Alehelí Silva Salas


Dra. María del Socorro González Elizondo

Presidente del Colegio


Dr. José Antonio Avila Reyes


CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD DURANGO
17/83



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de **DURANGO, DGO.**, el día **1** del mes **DICIEMBRE** del año **2011**, el (la) que suscribe **SILVA SALAS CLAUDIA ALEHELÍ** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL** con número de registro **B091207**, adscrito a **CIIDIR- IPN UNIDAD DURANGO**, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la **DRA YOLANDA HERRERA ARRIETA** y la **DRA. MARÍA DEL SOCORRO GONZÁLEZ ELIZONDO** y cede los derechos del trabajo intitulado **“CITOLOGÍA DE ESPECIES DE GRAMÍNEAS EN EL NORTE-CENTRO DE MÉXICO”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **clau_11silsa@hotmail.com**. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Claudia A. Silva.

CLAUDIA ALEHELÍ SILVA SALAS

Nombre y firma

EL PRESENTE TRABAJO SE LLEVÓ A CABO EN EL CENTRO
INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO
INTEGRAL REGIONAL, UNIDAD DURANGO DEL INSTITUTO
POLITÉCNICO NACIONAL.

ESTA INVESTIGACIÓN FORMA PARTE DEL
PROYECTO "CITOGENÉTICA DE ESPECIES DE
GRAMÍNEAS Y CIPERÁCEAS CON IMPORTANCIA
ECONÓMICA EN EL N-C DE MÉXICO" (SIP 20110017).

Dedico a:

Mis padres Rodolfo Silva y Patricia Salas

Mi hermana Patricia Silva

Víctor Manuel compañero de camino

Todo mi AMOR y agradecimiento

Agradecimientos

Un gran agradecimiento y respeto a la Dra. Yolanda Herrera por su gran apoyo y guía durante este tiempo de arduo trabajo. Al M.C. Octavio Rosales ya que sin su ayuda sería imposible este trabajo.

Al fin una etapa más de mi carrera profesional ha llegado a su conclusión, y digo una etapa más por que esperamos que este sea solo un gran granito de algo maravilloso que está por venir.

Gracias y va por ustedes a todas aquellas personas que siempre estuvieron detrás de mí apoyándome y empujándome en este trabajo, gracias a las Doctoras Yolanda Herrera, Socorro González, Martha González, Norma Almaraz, a las M.C. Lorena López y Amanda Delgado por compartir sus experiencias y conocimientos.

A mis compañeros del Laboratorio de biotecnología que sin esas grandes risas y anécdotas hubiera sido muy pesado el trabajo en laboratorio, al M.C. Jorge Tena y la Dra. Vanessa Mancuso por compartir sus conocimientos y el gran apoyo tanto experimental como moral, gracias Yorch por ayudarme en cosas tan “insignificantes” y estar ahí siempre que lo necesitaba.

A mis compañeros de Maestría de la quinta generación por compartir sus dudas y consejos tanto para este trabajo como para la vida, y principalmente a Liz y José por su ayuda en áreas de mi desconocimiento, a todos y cada uno de ustedes Gracias.

A mis abuelos, tíos, primos, amigos, gracias por decirme que sí se podía y gracias por decirme que no, me han hecho mejor persona. Y principalmente a mis padres por su cariño y confianza para dar este gran paso, a mi hermana Patita por su ayuda técnica en cuestiones informáticas.

A Víctor mi compañero mil gracias por ayudarme en colectas de “plantitas” y aunque sé que tal vez era tedioso para ti gracias por llevarme, acompañarme y siempre ir de la mano conmigo apoyándome y levantándome TA.

A todas estas personas y a las no mencionadas gracias por su ayuda, cariño y apoyo en este trabajo va por ustedes.....GRACIAS.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice.....	iii
Relación de Figuras	v
Relación de Cuadros.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
I. ANTECEDENTES.....	4
1.1 ¿Qué es la Citología?	4
1.2 Historia de la Citología	4
1.3 Importancia de la Citología.....	5
1.3.1 Citología en Plantas	5
1.3.2 Papel de la Citología.....	6
1.4 Cariotipo y Análisis de Cromosomas.....	8
1.4.1. Cariotipo y análisis de cromosomas.....	11
1.4.2 Formas de representar el número de cromosomas.....	12
1.5 Caracterización Taxonómica del Género <i>Distichlis</i>	13
II. JUSTIFICACIÓN.....	16
III. HIPÓTESIS.....	17
3.1 Preguntas de Investigación	17

IV. OBJETIVOS.....	17
4.1 Objetivo General.....	17
4.2 Objetivos Específicos.....	17
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1 Área de Estudio.....	18
5.2 Sitios de colecta de material vegetal y de suelos.....	19
5.3 Metodología utilizada.....	20
5.4 Análisis Estadístico.....	22
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
VII. CONCLUSIONES.....	44
VIII. RECOMENDACIONES.....	45
IX. LITERATURA CITADA.....	46
Anexo I. Glosario.....	53
Anexo II. Cuadros de mediciones de las poblaciones en estudio.....	55
Anexo III. Fotografías de localidades de las especies estudiadas.....	82

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Área de Estudio de las especies analizadas.....	19
Figura 2. Fotografía de <i>Reederochloa eludens</i> de Saladillo, Zacatecas.....	25
Figura 3. Fotografía de <i>R. eludens</i> de Durango (Libramiento Carr. Gómez Palacio-México).....	26
Figura 4. Fotografía de <i>R. eludens</i> de Málaga, Durango.....	26
Figura 5. Fotografía de <i>Distichlis spicata</i> de Saladillo, Zacatecas.....	27
Figura 6. Fotografía de <i>D. spicata</i> de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.....	27
Figura 7. Fotografía de <i>D. spicata</i> de Málaga, Durango	28
Figura 8. Fotografía de <i>D. spicata</i> de Durango (libramiento Carr. Gómez Palacio-México).....	28
Figura 9. Cromosomas mitóticos de las especies en estudio. A. <i>D. spicata</i> Sn. Luis Potosí (#33), B. <i>D. spicata</i> Zacatecas (#31), C. <i>R. eludens</i> Zacatecas (#29), D. <i>D. spicata</i> Durango (#35), E. <i>R. eludens</i> Durango (#36), F. <i>D. spicata</i> Málaga (#14) y G. <i>R. eludens</i> Málaga (#15).....	30
Figura 10. Imagen de aplicando el programa MicroMeassure (<i>D. spicata</i> Málaga #20).....	32

Figura 11. Dispersión cariotípica para las poblaciones de <i>R. eludens</i> y <i>D. spicata</i> estudiadas. A_1 = asimetría intracromosomal y A_2 = asimetría intercromosomal.....	35
Figura 12. Ideogramas. De <i>D. spicata</i> Sn. Luis Potosí (#33) A , <i>D. spicata</i> Zacatecas (#31) B , <i>R. eludens</i> Zacatecas (#29) C , <i>D. spicata</i> Durango (#35) D , <i>R. eludens</i> Durango (#36) E , <i>D. spicata</i> Málaga (#14) F y <i>R. eludens</i> Málaga (#15) G	37
Figura 13. Análisis Cluster de los diferentes parámetros analizados ($2n$), longitud total (LT), longitud del cromosoma más largo (LCL), longitud del cromosoma más corto (LCC), longitud media del cromosoma (LMC) e índice del centrómero (IC).....	39
Figura 14. Diagrama resultante del análisis de componentes principales 1 (longitud total; LT) y 2 (posición del centrómero; IC).....	40
Figura 15. Dendrograma de salinidad de las cuatro poblaciones.....	43
Figura 16. Relación del pH con el número de cromosomas ($2n$).....	44

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro 1. Localidades de poblaciones estudiadas.....	20
Cuadro 2. Números cromosómicos en las poblaciones estudiadas.....	31
Cuadro 3. Clasificación de los cromosomas de acuerdo a la posición del centrómero.....	34
Cuadro 4. Especies, número cromosómico (2n), fórmula cariotípica (FK), longitud total del complemento haploide (LCT), longitud del brazo más largo (LCL), longitud del brazo más corto (LCC), longitud media del cromosoma (LMC), índice del centrómero (IC), índice de asimetría intra-cromosomal (A1), índice de asimetría inter-cromosomal (A2) y categorías de asimetría de Stebbins (ST).....	38
Cuadro 5. Concentración de sales en el suelo en las distintas localidades en estudio.....	41
Cuadro 6. Valores de pH, conductividad eléctrica, Na y Ca en las diferentes poblaciones de las especies en estudio.....	42

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con poblaciones de *Distichlis spicata* (L.) Greene, presente en la zona norte-centro de México (Durango, San Luis Potosí y Zacatecas), así como poblaciones de *Reederochloa eludens* Soderstr. & Decker, taxón emparentado además que simpátrico con *D. spicata* en esta región de México. Investigaciones citológicas realizadas anteriormente para conocer caracteres de los cromosomas de estos taxa se restringen a recuentos cromosómicos, sin embargo considerando su importancia ecológica y económica (género de áreas alcalinas y con calidad forrajera), así como la reciente inclusión de ambos taxa bajo el género *Distichlis* con base en caracteres morfológicos, anatómicos y moleculares, nos propusimos contribuir al conocimiento de sus relaciones y de sus patrones taxonómicos, mediante un estudio citológico. Estos dos taxa tienen la particularidad de sobrevivir en suelos con alto contenido de sales. El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Citogenética del IPN CIIDIR-DGO. Las preparaciones para observación de cromosomas se realizaron bajo el método de aplastado o squash, utilizando tejidos meristemáticos de raíz de plantas colectadas de sus hábitats naturales, posteriormente enraizadas y mantenidas bajo condiciones de invernadero. Después de los pasos de Pretratamiento, Fijación, Hidrólisis, Squash, y Montaje, se procede a la observación, medición y análisis de cariotipos. Los principales resultados son: 1) Se confirma el número básico $x=9$ ó $x=10$ para *D. spicata* y $x=9$ para *R. eludens*. 2) Se conoce por primera vez la tetraploidía reportada para *D. spicata* ($2n=4x=36$ y la confirmación de la tetraploidía $2n=4x=40$), así como la tetraploidía + aneuploidía para *R. eludens* ($2n=4x+2=38$). 3) Se reporta por primera vez tetraploidía $2n=4x=36$ para *R. eludens*. 4) Los cromosomas observados en los cariotipos son metacéntricos y algunos submetacéntricos, muy homogéneos entre especies y entre poblaciones. 5) El largo total de los cromosomas oscila entre 36.66 y 55.95 μm , los más pequeños (0.19 a 1.08 μm) siendo registrados para *R. eludens* y los mayores (0.35 a 1.44 μm) para *D. spicata*. 6) Se reporta una nueva localidad para *Reederochloa eludens*, encontrada en Zacatecas. 7) Se confirma el reconocimiento de *Reederochloa* como parte del género *Distichlis* dado que presentan similitudes en sus características cromosómicas (TF%, IC, LTC) que indican una estrecha relación entre ambas.

ABSTRACT

This study was carried out with populations of *Distichlis spicata* (L.) Greene, present in north-central Mexico (Durango, San Luis Potosi and Zacatecas) and *Reederochloa eludens* Soderstr. & Decker, two related taxa sympatric in this region of Mexico. Previous cytological investigations about these taxa are restricted to chromosome counts, but considering their ecological and economic importance (genera of alkaline areas and forage quality), as well as the recent inclusion of both taxa in the genus *Distichlis* based on morphological, anatomical and molecular characters, we decided to contribute to the knowledge of their relationships and taxonomic patterns by a cytological study. These two taxa have the particularity to survive in soils with high salt content. This work was carried out in the laboratory of Citogenética CIIDIR-DGO, IPN. The chromosome preparations were performed under the crushed or squash method using root meristematic tissue of plants collected from their natural habitats, then rooted and kept under greenhouse conditions. After pretreatment steps, fixation, hydrolysis, Squash, and assembly, it was proceeded to the observation, measurement and karyotype analysis. The main results are: 1) The basic number $x = 9$ or $x = 10$ for *D. spicata* and $x = 9$ for *R. eludens* are confirmed. 2) The first report of tetraploidy for *D. spicata* is presented ($2n=4x=36$ and the tetraploidy $2n=4x=40$ is confirmed), as well as tetraploidy + aneuploidy for *R. eludens* ($2n=4x+2=38$) are confirmed. 3) The first report of tetraploidy $2n=4x=36$ for *R. eludens* is presented here. 4) The chromosomes observed in the karyotypes are metacentric and submetacentric, very homogeneous among species and among populations. 5) The total length of chromosomes varies between 36.66 and 55.95 μm , the shorter ones (0.19 to 1.08 μm) in *R. eludens* and the longer (0.35 to 1.44 μm) in *D. spicata*. 6) We report a new locality for *Reederochloa eludens*, found in Zacatecas. 7) *Reederochloa* is recognized as part of *Distichlis* based on similarities in their chromosomal characteristics (TF% CI, LTC), which indicate a close relationship between them.

INTRODUCCIÓN

La clasificación de la familia Poaceae se ha modificado a través del tiempo de acuerdo con la evolución del conocimiento y el progreso del desarrollo científico. En los primeros sistemas de clasificación se manejaban principalmente caracteres morfológicos. Tiempo después, otros caracteres consiguieron importancia, lo que llevaba a una mejor comprensión de las unidades biológicas. A los objetivos iniciales de realizar un sistema de clasificación sencillo, confiable y reproducible se añadió el de explicar las relaciones filogenéticas de las entidades, a fin de encontrar un sistema de clasificación que muestre cómo se han dado los cambios en las especies biológicas (Herrera, 1994).

Las gramíneas son el componente más valioso de casi todas las praderas (Estrada, 2002), debido a que son una de las familias más numerosas e importantes por su diversidad ecológica a nivel mundial. Constan de casi 700 géneros y unas 10,000 especies. En lo que respecta a México existen alrededor de 204 géneros y unas 1186 especies (Herrera y Cortés, 2009). Estas plantas habitan diversos pisos bioclimáticos, desde el nivel del mar hasta las grandes alturas de las montañas y desde el Ecuador hasta las regiones circumpolares, ocupando diversos tipos de suelos (Tovar, 1993).

Son la fuente principal de alimentación de animales y del ser humano. Entre ellas se encuentran el maíz, el trigo, el arroz, además de que fueron uno de los primeros grupos de plantas que recibieron nombre (Herrera, 1994). Por su importancia, el estudio de las gramíneas va más allá de la mera satisfacción de una simple curiosidad acerca de la diversidad de las cosas vivas (Stebbins, 1956, citado en Herrera, 1994).

En este trabajo se analizaron los cariotipos de dos pastos forrajeros de la región, para contribuir al conocimiento de la diversidad genotípica en especies de importancia económica de los géneros *Distichlis* y *Reederochloa* (Poaceae). Se estudiaron poblaciones de *Distichlis spicata* (L.) Greene distribuidos de forma natural en la zona norte-centro de México (Durango, San Luis Potosí y Zacatecas), así como poblaciones de *Reederochloa eludens* Soderstr. & Decker, taxón estrechamente

relacionado con *D. spicata*, además de simpátrico en varias localidades del norte-centro de México.

Los estudios citológicos en plantas y animales condujeron rápidamente a numerosas extensiones de la información genética y la interpretación de los genes (Singh, 1993). Uno de los primeros estudios citológicos de las gramíneas es el de Avdulov (1931, citado en Herrera, 1994), citólogo ruso que proporcionó un nuevo sistema de clasificación de esta familia con base en el número y tamaño de los cromosomas de 232 especies, reportado en sus "Investigaciones Cariotaxonómicas de la Familia de las Gramíneas". El sistema que propuso era muy similar al que resultaba de tomar como base los caracteres anatómicos e histológicos de las hojas de gramíneas y muy diferente al de caracteres morfológicos (Herrera, 1994).

Los estudios citogenéticos han hecho contribuciones significativas al conocimiento en la biología. La citogenética ha sido especialmente importante en la explicación de los fenómenos hereditarios que hubieran sido extremadamente difíciles de descifrar por los enfoques alternativos. A pesar de la expansión de nuevas disciplinas como la biología molecular, el creciente nivel de complejidad y el rendimiento de los nuevos aparatos, sigue habiendo una necesidad de citogenetistas para enfrentar cuestiones que son más fácilmente y económicamente resueltas por métodos citogenéticos (Singh, 1993).

Los caracteres anatómicos, añadidos a los morfológicos y respaldados por información cromosómica, han dado como resultado bases taxonómicas de gran valor para separar subfamilias y tribus dentro de las gramíneas (Herrera, 1994). Una revisión de la evolución cromosómica dentro de la familia Poaceae es presentada por Hilu (2004).

Se han descrito técnicas citológicas para obtener información precisa sobre el número, tamaño y estructura de los cromosomas, así como para examinar el mecanismo de división celular en las especies de plantas (Singh, 1993). Desde el punto de vista citogenético no se sabe si algunas plantas silvestres o cultivadas presentan o no variaciones cromosómicas numéricas o estructurales, por lo cual es importante evaluar su variación intraespecífica. Este tipo de estudios, con el propósito de evaluar la diversidad genética, ayudan a mejorar la producción de los

cultivos y fomentan investigaciones en las áreas de genética molecular, fitoquímica y cultivo de tejidos (Rodríguez y Bueno, 2006).

Distichlis spicata y *Reederochloa eludens*, presentan una característica distribución en suelos alcalinos, por lo que su distribución es discontinua de forma natural. Esta “barrera ecológica” resulta de particular interés para el análisis de sus caracteres citológicos básicos (cariotipo), tanto para contribuir al conocimiento de la diversidad genética de especies de importancia forrajera como para predecir la tendencia evolutiva de estos taxa, que ya han sido propuestos como especies del mismo género con base en estudios morfológicos, anatómicos y moleculares (Bell y Columbus, 2008).

I. ANTECEDENTES

1.1 ¿QUÉ ES LA CITOLOGÍA?

La citología es la rama de la Biología dedicada al estudio de las células, incluyendo la morfología y la fisiología celular. Las células son las unidades estructurales y funcionales que componen a los seres vivos. Esta ciencia surgió como tal hacia la segunda mitad del siglo XVII cuando el físico inglés Robert Hooke (1635-1703) descubrió que el corcho estaba constituido por una serie de pequeñas celdillas o cavidades a las que llamó "células", que al principio concibió como una caja, ignorando su contenido; en lo que observó no existen organismos vivos (Sánchez y Lima, 1970).

1.2 HISTORIA DE LA CITOLOGÍA

El primer investigador que observó organismos unicelulares y los consideró como unidades vivientes fue Antonio van Leeuwenhoek; a pesar de su notable descubrimiento, el conocimiento celular de los organismos se estacionó, hasta que en el siglo XIX y con la mejoría de los aparatos para la observación, los científicos pudieron abordar el estudio de los seres vivos con mayor detalle (Sánchez y Lima, 1970). Para los años de 1900 a 1940 nace el mendelismo que con las contribuciones de deVries, Correns y Tschermak corroboran las leyes de Mendel en los vegetales. Con esto se estudian los procesos de reducción cromosómica, en donde se empiezan a construir mapas físicos (Lewin, 2000).

Estos trabajos son de vital importancia para la demostración de la teoría cromosómica de la herencia. El estudio de la estructura cromosómica en vegetales por Longley, en 1924 (citado en Lewin, 2000) da un paso importante dentro del desarrollo de la Citología del maíz que más tarde tendría sus frutos con los estudios de Bárbara McClintock (1929, citado en Lewin, 2000) que demostraban la relación entre el fenómeno citológico de intercambio entre cromosomas homólogos y el fenómeno genético de la recombinación. Posteriormente, Cyril Dean Darlington estudia los mecanismos de entrecruzamiento, impulsando así el desarrollo de la citogenética (Lacadena, 1996).

Actualmente la citogenética comprende cualquier estudio tanto con el cromosoma individual como en conjunto, con respecto a su morfología, organización, función y replicación, así como a su variación y evolución (Guerra, 1988). De lo que no cabe duda es que los cromosomas constituyen el eje central de esta ciencia (Lewin, 2000).

1.3 IMPORTANCIA DE LA CITOLOGÍA

A partir de estudios como los anteriormente mencionados, se han hecho valiosas aportaciones al conocimiento, que van desde el aislamiento reproductivo hasta los modos de especiación en plantas, así como el entendimiento de la organización y estructura de los cromosomas. En el reino vegetal la especiación híbrida es muy común, especialmente la especiación por poliploidía, y gracias al análisis del mapeo genómico en distintas especies se ha contribuido a la resolución del origen y evolución de especies, así como a la resolución de problemas taxonómicos y aplicados; sin embargo, aunque esta ciencia tiene grandes ventajas también tiene limitaciones, y es importante que se complemente con la ayuda de estudios de otras ciencias (Poggio y Naranjo, 2004).

1.3.1 CITOLOGÍA EN PLANTAS

Los primeros estudios de citogenética se realizaron en plantas como el maíz y el trigo, por su importancia económica (Herrera, 2007).

El maíz es una de las especies que han recibido más atención en lo que se refiere a los estudios citogenéticos. Se ha considerado como una de las pocas especies diploides de cultivos alimenticios, con un número básico de 10 cromosomas (Moreno-Pérez *et al*, 2009; Paliwal *et al.*, 2001) o como una tetraploide con número básico de 5 (Molina y Naranjo, 1987). Mc Clintock en 1931 fundamentó las bases en la investigación del maíz realizando estudios y descubrimientos con la genética del maíz y la metodología para el análisis de sus cromosomas (Serratos, 2009).

El contenido de genes de las diferentes especies en gramíneas no varía tan ampliamente como el contenido de ADN total. La diferencia entre el tamaño de los genes entre especies de gramíneas se debe a diferencias del ADN repetitivo (Anónimo, 2009), ya que desde el punto de vista citogenético no se sabe si algunas plantas silvestres o cultivadas presentan o no variaciones cromosómicas numéricas o estructurales, por lo cual es importante evaluar su riqueza intraespecífica (Rodríguez y Bueno, 2006).

Los análisis citológicos sobre la variación en el número y morfología de los cromosomas han permitido que estos estudios sean utilizados como una herramienta en las investigaciones biosistemáticas de la familia Poaceae (Gama-López, 1994).

1.3.2 PAPEL DE LA CITOLOGÍA

El concepto básico sobre el cual se fundó la citología, es el resultado de conocer a la célula como la unidad principal de estructura y función ya que ésta permanece como la parte esencial de la Biología celular. La célula ha sido también firmemente establecida como la unidad de la herencia y también como la posible encargada de la evolución (Wilson y Morrison, 1979).

A continuación se mencionan algunas de las áreas en donde la citología desempeña un papel importante:

Genética

La teoría de que el cromosoma es una organización de material genético, logró unir a la citología con la genética para formar un área llamada citogenética, por lo tanto la citología es de gran interés para la genética dado que la célula o células son pasadas de generación a generación (Wilson y Morrison, 1979).

La variación genética determina la forma en que una especie interactúa con su ambiente y con otras especies. Puede detectarse al nivel molecular estudiando directamente los cambios en la estructura del ADN, o indirectamente en las proteínas que codifican genes específicos; otra aproximación se basa en la variación de los cromosomas (forma, tamaño, número) con métodos de análisis citológico y citogenético (Moreno, 2001).

Existen diferentes métodos para detectar la variación genética, cada uno de los cuales proveen distintos tipos de información dependiendo de la unidad de variación en que se basen (estudios de ADN, las proteínas, la forma de los cromosomas o la morfología externa), lo que determina que cada método tenga ciertas limitaciones y ventajas y que los protocolos de muestreo para cada método sean diferentes (Moreno, 2001).

Toda la diversidad genética surge a nivel molecular, en este nivel la biodiversidad se origina a partir de mutaciones en el ADN, algunas de las cuales se eliminan por la selección natural. Así la diversidad genética de una especie es producto de su historia evolutiva (*Op. cit.*).

Gracias al mejoramiento genético de plantas en la producción de especies cultivadas, se han obtenido nuevas variantes de plantas o híbridos con mejores rendimientos o con características genéticas más favorables (Castañón, 2002). El fitomejoramiento ha incrementado la producción y la calidad de los productos agrícolas en el menor tiempo, con el mínimo esfuerzo y al menor costo posible. Esto se logrará mediante la obtención de nuevas variedades o híbridos de alto potencial, que se adapten a las necesidades del agricultor y consumidor (Paredes, 2007).

Citotaxonomía

La citología es una de las ciencias que ha influido de manera significativa sobre la taxonomía y la evolución durante las últimas décadas, ya sea sola (Citotaxonomía) o combinada con la genética (Citogenética). La taxonomía se apoya en las características estructurales y numéricas de los cromosomas (Mancuso, 2005). Los caracteres citológicos como número y morfología cromosómica son usados en forma similar a cualquier otra clase de datos comparativos (Talledo y Escobar, 2004).

Conocer las especies de una región es muy importante para dar fundamento a cualquier tipo de manejo de los ecosistemas. Herrera, 2001; Herrera y Pámanes, 2005; Herrera y Peterson, 2006; Herrera y *et al*, 2010, presentan resultados de estudios taxonómicos y de distribución geográfica de gramíneas en la región norte-centro de México, proveen descripciones, características ecológicas y distribución

espacial de más de 100 géneros y casi 400 especies de pastos que se distribuyen en esta región. La información taxonómica así generada se utilizó para realizar estudios de biodiversidad de gramíneas (Herrera y Cortés, 2010 y Cortés y Herrera, 2011).

El análisis citológico apoya a la biosistemática como una guía principal hacia las relaciones taxonómicas de los organismos. La característica citológica más comúnmente empleada es la constitución y el comportamiento cromosómico comparativo. Stebbins señala (en Wilson y Morrison, 1979) “los cromosomas, debido a que son los portadores de los factores hereditarios, deben de ser considerados como algo más fundamental que otras estructuras en las cuales se basan las relaciones”.

1.4 CARIOTIPO Y ANÁLISIS DE CROMOSOMAS

Un cariotipo se puede definir como la presentación gráfica de los cromosomas observados durante la mitosis de un organismo, ordenados en pares de homólogos, aunque algunos autores lo relacionan más con el número y tamaño de los cromosomas (Guerra, 2008).

El análisis cariotípico ha jugado un rol importante en la identificación y clasificación de cromosomas en muchas especies de plantas. Si un individuo aparece con características de número de cromosoma $2n$, la mitad será maternal y la otra mitad paternal. Darlington y Wylie (1955, citados por Singh, 1993) proporcionan números de cromosomas de numerosas especies de plantas.

El análisis de cariotipo se basa usualmente en las células en mitosis de los cromosomas (es decir, el obtenido de células somáticas), con buena calidad para poder identificar adecuadamente la morfología de los cromosomas (Singh, 1993).

Los taxónomos y evolucionistas están convencidos con el hecho de que los cromosomas son un sistema dinámico ya que están en proceso evolutivo. Estas variaciones son características en número, forma y tamaño de los cromosomas, sin embargo hay que analizar también la cantidad, localización de heterocromatina y caracterizar citoquímicamente sus diferentes tipos. Algunas técnicas citogenéticas (Bandeo-C, hibridación in situ, GISH, entre otras) determinan la estructura de los

cromosomas de un organismo y facilitan el reconocimiento de los cromosomas individuales (Singh, 1993).

Existe fuerte controversia en cuanto a la evolución del cariotipo de Poaceae, dada la amplia variación en el número cromosómico básico en la familia ($x = 2-18$), así como a la prevalencia de poliploidía e hibridización (Hilu, 2004). Sharma (1979) propuso a $x = 6$ como el número cromosómico más ancestral en la familia, mientras que Hilu (2004) propone $x = 9$, de donde una gran diversificación ha ocurrido debido a aneuploidías y poliploidías.

Las cuantificaciones del cariotipo pueden ser alteradas por rearrreglos estructurales ya que puede variar el número cromosómico y la simetría del cariotipo, aunque también existe la posibilidad de que no se encuentren diferencias porque el número y morfología de los cromosomas son constantes en las diferentes especies que componen un género. Por ejemplo en el género *Bulnesia* (Zygophyllaceae), siete de las nueve especies que lo componen son diploides ($2n=26$), sin embargo existen diferencias interespecíficas importantes como es el caso de la morfología en los cromosomas, simetría del cariotipo y tamaño en el genoma, ejemplo de lo cual puede verse en *B. retama* cuyo cariotipo es el más asimétrico ya que 24 de sus 26 cromosomas son bimodales (dos tamaños) por adición de heterocromatina (Poggio y Naranjo, 2004).

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es una especie diploide con $2n=2x=14$ cromosomas cuya relación de los cromosomas del grupo ha sido citogenéticamente establecida. El cromosoma 5 es el más pequeño, los cromosomas 6 y 7 son los organizadores del nucléolo y sus características morfológicas son distintas, mientras que el cromosoma 2 es el más largo. La aplicación de la técnica de Giemsa, bandeo de cromosomas y el bandeo N ayudó a la identificación de los cromosomas para la cebada (Singh, 1993).

El género *Tripsacum* es una de las gramíneas que mayor atención ha recibido debido a su importancia por presentar afinidad filogenética con el maíz y se distribuye ampliamente en América, además de tener plantas con diferente nivel de ploidía; Moreno-Pérez *et al.* (2009) realizaron un estudio de análisis de los cromosomas en la meiosis y mitosis por cuantificación de ADN mediante citometría

de flujo, en donde encontraron poblaciones únicamente triploides o tetraploides y otras que contienen una mezcla de diploides hasta hexaploides, concluyendo que las plantas se reproducen sexualmente, en las triploides y tetraploides la microsporogénesis ocurre normalmente y que el hecho de que las plantas triploides generen progenies triploides, tetraploides, pentaploides, hexaploides y aneuploides es evidencia de que ocurre doble fecundación, es decir, que los triploides primigenios son originados de las plantas diploides y que los tetraploides, pentaploides, hexaploides y aneuploides se forman posteriormente mediante la fecundación de gametos femeninos no reducidos.

Los estudios cromosómicos ayudan a verificar las semejanzas, los centros de origen, la evolución y distribución de las especies vegetales. Tapia y et al, (2004) realizaron un estudio cromosómico de tres especies del género *Karwinskia* (Rhamnaceae), usando la técnica de secado al aire lograron mayor precisión en el tamaño cromosómico en metafase de *K. mollis*, *K. tehuacana* y *K. umbellata*. La familia Rhamnaceae tiene un número cromosómico constante de $2n=24$ con $x=12$ como número básico. Las diferencias observadas entre las especies de *Karwinskia* reflejan un incremento en la variabilidad interespecífica asociada con una especialización del genoma y adaptación a diversos ambientes.

Otros estudios que se han realizado para la caracterización citogenética son sobre el género *Digitaria* (Caponio, 2002), en donde se muestra su número básico $x=9$. Las conclusiones obtenidas para las especies estudiadas, *D. sacchariflora*, *D. insulares* y *D. similis* reflejaron ser citotipos tetraploides; diversos autores coinciden en el nivel de ploidía de este género, presentando $4n=4x=36$ cromosomas, donde *D. sacchariflora* y *D. insulares* resultaron ser muy parecidas morfológicamente.

En otras especies de plantas como son *Agave angustifolia*, tomados de tres lugares distintos de su área y *A. rhodacantha*, tomadas de dos diferentes localidades, se analizaron sus cariotipos (Moreno et al., 2007). Se encontró que, al igual que en las otras especies del género *Agave*, los cariotipos son bimodales, formados de un grupo de cinco pares de cromosomas grandes y otro de 25 pequeños (cuya simetría es diferente y además presentan diferencias entre las especies), en los cuales se ha llevado a cabo un proceso de evolución natural llamado "orto-selección", que se

utiliza para agrandar ciertas regiones del ADN que no codifica genes y da como resultado cariotipos en los que mantiene el grupo de cromosomas grandes y pequeños en un número básico $x=30$ (*op. cit.*). Los resultados mostraron que las poblaciones de *A. angustifolia* fueron diploides ($2n=2x=60$) y que las poblaciones analizadas de *A. rhodacantha* no presentaron diferencias entre sus cariotipos $40m+6sm+4st+10t$ (m=metacéntrico, sm=submetracéntrico, st=subtelocéntrico, t=acrocéntrico, de acuerdo a la clasificación de Singh, 1993). Sin embargo, aunque *A. angustifolia* no varió entre localidades, si se encontraron diferencias en los citotipos de las tres poblaciones. Esto demuestra que la distancia geográfica entre las poblaciones analizadas de las mismas especies si influye, ya que es un factor que impide el flujo génico entre ellas y causa el aislamiento biogeográfico o reproductivo, facilitando la diferenciación de las poblaciones debido a la deriva genética (Moreno *et al.*, 2007). Para ese estudio se utilizó la citometría de flujo y el análisis de los cromosomas para cuantificar la variación inter e intraespecífica en el tamaño del genoma y la estructura de los cariotipos en las poblaciones estudiadas.

Como puede verse, en los trabajos realizados por diversos investigadores, la determinación y estudio del cariotipo en plantas provee de información sustancial para conocer el proceso de evolución y cambio de las especies.

1.4.1 CARIOTIPO Y ANÁLISIS DE CROMOSOMAS

En estudios citológicos, el parámetro más simple a considerar es el cariotipo, debido a que es el método más rápido y barato para poder determinar el genoma de una especie, dado que no necesita ni está influenciado de agentes externos como las fases de desarrollo o la edad del organismo, entre otros. El cariotipo es el resultado final de muchas fuerzas que actúan sobre el genoma. Aunque se refleja en el fenotipo de la planta (morfología floral, o bandas de isoenzimas) es mucho más estable que el fenotipo porque es el material genético en sí mismo y muestra una visión global de la organización del genoma (Guerra, 2008).

El uso de estos cariotipos en la taxonomía, también llamada citotaxonomía, es de ayuda para valorar las relaciones genéticas entre los taxa o poblaciones de los

seres vivos, además de que ayudan a comprender la forma en que divergieron entre sí (Stace, 1989 citado en Mancuso, 2008).

Una variación en el número de cromosomas a comparación de los cambios en tamaño de los cromosomas (morfología, cantidad de heterocromatina) es discreta, esto debido a que un cariotipo normal puede tener $n=7$ ó $n=8$ pero no valores intermedios ($n=7.5$ ó $n=8.5$). Existen también otros estudios cromosómicos como bandas heterocromáticas o FISH (Fluorescent *in situ* hybridization, por sus siglas en Inglés), puesto que también existen problemas con marcas de menor importancia (sitios, señales, regiones) que a veces no son detectadas debido a las limitaciones técnicas que se puedan presentar. El conteo de cromosomas es relativamente fácil, produce datos confiables y reproducibles, a menos que su número sea mayor a 100, ya que siendo tan alto es menos precisa la información, pero se puede realizar un recuento aproximado y ser suficiente para propósitos citotaxonómicos, como es el caso de *Voanioala gerardii* (Arecaceae) en donde el número de cromosomas es 550 en las células de la punta de la raíz (Guerra, 2008)

La principal desventaja para obtener el cariotipo es que se necesita material vivo, puesto que es necesario contar con los tejidos en crecimiento para su obtención.

1.4.2 FORMAS DE REPRESENTAR LOS NÚMEROS EN LOS CROMOSOMAS

Los estudios sobre los números cromosómicos se han convertido en trabajos rutinarios dentro de la taxonomía, proporcionando información sobre el número básico, el grado de relación entre los taxa y la presencia de posibles cambios numéricos. Estos cambios pueden involucrar a un solo cromosoma y provocar una aneuploidía o una poliploidía (Gama-López, 1994). Estas variaciones se pueden presentar en relaciones con la filogenia y la evolución del cariotipo (Guerra, 2008).

El símbolo n se utiliza para dar a conocer el número de cromosomas del gameto, pero esto no especifica si la planta es diploide o poliploide, mientras que el símbolo x se utiliza para representar el número base de cromosomas, es decir, el menor número haploide de una serie poliploide determinada a un taxón (Guerra,

2008). El número de cromosomas haploides o diploides es a veces indicado junto con el nivel de ploidía, esto puede ser útil cuando se trabaja con un grupo de especies que tienen diferente número base (Guerra, 2008).

1.5 CARACTERIZACIÓN TAXONÓMICA DEL GÉNERO *DISTICHLIS*

Se estima que existen alrededor de 700 géneros y 10 000 especies de gramíneas en el mundo, de los cuales 204 géneros y 1187 especies se encuentran en México; el 47.5% de los géneros y 28.6% de las especies que se encuentran en México habitan en Durango (Herrera y Cortés, 2009).

El género *Distichlis* fue propuesto por Rafinesque en 1819 (López *et al.*, 2009). Se le conoce vulgarmente como “pasto salado” ya que habita en suelos naturalmente salitrosos o salinizados artificialmente, desde elevadas montañas hasta la orilla del mar, se destaca en la clasificación sintaxonómica, debido a la relación tan estrecha que tiene con los ambientes en el que habita (Pelliza y *et al.*, 2005). Se encuentra generalmente en estado verde durante el periodo de sequía, al tiempo que el resto de los pastos forrajeros en el sitio no están disponibles, por esta razón el ganado consume (Escobar-Hernández *et al.*, 2005).

Es un pequeño grupo de plantas herbáceas, dioicas, perennes y rizomatosas, con espiguillas multifloras y hojas conspicuamente dísticas, pertenecen a la familia Poaceae, subfamilia Chloridoideae, tribu *Cynodonteae* y subtribu *Monanthochloineae*. Se distribuyen en el interior del continente Americano, aunque se han encontrado en Australia (López y *et al.*, 2009) y otra más en Argentina (Pelliza y *et al.*, 2005). La subfamilia Chloridoideae presenta un número básico de $x=9$ o 10 encontrándose en un 86% y en un 13% de las especies respectivamente (Hilu, 2004).

La taxonomía del género *Distichlis*, debido al polimorfismo existente en el grupo, varía dependiendo de los caracteres comparados, y el género se ha considerado como incluyendo entre tres y siete especies y hasta doce subespecies y variedades. Por mucho tiempo las características empleadas para definir los taxa en el género fueron casi exclusivamente morfológicas (López *et al.*, 2009). En la misma

subtribu *Monanthochloineae* se agrupan *Reederochloa*, *Jouvea* y *Monanthochloe*, un grupo cuyo número básico es de $x=9$ o $x=10$, con estructura del embrión y rasgos anatómicos de tipo eragrostoides; sin embargo, algunos caracteres anatómicos foliares tienden a separar a estos géneros de otros zacates eragrostoides más típicos: haz vascular exterior frecuentemente completo e interrumpido, falta de células buliformes relativamente grandes, a menudo abundancia de papilas, entre otros; estos caracteres, combinados con la lema de muchas nervaduras y la ocurrencia de estas plantas en sitios arenosos o salinos, presentando generalmente hojas pungentes y endurecidas más o menos dísticas, hábito rizomatoso o estolonífero, y dioescia (dioicas), parece indicar que estos géneros forman un grupo natural.

Distichlis, *Jouvea* y *Monanthochloe* son dioicos y también se desarrollan en México. Son más o menos similares en morfología general a *Reederochloa* y al igual que ésta, habitan en zonas alcalinas. *Distichlis* se desarrolla en las zonas del interior y salinas a lo largo de las costas mientras que *Jouvea* y *Monanthochloe* se encuentran exclusivamente en las zonas costeras. Existe semejanza de la hoja, anatomía y la estructura de embriones de estos tres géneros a la de *Reederochloa*, lo que indica que todos están estrechamente relacionados (Soderstrom y Decker, 1964).

A pesar de sus obvias similitudes con *Distichlis*, *Reederochloa* se distingue morfológicamente de *Distichlis* y los otros géneros relacionados por tener lígula hialina (vs en un anillo de pelos cortos), hábito estolonífero y marcada diferencia entre las espiguillas estaminadas glabras y marcadamente exertas y las pistiladas densamente pilosas, más anchas y ocultas en el follaje (vs rizomatoso y con espiguillas masculinas y femeninas glabras, solo ligeramente diferentes en *Distichlis*) (Soderstrom y Decker, 1964). Sin embargo, un reciente análisis de la topología nuclear y del cloroplasto en el grupo (Bell y Columbus, 2008) indica que *Monanthochloe* y *Reederochloa* están anidados dentro de un *Distichlis* parafilético, además de que un número de caracteres estructurales, incluyendo la hoja del limbo, el número de espiguillas por inflorescencia y el número de flores por espiguilla que también caen dentro de los límites de variación de *Distichlis*. Es por eso que con

base en los resultados analizados, Bell y Columbus (2008) propusieron ampliar los límites de *Distichlis* incluyendo los géneros *Monanthochloe* y *Reederochloa* y hacen las siguientes combinaciones: *Distichlis acerosa*, *D. eludens* y *D. littoralis* (antes *Monanthochloe acerosa*, *M. littoralis* y *Reederochloa eludens*).

Bajo este nuevo esquema, el género *Distichlis* está conformado por unas siete especies distribuidas en sitios salinos del Hemisferio Occidental y Australia (Bell y Columbus, 2008; Barkworth y Bell, s.f.). Para México, Dávila *et al.* (2006) reconocen dos especies: *Distichlis spicata*, distribuido en las regiones alcalinas de aproximadamente un 55% de la República Mexicana y *D. palmeri* (Vasey) Fassett ex I. M. Johnst., cuya distribución se restringe a Baja California y Sonora. *Distichlis spicata* se define como una planta pionera en la sucesión ecológica (Hansen *et al.*, 1976, citado en Pelliza *et al.*, 2005), con presencia de fuertes, profundos y extendidos rizomas que facilitan el transporte de gases, agua y nutrientes, de los que brotan las cañas aéreas, así como presencia de microtelos, tricomas bicelulares con funciones de glándulas de sal que regulan el equilibrio osmótico.

La salinidad puede llegar a ser un factor importante en la reproducción de estas especies, la cual se define como la acumulación en el suelo de sales solubles en agua, esta acumulación es una de las principales amenazas fisiológicas para los ecosistemas, ya que estos reducen la absorción de nutrientes de las plantas y disminuyen la calidad de agua lo que afecta el desarrollo vegetal. Un nivel elevado de salinidad en el suelo aumenta el punto de marchitamiento de las plantas como consecuencia del incremento de la presión osmótica y de los efectos tóxicos de las sales (Proyecto SoCo, 2009).

II. JUSTIFICACIÓN

Las gramíneas constituyen una de las más grandes familias de plantas vasculares en el mundo, es la familia más importante en términos económicos ya que incluye a los cereales. El maíz es una de las especies que han recibido mayor atención en lo que se refiere a estudios citogenéticos. Otra de las gramíneas más estudiadas es el trigo, dada la importancia económica que presenta. Sin embargo, son escasos los trabajos donde se ha caracterizado el número de cromosomas y los cariotipos de gramíneas forrajeras y ninguno para las gramíneas de la región norte-centro de México, región donde se encuentra a las gramíneas formando comunidades casi puras conocidas como pastizales. Los pastizales en el norte-centro de México son de reconocida importancia en la producción de ganado de exportación.

Los estudios de diversidad citológica en las poblaciones naturales de gramíneas de Norteamérica son de gran relevancia, ya que un mejor conocimiento de los taxa de esta familia proveerá las bases para mejorar el aprovechamiento, manejo y conservación de los pastizales.

Si bien en la actualidad las técnicas de biología molecular más sofisticadas, permiten detectar la variabilidad de especies a nivel de ADN, la caracterización cariotípica sigue siendo necesaria para esclarecer el rol de los cromosomas en la herencia, adaptación y evolución, aportando importante información al inicio de programas de mejoramiento genético. Además, los conteos cromosómicos proporcionan información indispensable sobre discontinuidades dentro y entre las especies, y ayudan a contribuir a la comprensión de las relaciones filogenéticas en todos los niveles taxonómicos.

Es por esto, que es importante realizar estudios citológicos sobre las poblaciones de diferentes especies de Poaceae que habitan en sustrato salino y salino-alcalino en altas concentraciones, por lo que nos proponemos estudiar la citología básica de *Distichlis spicata* y *Reederochloa eludens*, para analizar la relación y diferencias entre sus citotipos y tamaños de los genomas en diferentes poblaciones del norte-centro de México con la finalidad de aportar conocimientos a la diversidad genética en este grupo peculiar de pastos. Las localidades de distribución

natural donde conviven estas dos especies fueron colectadas para el presente estudio. Dichas poblaciones se encuentran en los estados de Durango, San Luis Potosí y Zacatecas. La importancia de este estudio radica en el hecho de que las especies estudiadas son nativas de zonas con alto contenido de sales en la región norte-centro de México, que además de su alto valor forrajero, se encuentran sometidas a estrés constante por el daño y retracción de sus hábitats naturales debido al crecimiento de poblaciones y al manejo del hombre.

III. HIPÓTESIS

Para una misma especie, el cariotipo no varía entre las poblaciones de diferentes localidades.

3.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Siendo los cromosomas la expresión primaria de las mutaciones en los seres vivos, ¿será posible observar variación citológica entre las poblaciones de una especie?

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la variación citológica de poblaciones de gramíneas que habitan en zonas con alta concentración de sales en Durango, Zacatecas y San Luis Potosí.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Determinar el nivel de ploidía de las especies en estudio.
- b) Describir el cariotipo de las especies en estudio.
- c) Examinar los patrones morfológicos de cromosomas.
- d) Generar información básica para contribuir al conocimiento citológico de las especies.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 ÁREA DE ESTUDIO:

En este estudio dos especies de gramíneas de localidades salinas fueron investigadas citológicamente. Las observaciones cariotípicas se realizaron con base en material colectado durante 2010 y 2011 de sus respectivos hábitats naturales del Norte-Centro de México. A través de colectas de plantas vivas cultivadas bajo condiciones de invernadero, fue posible extraer raíces para la observación de cromosomas. Los ejemplares testigo (*vouchers*) de cada especie se depositaron en el Herbario CIIDIR. Las fotografías de las localidades se dan a conocer en el Anexo 3.

5.2 SITIOS DE COLECTA DE MATERIAL VEGETAL Y DE SUELOS

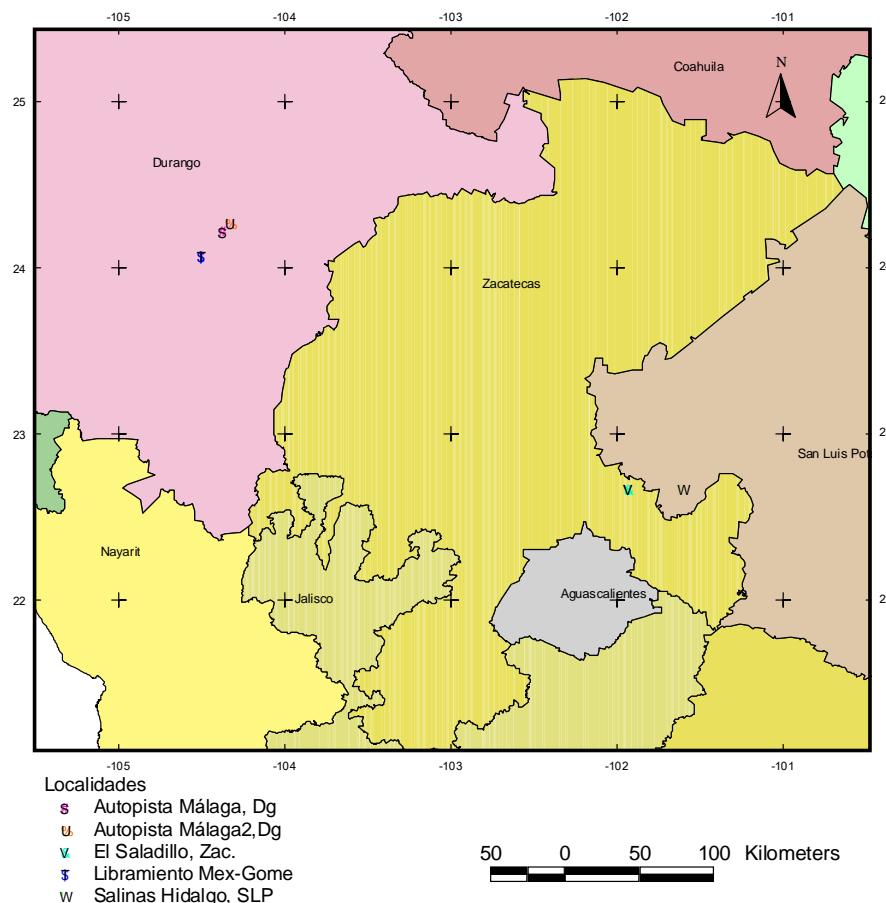


Figura 1. Mapa de Área de Estudio de las especies analizadas. Elaborado por L. Ruacho-González a partir del Conjunto de datos vectoriales del Marco Geoestadístico Nacional 1:250 000, INEGI.

Cuadro 1. Localidades de poblaciones estudiadas.

Especie	Localidad de colección	Coordenadas	Altitud
<i>Distichlis spicata</i> ₍₂₎ [*] #33	Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí	22°38'57.6"N 101°42'27.7" W	2072 msnm
<i>Distichlis spicata</i> ₍₂₎ [*] #31	El Saladillo, Zacatecas	22°38'38.7"N 102°02'24.9" W	2028 msnm
<i>Reederochloa eludens</i> ₍₂₎ [*] #29	El Saladillo, Zacatecas	22°38'38.7"N 102°02'24.9" W	2028 msnm
<i>Distichlis spicata</i> ₍₃₎ [*] #35	Libramiento Carretera México-Gómez Palacio, Durango	24°03'5.2" N 104°36'38.1" W	1751 msnm
<i>Reederochloa eludens</i> ₍₃₎ [*] #36	Libramiento Carr. México-Gómez Palacio, Durango	24°03'5.2" N 104°36'38.1" W	1751 msnm
<i>Distichlis spicata</i> ₍₃₎ [*] #14	Autopista Durango-Torreón km 25, Málaga, Durango	24° 12' 20.3" N 104°28' 45.6" W	1872 msnm
<i>Reederochloa eludens</i> ₍₄₎ [*] #15	Autopista Durango-Torreón km 32, Málaga, Dgo.	24° 14' 48.7" N 104°26' 28.9" W	1870 msnm

*Número de repeticiones de células medidas

Las localidades donde se colectaron plantas vivas para llevar a invernadero y realizar el presente estudio se muestran en el Mapa de la Fig. 1. Adicionalmente, fueron tomadas muestras de suelo (10 cm de la capa superficial), en el sitio donde

estaban creciendo las plantas estudiadas, con el fin de realizar análisis de pH, conductividad eléctrica, concentración de sales de Sodio y de Calcio y con ello caracterizar el grado de salinidad en cada sitio, con fines de comparación en este estudio.

5.3 METODOLOGÍA UTILIZADA

La obtención de los cromosomas se tomó a partir de la técnica de aplastado de raíz o squash, que consiste en un número de pasos a seguir desde la obtención de raíces, hasta la observación de los cromosomas bajo el microscopio óptico. El método utilizado se tomó de Martínez y de Anda (2003) y fue modificado en la hidrólisis hasta la obtención de resultados con las plantas de este estudio.

1. Germinación o enraizamiento: los tejidos meristemáticos localizados en la zona apical de la raíz son los más utilizados en citología para el recuento y análisis de cromosomas mitóticos, las raíces obtenidas se obtuvieron mediante su enraizamiento.
2. Pretratamiento: las raíces jóvenes se cortan y se someten con un inhibidor de mitosis 2mM 8-hidroxiquinoleina al 0.04% por 3 horas en total oscuridad, para acumular el mayor número de células metafásicas en el meristemo. En la metafase, los cromosomas alcanzan su mayor grado de condensación, se encuentran individualizados y presentan una forma característica que permite diferenciarlos y clasificarlos morfológicamente.
3. Fijación: las raíces prefijadas son fijadas cubriéndolas con una solución de Etanol y ácido acético al 3:1 (v: v) hasta la hidrólisis. La fijación es con el fin de interrumpir rápidamente los procesos vitales de la muestra, conservando invariable la estructura fina de las células.
4. Hidrólisis: es aquí donde se debe de destruir tanto la pared celular y la pectina de las uniones intercelulares, para esto se enjuagan las raíces 30 min 3 veces con agua destilada y se pasan a una solución de enzimas (pectinasa al 20%, celulasa al 2% y macerosima al 1%) en baño maría a 37°C durante 45 minutos (dependiendo de la especie); después se elimina

la enzima mediante dos enjuagues por media hora con agua destilada y se deja en agua.

5. Maceración: para observar perfectamente los cromosomas bajo un microscopio óptico, las células se deben de encontrar dispersas formando una sola capa, evitando la superposición, es importante que el squash se realice perfectamente sobre el porta objeto para evitar dicha sobreposición.
6. Tinción: al momento de realizar el squash se le agregó una gota de acético carmín al 2%, esta tinción fue la más efectiva en el tratamiento.
7. Aplastado o Squash: una vez realizada la tinción se le coloca un cubre objeto y se dan pequeños golpes sobre éste para disgregar el meristemo. Seguidamente se ejerce presión uniformemente con el pulgar sobre el cubre objeto para que los cromosomas se dispersen y al hacerse visibles se encuentren en un mismo plano, en seguida se pasan a nitrógeno líquido por unos minutos para su perfecta adición al porta objeto.
8. Montaje: una vez sacados del nitrógeno se dejan sacar por unos minutos y se cubren con entelan.
9. Las muestras se observan al microscopio y se miden aquellas células que se encuentren más dispersas. Las repeticiones o mediciones para este estudio se tomaron a partir de aquellas células que se observaban mejor en el microscopio. En el Cuadro 2 se observan el número de repeticiones para cada una de las especies y poblaciones *.

Medición, clasificación de cromosomas y elaboración de cariotipos

El conteo, interpretación y análisis de los cromosomas de las especies se realizó usando un microscopio ZeissAxio Scope.A1 con cámara integrada ZeissAxioCam ICc1 con un ocular de 10x y un objetivo de 100x. Los cromosomas se midieron con la ayuda del programa computacional "MicroMeasure 3.3" (<http://www.colostate.edu/Depts/Biology/MicroMeasure/>) y se clasificaron de acuerdo a la razón de los brazos (brazo largo/brazo corto) (Levan *et al.*, 1964) designados por

la posición del centrómero: 1.0-1.69 (metacéntrico; m), 1.7-2.99 (submetacéntrico; sm), 3.0-6.99 (subtelocéntrico; st) y 7.0-∞ (telocéntrico; t).

Para la caracterización de los cariotipos se calcularon los siguientes parámetros:

1. Longitud total de cromosomas del complemento haploide (suma de las longitudes medias de cada par de cromosomas homólogos, LTC).
2. La longitud media del cromosoma (LMC).
3. El índice medio centromérico (brazo corto/total de la longitud del cromosoma X100, IC).
4. Índice de asimetría intracromosomal $A1=1-[\sum (b/B/n)]$, donde b y B son la media de las longitudes de los brazos corto y largo de cada par de homólogos respectivamente y n es el número de homólogos (Zarco, 1986).
5. Índice de asimetría intercromosomal $A2=s/x$, donde s es la desviación estándar y x la longitud media del cromosoma (Zarco, 1986).
6. Índice de forma total TF% (longitud media de los brazos cortos/ longitud total del conjunto de cromosomas) 100 (este índice es frecuentemente utilizado para describir las relaciones de la asimetría del cariotipo en especies del mismo género Paszko, 2006). Ver anexo 2

Además se da a conocer la fórmula cariotípica que presentan cada una de las especies. Para la realización de los ideogramas, los pares homólogos se ordenaron según su longitud, en orden decreciente de tamaño y posición del centrómero.

5.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis de similitudes

Se compararon las medias de los parámetros medidos LTC, LCL, LCC y CI mediante un análisis cluster para examinar la similitud de cariotipos entre las especies y grupos.

Se llevó a cabo un análisis de similitudes usando el índice de Jaccard con los datos que se muestran en el Cuadro 5, seguido de un agrupamiento (cluster análisis) de la matriz de similaridades utilizando UPGMA (Unweighted Pair Group Mathematical Average). Además, para evaluar la contribución de cada parámetro del cariotipo para la ordenación de las especies, se sometieron a un análisis de componentes principales (ACP). Estos procesos se realizaron con el programa PAST (PAleontological STatistics) Version 1.94b.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Reederochloa eludens es una planta perenne, dioica, estolonífera, que se desarrolla en zonas de alta concentración de sales en pastizales halófilos o en claros de matorral xerófilo y requiere de altos niveles de agua para su crecimiento. Se encuentra en cualquier época de año aunque esté marchita y es por esto que el ganado la llega a consumir. Es una planta que en ocasiones es difícil de encontrar por el tamaño tan pequeño que presenta, aunque en otras ocasiones se puede llegar a observar fácilmente dada la densidad de individuos. La especie se consideraba endémica de los estados de Durango y San Luis Potosí; en este trabajo se amplía el registro de su área de distribución al estado de Zacatecas (Saladillo, Zacatecas).



Fig. 2. Fotografía de *Reederochloa eludens* de Saladillo, Zacatecas.



Fig. 3. Fotografía de *R. eludens* de Durango (libramiento Carr. Gómez Palacio-México).



Fig. 4. Fotografía de *R. eludens* Málaga Durango.

Distichlis spicata es una planta perenne rizomatosa, llega a tener tallos de 20 a 70 cm de alto, erectos. Se encuentra en áreas salinas y alcalinas, en pastizalos halófilos y en claros de matorral xerófilo. Se le conoce en casi toda América desde Canadá hasta Argentina. En ocasiones esta planta llega a tener hojas punzantes por las grandes cantidades de sales en las que se encuentra.



Fig. 5. Fotografía de *Distichlis spicata* de Saladillo, Zacatecas.



Fig. 6. Fotografía de *D. spicata* de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.



Fig. 7. Fotografía de *D. spicata* de Málaga Durango.



Fig. 8. Fotografía de *D. spicata* de Durango (libramiento Carr. Gómez Palacio-México).

Para la obtención de células mitóticas (Fig. 9) se obtuvieron meristemos radicales en diferentes horarios del día, encontrándose que de 9 AM a 1 PM es el período donde se encontró mayor número de células en metafase.

Se analizaron los cariotipos de siete poblaciones de *D. spicata* y *R. eludens* de Durango, San Luis Potosí y Zacatecas. Los números cromosómicos encontrados

son mostrados en el Cuadro 2. Existen informes de que en poblaciones de una misma especie se llegan a encontrar diferentes números de cromosomas; esas diferencias pueden deberse a una cuenta errónea por el tamaño tan pequeño de los cromosomas o incluso a identificaciones incorrectas en los casos de especies con características morfológicas muy similares. Sin embargo, si puede existir variación numérica de cromosomas dentro de una especie, a veces caracterizando a lo que se ha denominado tipos cromosómicos (citotipos), razas cromosómicas o ecotipos. Los citotipos pueden originarse a partir de eventos como la aneuploidía o poliploidía.

Distichlis spicata s.l. ha sido estudiada citológica y citotaxonomícamente en muchas ocasiones. Anteriormente se registró a *D. spicata* con $2n=72$ (Reeder, 1967) pero recientemente Bell *et al.* (2010) presentan un estudio sobre los mecanismos de especiación en el género, mencionando que los números básicos más comunes de la subfamilia Choridoideae son $x=9$ y 10 , tal como lo citan Soderstrom y Decker (1964), siendo estos más frecuentemente encontrados como tetraploides, donde *Distichlis spicata* presenta $2n=4x=38$ y $2n=4x=40$.

En el presente estudio, cinco poblaciones de *D. spicata* y *R. eludens*, de las siete estudiadas, son tetraploides con $2n=4x=40$ y $2n=4x=36$, mientras que las dos poblaciones restantes (una de *D. spicata* y una de *R. eludens*) son aneuploides, con $2n=4x+2=38$.

Uno de los resultados de esta investigación es que se da a conocer por primera vez en este estudio el número de cromosomas de *D. spicata* $2n=36$, encontrado en la población (#14) de Málaga, Durango. La tetraploidía de $2n=4x=36$ para *R. eludens*, se presenta por primera vez en este estudio, registrada para la población de Málaga, Durango (#15).

Además, se encontró un nuevo registro de la especie *R. eludens* en el estado de Zacatecas, (conocida anteriormente sólo de Durango y San Luis Potosí), siendo también nuevo el registro para su número cromosómico $2n=38$.

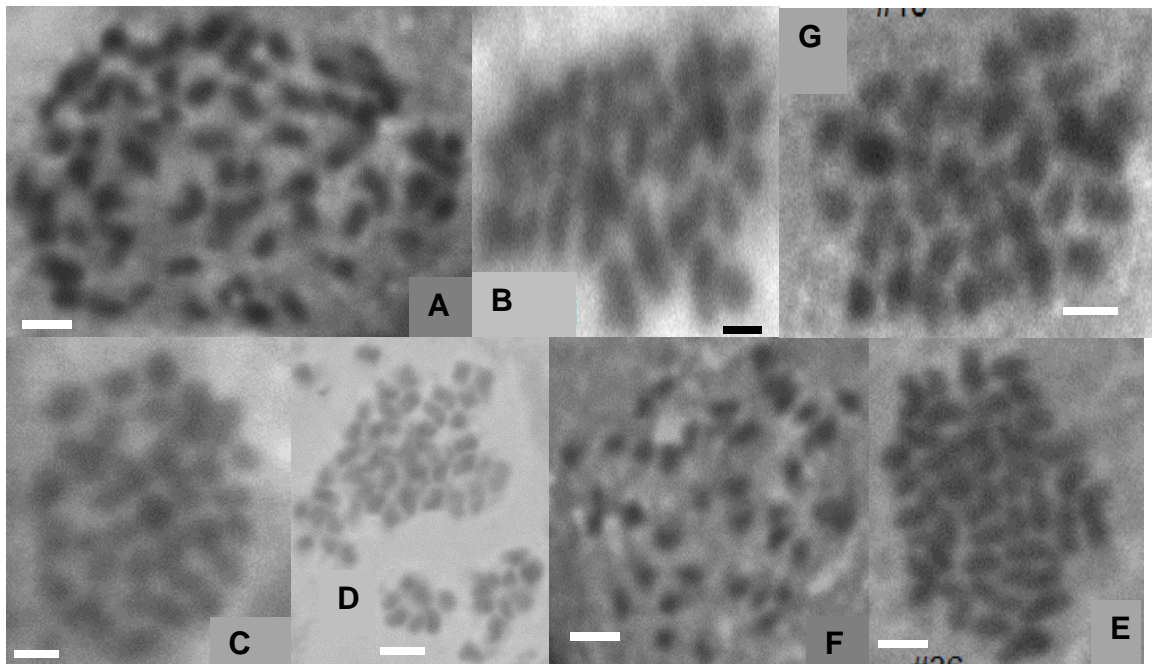


Fig. 9. Cromosomas mitóticos de las especies en estudio. **A.** *D. spicata* Sn. Luis Potosí (#33), **B.** *D. spicata* Zacatecas (#31), **C.** *R. eludens* Zacatecas (#29), **D.** *D. spicata* Durango (#35), **E.** *R. eludens* Durango (#36), **F.** *D. spicata* Málaga (#14) y **G.** *R. eludens* Málaga (#15). Barra 1 μ m.

Cuadro 2. Números cromosómicos en las poblaciones estudiadas.

Especie	2n	Localidad de colección
<i>Distichlis spicata</i> ₍₂₎ [*] #33	40	Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí
<i>Distichlis spicata</i> ₍₂₎ [*] #31	40	El Saladillo, Zacatecas
<i>Reederochloa eludens</i> ₍₂₎ [*] #29	38	El Saladillo, Zacatecas
<i>Distichlis spicata</i> ₍₃₎ [*] #35	40	Libramiento Carretera México-Gómez Palacio, Durango
<i>Reederochloa eludens</i> ₍₃₎ [*] #36	38	Libramiento Carr. México-Gómez Palacio, Durango
<i>Distichlis spicata</i> ₍₃₎ [*] #14	36	Autopista Durango-Torreón km 25, Málaga, Durango
<i>Reederochloa eludens</i> ₍₄₎ [*] #15	36	Autopista Durango-Torreón km 32, Málaga, Dgo.

*Número de repeticiones de células medidas

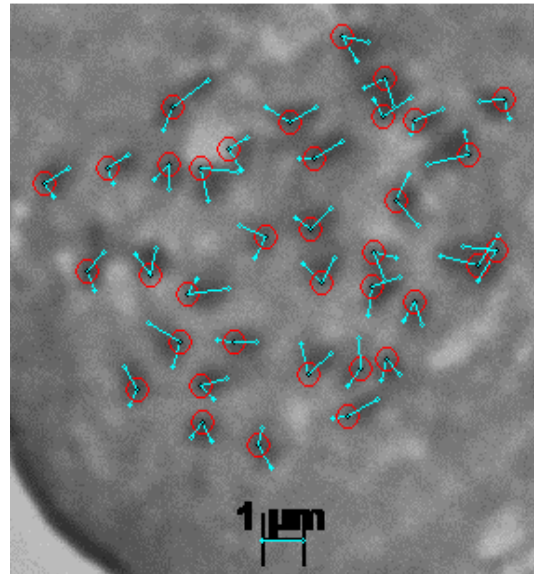


Fig. 10. Imagen de medición aplicando el programa MicroMeassure (*D. spicata* Málaga #20).

Tamaño y morfología de los cromosomas

La descripción del cariotipo de ambas especies en sus diversas poblaciones en el norte-centro de México se presenta por primera vez en este estudio.

Las mediciones de los cromosomas se llevaron a cabo como se muestra en la Fig.10. Para *D. spicata* # 33 se observaron 10 células de las cuales dos fueron tomadas para dichas mediciones; *D. spicata* # 31 con 17 células observadas y con dos repeticiones; *D. spicata* # 14 con 20 células observadas y tres repeticiones; *D. spicata* # 35 con 17 células observadas y tres repeticiones; para las poblaciones de *R. eludens*, la # 29 con 23 células observadas y dos repeticiones, *R. eludens* # 36 con 25 células observadas y tres repeticiones y *R. eludens* # 15 con 15 células observadas y cuatro repeticiones. El hecho de que se observaran muchas células y solo pocas repeticiones, es debido al gran trabajo que se realizó para poder tener buenas células fue difícil y se tomaron solo aquellas que estuvieran con una condensación adecuada para su observación.

La morfología de los cromosomas en el género ha sido poco estudiada, debido a que los cromosomas presentan un tamaño pequeño, dificultando su observación.

Los estudios realizados sobre el cariotipo fueron muy homogéneos indicando que la mayoría de los cromosomas son metacéntricos y algunos submetacéntricos; para *D. spicata* un 87.18% metacéntricos y un 12.82% submetacéntricos y para *R. eludens* un 83.94% metacéntricos y un 16.03% submetacéntricos. Se encontraron pocas diferencias en la posición del centrómero, lo que nos puede llevar a conocer la evolución de las especies.

Los números cromosómicos de *R. eludens* de dos poblaciones (#29 y #36) fueron constantes ($2n=38$), igual a lo reportado por Bell *et al.* 2010. Sus longitudes cromosómicas oscilan entre 0.19 y los 1.08 μm , encontrándose que esta especie contiene los cromosomas más pequeños y particularmente *R. eludens* #36 de Durango, como la menor de este grupo, de 0.19 a 0.94 μm .

Para las poblaciones de *D. spicata* #31, #33, y #35 se encontró un número cromosómico de $2n=40$, mientras que en la población #14 se encontró $2n=36$. En estas poblaciones se encontraron los cromosomas más grandes que van desde 0.35 a 1.44 μm .

Reederochloa eludens de las poblaciones #36 y #29 mostraron aneuploidía, ambas con $2n=38$. Dado que el número básico es $x=9$, se presume hubo una adición de un par de cromosomas con la siguiente fórmula $2n=4x+2=38$ para $x=9$.

La longitud media de los cromosomas de las especies analizadas pueden ser consideradas de tamaño pequeño (menores a 2 μm), según lo acordado por Stebbins (1938, citado en Domínguez y Galiano, 1974). De acuerdo a la posición del centrómero (relación brazo corto/brazo largo), se aplica la clasificación de Ghosh (1964, citado en Ferrer-Pereira y *et al.* 2009), quien designa como medianos a los cromosomas que presentan una relación entre 0.95 y 0.70 y como submedianos a aquellos por debajo de 0.70 hasta 0.33, basado en un estudio utilizando cromosomas de *Oryza*. En la identificación morfológica de los cromosomas la ubicación del centrómero es la referencia más útil y además presenta gran constancia (Levan *et al.*, 1964). En el Cuadro 3 se presentan las medidas de los brazos de los cromosomas y su clasificación de acuerdo a la posición del centrómero.

Cuadro 3. . Clasificación de los cromosomas de acuerdo a la posición del centrómero según Ghosh (1964).

Especie	Brazo corto µm	Brazo largo µm	Relación de brazos	Clasificación según Ghosh
D. spicata #35	0.39	1.13	0.35	Submedianos
D. spicata #33	0.35	1.35	0.26	-
D. spicata #31	0.36	0.95	0.38	Submedianos
D. spicata #14	0.39	0.98	0.40	Submedianos
R. eludens #15	0.32	1.08	0.30	-
R. eludens #29	0.35	0.97	0.36	Submedianos
R. eludens #36	0.19	0.94	0.20	-

Tres poblaciones de *D. spicata* (#35, #31 y #14) y solamente una *R. eludens* (#29) cuentan con cromosomas submedianos, mientras que una población de *D. spicata* (#33) y dos de *R. eludens* (#15 y #36) no alcanzan los valores mencionados y por lo tanto no entran en esta clasificación (Cuadro 3).

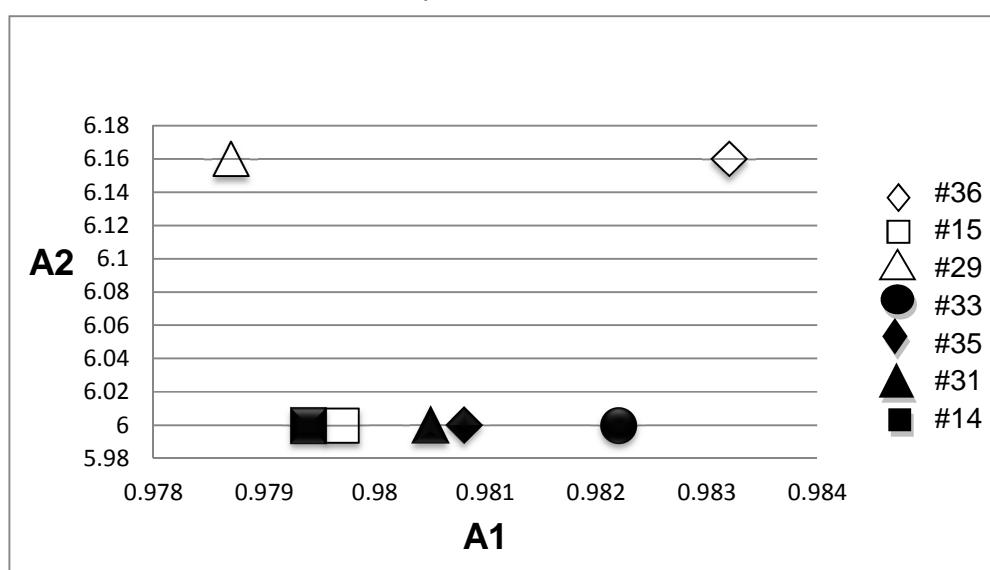
Los rangos de la media de la longitud de los cromosomas van de 1.22 a 1.44 µm en lo que respecta a las especies de *D. spicata*. En *R. eludens* son menores ya que van de 0.96 a 1.23 µm.

Los cariotipos más simétricos (Fig. 11 y Cuadro 4) están relacionados con el índice de forma total (TF%) de las especies, basado en la relación en porcentaje de la sumatoria total de longitudes de brazos cortos entre la sumatoria total de longitudes cromosómicas totales; los porcentajes van desde 39.26% a 44.65%, en un índice que varía entre 0% y 50% y en la medida en que los valores se acercan al valor máximo mencionado los cariotipos tienden a ser más simétricos; es decir que el cariotipo más simétrico que se encontró es el de *R. eludens* de Zacatecas con 44.65%, y el menos simétrico es el de *R. eludens* de Durango con 39.26%. El índice de forma total (TF%) y la forma de los cromosomas son relativamente similares.

La clasificación de Stebbins (1971) (citado en Pasko, 2006) es el método más frecuentemente usado para la asimetría del cariotipo y para describir las relaciones entre diferentes taxa, él reconoció 12 posibles tipos de cromosomas con base en las

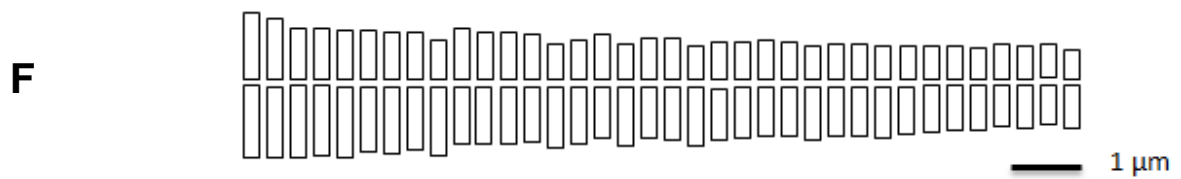
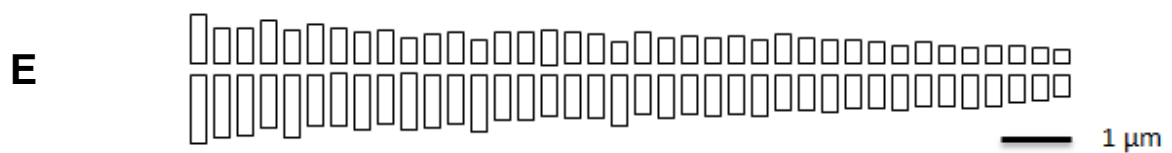
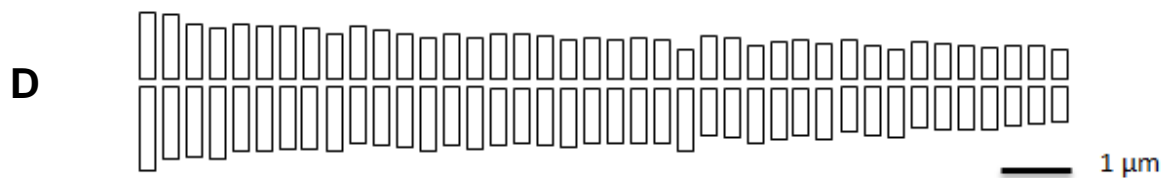
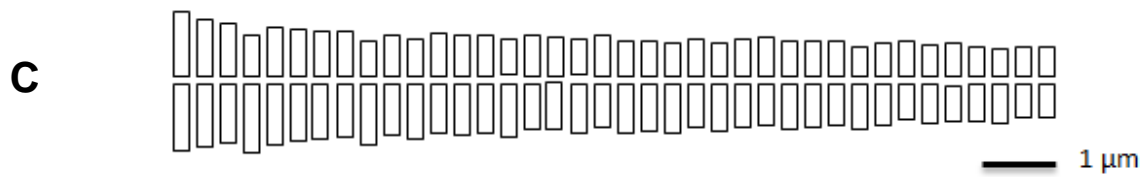
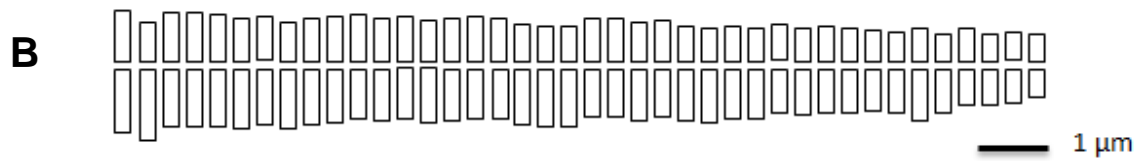
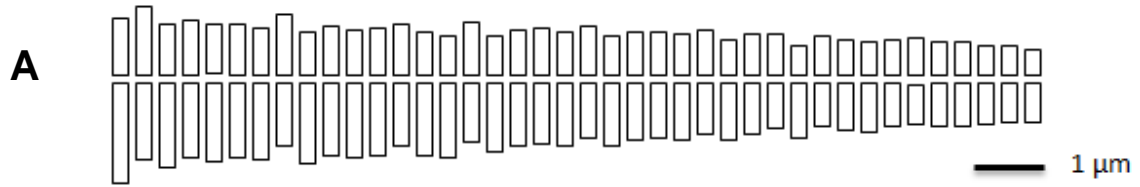
asimetrías y las longitudes cromosómicas en diferentes géneros de plantas. También menciona que su clasificación es arbitraria y es probable que otro sistema sea más informativamente valioso para otros géneros de plantas. Las especies en este estudio se pueden clasificar en un solo grupo 2B, lo que indica que no existe variación en sus cromosomas.

Fig. 11. Dispersión cariotípica para las especies *R. eludens* y *D. spicata* estudiadas. A_1 = asimetría intracromosomal y A_2 = asimetría intercromosomal



Con relación a los índices de asimetría intracromosomal (A_1) e intercromosomal (A_2) que son usados cuando no existen grandes diferencias en tamaño y morfología cromosómica (Ferrer *et al.*, 2009), se observó que no existen diferencias notorias entre las especies analizadas (Cuadro 4 y Fig. 10), no obstante existen variaciones entre ellas como se muestra en la Fig. 11. Todas las especies presentaron un alto grado de simetría intracromosomal con el comprendido de A_1 de 0.9887-0.9822 (Cuadro 4). Por otro lado, las tasas de los índices A_2 obtenidos son homogéneos para la mayoría de las poblaciones (5), con excepción de *R. eludens* #29 y #36 (poblaciones de Zacatecas y Málaga respectivamente) que presentaron un índice un poco más alto de 6.16 (Fig. 11). Los resultados aquí obtenidos muestran que las especies son muy homogéneas dada su poca variación en estos índices.

CARIOGRAMAS



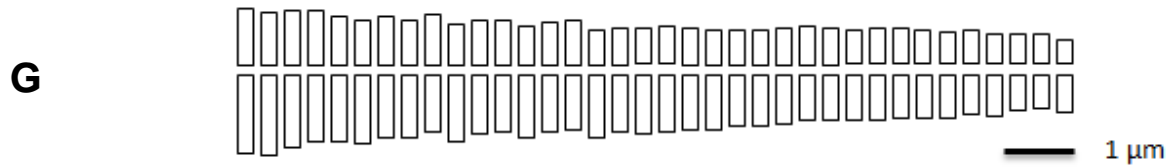


Fig. 12. Ideogramas. **A.** *D. spicata* San Luis Potosí (#33), **B.** *D. spicata* Zacatecas (#31), **C.** *R. eludens* Zacatecas (#29), **D.** *D. spicata* Durango (#35), **E.** *R. eludens* Durango (#36), **F.** *D. spicata* Málaga (#14) y **G.** *R. eludens* Málaga (#15).

Las especies tienden a mantener su constitución cariotípica estable a través del tiempo, en algunos individuos de la población, es probable la ocurrencia de mutaciones espontáneas, que provocan cambios de tipo estructural o numérico en el genoma, tal es el caso de este estudio en donde las diferencias encontradas en los cariotipos no parecen presentar grandes diferencias, lo que indica que se trata de especies muy emparentadas citológicamente. Estos hallazgos apoyan la propuesta de Bell y Columbus (2008) relativa al cambio de la taxonomía de este grupo, sugiriendo nuevas combinaciones de las especies y géneros estudiados, entre las que está la inclusión de *Reederochloa* en el género *Distichlis*.

Cuadro 4. Especies, número cromosómico (2n), fórmula cariotípica (FK), longitud total del complemento haploide (LCT), longitud del brazo más largo (LCL), longitud del brazo más corto (LCC), longitud media del cromosoma (LMC), índice del centrómero (IC), índice de asimetría intra-cromosomal (A1), índice de asimetría inter-cromosomal (A2), índice de forma total (TF%) y simbología utilizada.

Especies	2n	FK	LTC (μm)	LCL (μm)	LCC (μm)	LMC (μm)	IC%	A1	A2	TF%	Simb
<i>D. spicata</i> #35	40	36M+4Sm	49.03	1.13	0.39	1.36	43.11	0.9808	6	43.32	◆
<i>D. spicata</i> #33	40	30M+10Sm	52.16	1.35	0.35	1.44	41.66	0.9822	6	41.5	●
<i>D. spicata</i> #31	40	38M+2Sm	44.02	0.95	0.36	1.22	43.54	0.9805	6	43.8	▲
<i>D. spicata</i> #14	36	32M+4Sm	46.78	0.98	0.39	1.29	42.45	0.9794	6	42.57	■
<i>R. eludens</i> #15	36	34M+2Sm	45.94	1.08	0.32	1.23	42.12	0.9797	6	42.16	□
<i>R. eludens</i> #29	38	36M+2Sm	44.56	0.97	0.35	1.17	44.65	0.9787	6.16	44.7	△
<i>R. eludens</i> #36	38	24M+14Sm	36.66	0.94	0.19	0.96	39.26	0.9832	6.16	38.83	◇

Se construyó un dendrograma (Fig. 13) incluyendo los parámetros especificados, el cual muestra cuatro grupos principales. El primer grupo está compuesto por *D. spicata* de las poblaciones de San Luis Potosí (# 33) y de Durango (# 35) (Libramiento México-Gómez Palacio), este grupo se caracteriza por su elevada longitud total (52.16 y 49.03 μm) y su longitud media del cromosoma (1.44 y 1.36 μm). Formando el segundo "grupo" está la población (# 36) de *R. eludens* de Durango (Libramiento) cuya separación parece deberse a que presenta las más bajas longitudes en el cromosoma, IC y la longitud media del cromosoma (36.66, 39.26 y 0.96 μm respectivamente). El tercer grupo consta de *D. spicata* (# 31) de Zacatecas y *R. eludens* (# 29) de Zacatecas, especies que están muy relacionadas debido a las cantidades bajas y cercanas que presentan en LTC, LCL y LMC (44.02-44.56, 0.95-0.97, y 1.22-1.17 μm), y el cuarto grupo que presenta a *D. spicata* (# 14)

y *R. eludens* (# 15), ambas de Málaga, con longitud total de los cromosomas similar (46.78 y 45.94 μm). Estos dos últimos grupos están muy relacionados, esto puede deberse al IC tan cercano que va desde 42.45 a 42.12 μm .

El primer grupo presenta una similitud aproximada del 70% entre las especies y una similitud menor del 5% con el segundo “grupo”. El grupo tres presenta una similitud aproximada del 90% y el grupo cuatro una similitud aproximada del 77%, entre estos dos últimos grupos llega a existir una similitud del 55%.

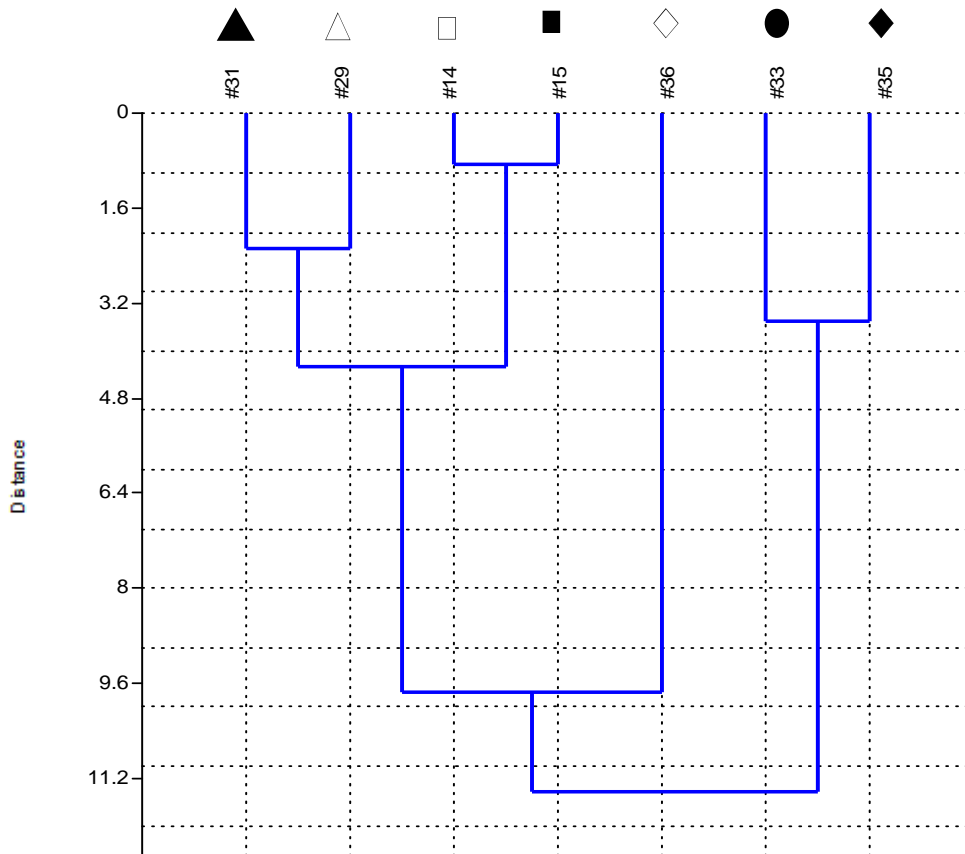


Fig. 13. Análisis Cluster de los diferentes parámetros analizados (2n), longitud total (LT), longitud del cromosoma más largo (LCL), longitud del cromosoma más corto (LCC), longitud media del cromosoma (LMC) e índice del centrómero (IC).

Los resultados del análisis de componentes principales (PCA) de los parámetros del cariotipo fue proyectado en un gráfico de dos dimensiones (Fig.14) Un componente refiere a la longitud total del cromosoma, mientras que el componente dos acentúa la variación en la posición del centrómero.

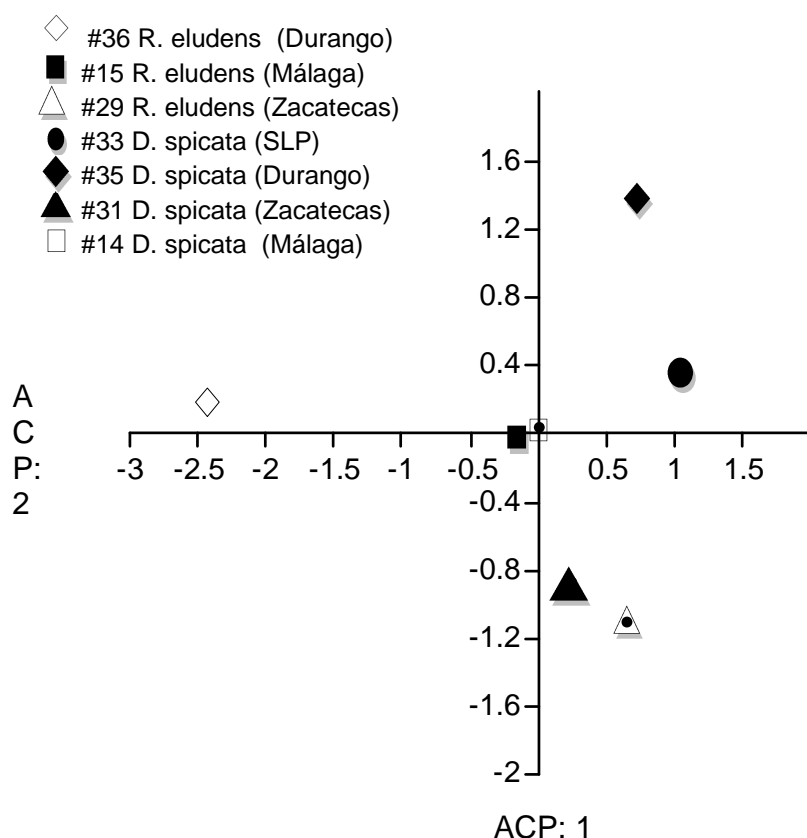


Fig. 14. Diagrama resultante del análisis de componentes principales 1 (longitud total; LT) y 2 (posición del centrómero; IC).

Uno de los principales factores que determinan la distribución de las gramíneas es el clima, pero en el caso específico del grupo de pastos en este estudio, su distribución obedece al sustrato más que al clima (Rzedowski, 1978). Así, estas especies se distribuyen donde hay alta concentración de sales de sodio y calcio. Con el fin de explorar la posible relación entre las características del suelo

donde se desarrollan las poblaciones estudiadas y los cariotipos, se llevó a cabo un análisis de suelos. Los resultados se presentan en los Cuadros 5 y 6.

Cuadro 5. Concentración de sales del suelo en las distintas localidades en estudio.

LOCALIDADES	Sales de Sodio (mg/L)	Sales de Calcio (mg/L)
Libramiento Carretera Gómez Palacio-México	79.3	97.1
Málaga (Autopista Dgo-Torreón km 32)	826	46.8
Málaga (Autopista Dgo-Torreón km 25)	675	45.3
Salinas Sn. Luis Potosí	234	222
El Saladillo Zacatecas	80.1	238

Es importante conocer la probabilidad de la existencia de alguna relación en la cantidad de sales minerales de los suelos con las especies analizadas, pues existe la posibilidad que la cantidad de sales llegue afectar en la morfología y/o cantidad de los cromosomas. En el cuadro 6 se dan a conocer los valores de alcalinidad de los sitios donde se localizaron las distintas especies. La salinidad influye significativamente sobre la respuesta germinativa de la planta, un exceso de sales provoca una reducción del potencial hídrico del suelo, induciendo una menor capacidad de absorción de agua por las raíces. Los resultados del presente estudio revelan que en los dos casos de mayor nivel de pH (10.6) la cantidad de cromosomas es menor (en las dos especies de Málaga (# 14 y # 15). Las demás poblaciones no presentaron alguna variación.

Cuadro 6. Valores de pH, conductividad eléctrica, Na y Ca en las diferentes poblaciones de las especies en estudio.

Especies	pH*	CE* dS/m	Na**	Na**	Ca**	Ca**
D. spicata #35	9.6	0.19	79.3	82.2	97.1	94
D. spicata #33	8.9	3.65	234	208	222	218
D. spicata #31	9.4	0.65	80.1	79.7	238	226
D. spicata #14	10.6	5.63	675	661	45.3	41.6
R. eludens #15	10.6	6.82	826	807	51.5	46.8
R. eludens #29	9.4	0.65	80.1	79.7	238	226
R. eludens #36	9.6	0.19	79.3	82.2	97.1	94

*Bajo el método NOM-021-SEMARNAT-2000AS-03 ** Técnica utilizada AA Flame

La conductividad eléctrica (CE) sirve para medir la concentración total de sales en el suelo, pero no indica qué sales están presentes (Cuadro 6). En las localidades de las poblaciones # 14 y # 15 existe un alto grado de CE lo que nos indica una Salinidad Excesiva por la gran alta concentración de sales de sodio principalmente; las poblaciones # 29 y #31 se encuentran en un grupo de Salinidad Media pero a diferencia de la anterior población, ésta por suelos calcareos; las poblaciones # 35 y # 36 con una CE de 0.19 sD/m entran en el intervalo de Baja Salinidad, y la especie *D. spicata* de San Luis Potosí # 33 con una Salinidad Muy Alta tanto de Sodio como de Calcio.

Conociendo la concentración de sales en los suelos se realizó un dendrograma (Fig. 15), para conocer las relaciones de las poblaciones con respecto al suelo; en donde se puede observar la alta cantidad de sales que se presentan en la localidad de Málaga; las poblaciones de Zacatecas y Durango llegan a tener bastante relación y un poco más con la San Luis Potosí.

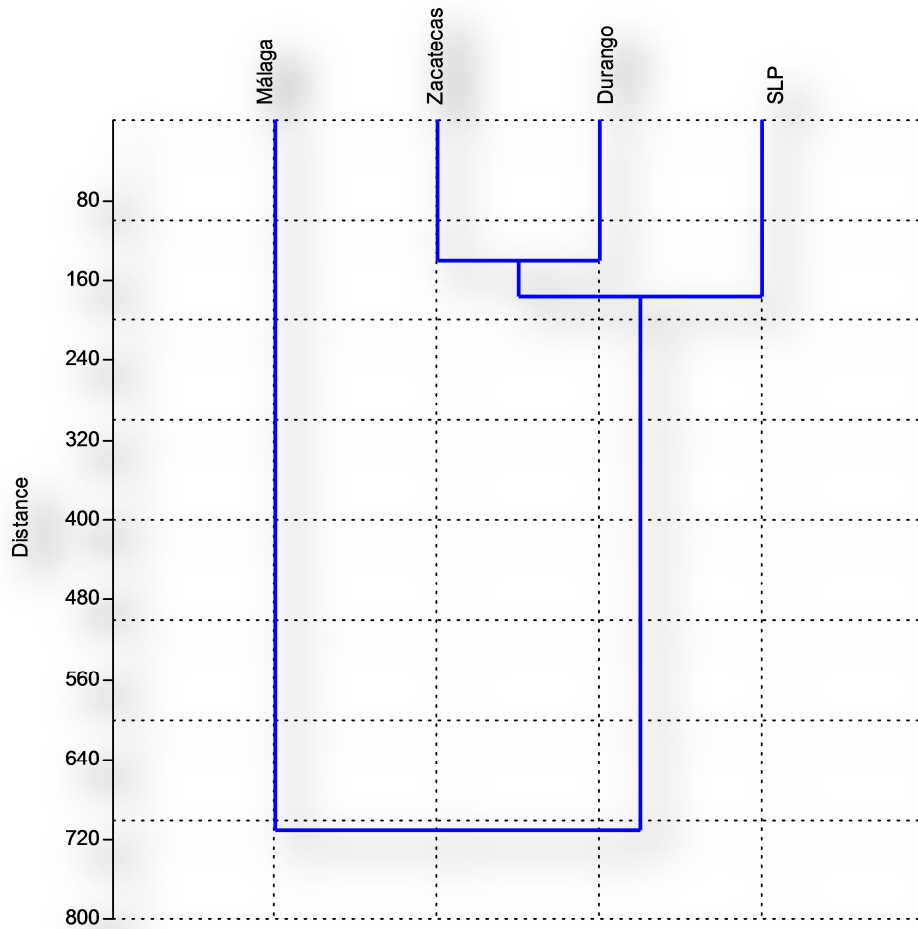


Fig. 15. Dendrograma de salinidad de las cuatro poblaciones.

Al conocer los resultados del análisis de salinidad de los suelos surgió un dato interesante que revela que la cantidad de cromosomas ($2n$) pudiera estar influenciada negativamente por el pH (Fig. 16). Sin embargo, la reducida cantidad de muestras no permite confirmar dicha suposición.

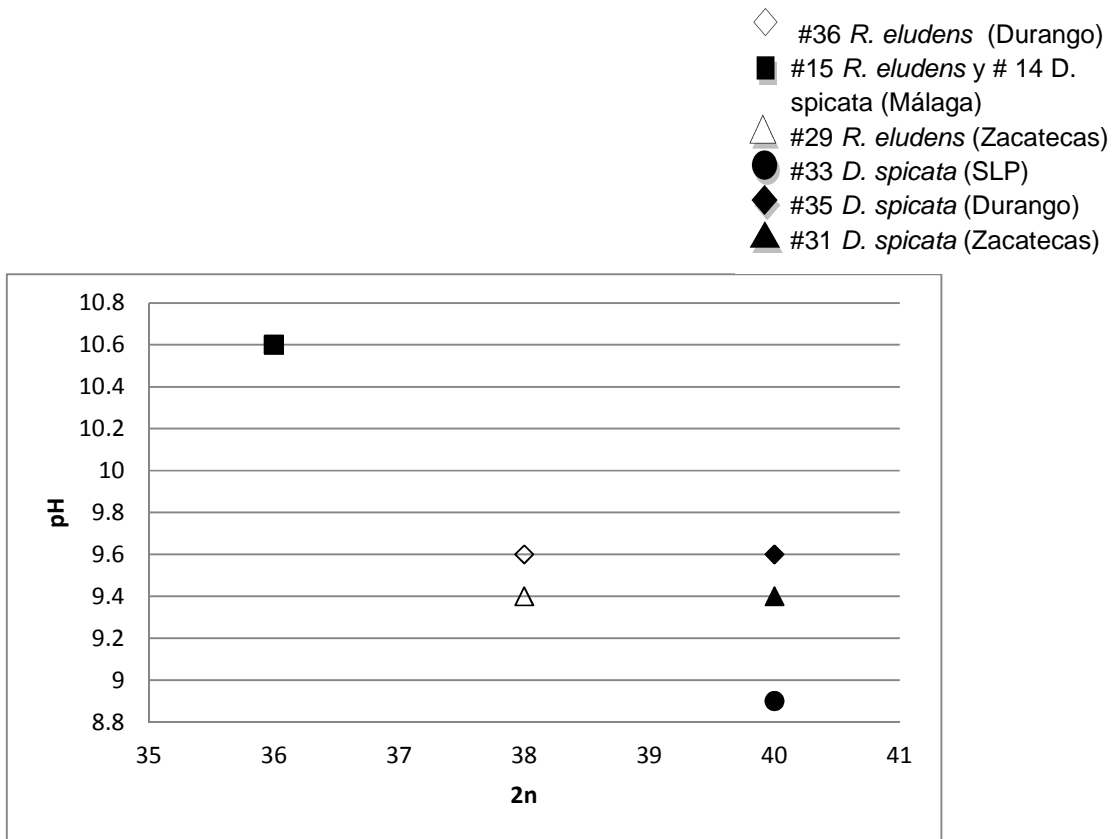


Fig. 16. Relación del pH con el número de cromosomas (2n).

VII CONCLUSIONES

Los estudios citogenéticos permiten profundizar en el conocimiento de los mecanismos de especiación y del sistema genético de las especies. Particularmente el análisis de los cariotipos resulta de gran utilidad en el conocimiento de las relaciones interespecíficas, llega a complementar la información obtenida por métodos morfológicos y moleculares, la detección de poliploidía y otros significativos cambios del genoma. Los resultados obtenidos apoyan estudios en taxonomía, mejoramiento y biotecnología de este género, recurso forrajero y de gran importancia en los suelos alcalinos.

El conjunto de caracteres cromosómicos (la posición del centrómero, número y tamaño) llega a ser útil en la caracterización y diferenciación de las especies cuya morfología externa (caracteres vegetativos o reproductivos) es muy similar. Esta situación aplica para la controversia en relación a *Distichlis* y *Reederochloa*, dado que la delimitación taxonómica y relaciones filogenéticas del segundo han sido ampliamente discutidas. Algunos autores consideran que *R. eludens* debe reconocerse como parte del género *Distichlis*, mientras que otros sugieren que se trata de géneros diferentes. Los resultados del presente estudio apoyan la reducción de *Reederochloa* a sinónimo de *Distichlis*. Tanto *Distichlis spicata* como *Reederochloa eludens* tienen como principal número básico $x=9$, además de que en sus características cromosómicas (TF%, IC, LTC) existen similitudes que indican una estrecha relación entre ambas, por lo que se confirma el reconocimiento de la segunda como parte de *Distichlis*. Se reporta por primera vez tetraploidía sin aneuploidía $2n=4x=36$ para *R. eludens* (*Distichlis eludens*).

VIII RECOMENDACIONES

Sería conveniente llevar a cabo mayor cantidad de estudios citológicos de las especies investigadas aquí, así como estudios citogenéticos que arrojen mayor luz a la taxonomía y filogenia del grupo.

Es recomendable realizar estudios de suelos bajo una metodología estadística de muestreos que permita explorar mejor la posible relación entre las propiedades citogenéticas de las especies con las características fisicoquímicas de los suelos en donde éstas se desarrollan.

IX. LITERATURA CITADA

Anónimo. 2009. Genoma de las gramíneas. Consulta en línea 8 de noviembre del 2009 <http://la-guadua.over-blog.es/article-33655425.html>.

Barkworth, M.E. and H.L. Bell. 2011. 17.04 DISTICHLIS Raf. <http://herbarium.usu.edu/treatments/Distichlis.htm>

Bell, H.L. and J.T. Columbus. 2008. Proposal for an expanded *Distichlis* (Poaceae, Chloridoideae): support from molecular, morphological, and anatomical characters. *Systematic Botany* 33(3): 536-551.

Bell, H., J. Harrington and R. Scott. 2010. Patterns of speciation in *Distichlis* (Poaceae). En línea: <http://2010.botanyconference.org/engine/search/index.php?func=detail&aide=390>. Consulta 4 Nov 2011.

Caponio, I. 2002. Estudios Citogenéticos de tres especies de *Digitaria* de la sección *Trichachne*. *Fac. Cienc. Agrarias-UNNE*. Pp. 1-3

Castañón, N.G. 2002. La biotecnología y el mejoramiento genético vegetal. División académica de Ciencias Biológicas. UJAT. *Kuxulkab´ revista de divulgación*. Vol. VII. No. 14.

Cortés O., A. y Y. Herrera A. 2011. Distribución y diversidad de la familia Poaceae en Chihuahua, Durango y Zacatecas, México. *J. Bot. Res. Inst. Tex.* 5(2): 689-700.

Dávila, P., M.T. Mejía-Saulés, M. Gómez-Sánchez, J. Valdés-Reyna, J.J. Ortiz, C. Morín, J. Castrejón y A. Ocampo. 2006. Catálogo de las Gramíneas de México. UNAM-CONABIO. 671 p. México.

Domínguez, E. y E.F. Galiano. 1974. Revisión del género *Scorpiurus* L. 1ª. Parte experimental. *Lagascalía* 4(1): 61-84.

Estrada, A.J. 2002. Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano. Ed. Universidad de Caldas. 226 p.

Estrada-Hernández, A., E. Troyo-Dieiguez., J.L. García-Hernández, H. Hernández-Contreras, B. Murillo-Amador y R. López-Aguilar. 2005. Potencial forrajero del pasto salado *Distichlis spicata* (L.) Greene en ecosistemas costeros de Baja California Sur, México por el método de “componentes principales”. *Técnica Pecuaria México* 43(1): 13-25.

Ferrer-Pereira, H.E., N.C. Alcorcés-de-Guerra y J.R. Méndez-Natera. 2009. Asimetrías Cariotípicas observadas en dos especies de *Gossypium* L. *Acta Biológica. Par., Curitiba* 38(3-4):179-186.

Gama-López, S. 1994. Análisis morfológico y cariológico de *Pachycereus weberi* y *Pachycereus aff. weberi* (Cactaceae). Tesis de Licenciatura. UNAM. México. pp. 147.

Guerra, M. 1988. Introducción a la Citogenética General. Laboratorio de Genética. Departamento de Biología general. Universidad Federal de Pernambuco. Ed. Guanabara. pp. 154.

Guerra, M. 2008. Chromosome numbers in plant cytotaxonomy: concepts and implications. *Cytogenet Genome Research* 120: 339-350.

Herrera A., Y. 1994. Perspectiva histórica de la clasificación de la familia Poaceae. *Phytologia* 77(1): 8-22.

Herrera A., Y. y D.S. Pámanes G.. 2006. Guía de pastos para el ganadero del Estado de Durango. IPN-COCyTED-Fundación Produce Durango, A.C. 290 p.

Herrera A., Y. & P.M. Peterson. 2007. *Muhlenbergia* (Poaceae) de Chihuahua, México. Sida Botanical Miscellany 29: 1-109.

Herrera A., Y. y A. Cortés O. 2009. Diversidad de las gramíneas de Durango, México. Polibotánica 28: 49-68.

Herrera A., Y., P.M. Peterson y A. Cortés O. 2010. Gramíneas de Zacatecas, México. Sida, Botanical Miscellany. 240 p.

Herrera, C., J. 2007. La Citogenética Molecular y su aplicación en el estudio de los genomas vegetales. Agronomía Colombiana 25(1): 26-35.

Hilu, K.W. 2004. Phylogenetics and chromosomal evolution in the Poaceae (grasses). Australian Journal of Botany 52: 13-22.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Conjunto de datos vectoriales del Marco Geoestadístico Nacional, Marco Geoestadístico Municipal 2009 Versión 4.1. 1:1250000. En Línea

(http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/marco_geoestad%C3%ADstico.aspx).

Lacadena, J.R. 1996. Citogenética. Ed Complutense S.A. Madrid. P 27-31.

Levan, A., K. Fredga and A.A. Sandberg. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Institute of Genetics, Lund, Sweden, and Roswell Park Memorial Institute, Buffalo, N.Y., U.S.A. Pp. 201-220.

Lewin, 2000. Partiendo de la breve historia de la genética. Genes VII. En línea http://www.udc.es/grupos/xenomarcromevol/CXE_files/7_1.pdf (consulta el 11 de noviembre del 2009).

López S., Ma. M., S.D. Koch, M. Flores-Cruz y E.M. Engleman. 2009. Anatomía comparada de la lámina foliar del género *Distichlis* (Poaceae). *Acta Botanica Mexicana* 89: 1-23.

Mancuso, O.V. 2005. Estudos citotaxonômicos em espécies do gênero *Vernonia* Schreb. (Asteraceae: Vernonieae). Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas. Brasil. Tesis de Maestría. 130 p.

Mancuso, O.V. 2008. Caracterización cariotípica de especies de *Vernonia* Schreb. (Asteraceae: Vernonieae) con técnicas de diferencia longitudinal de cromosomas (bandamientos e hibridación de ADN in situ). Universidad Estadual de Campinas. Brasil. Tesis de Doctorado. 188 p.

Martínez, J.M. y E.G. de Anda. 2003. Determinación del nivel de ploidía en zacate búfalo (*Buchloe dactyloides*). Tesis de Ingeniero Agrónomo en Producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. Pp.389-395.

Molina, M.C. and C.A. Naranjo. 1987. Cytogenetics in the genus *Zea*. *Theor. Appl. Genet.* 73: 542-550.

Moreno, C.E. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Textos Universitarios, Universidad Veracruzana, México.

Moreno, S.F., M. Esqueda, J. Martínez y G. Palomino. 2007. Tamaño del genoma y Cariotipo en *Agave angustifolia* y *A. rhodacantha* de Sonora, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 30(1): 13-23.

Moreno-Pérez E., A. García-Velázquez y C.H. Avendaño-Arrazate. 2009. Estudio citológico en poblaciones diploides y poliploides del género *Tripsacum*. *Interciencia* 34(11): 791-795.

Paliwal, R.L., G. Granados, H. R. Lafitte y A. D. Violic. 2001. El maíz de los Trópicos. Dirección de Producción y Protección Vegetal de la FAO. ONU. En línea: <http://www.fao.org/docrep/003/X76505/x7650s00.htm#toc>. (Revisión 20 nov del 2010).

Paredes, W. 2007. Mejoramiento genético en plantas. Universidad Nacional de San Agustín. Perú. En línea: http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/mejora_genetica_plantas.htm (Revisión 13 marzo del 2010).

Paszko, B. 2006. A critical review and a new proposal of karyotype asymmetry índices. *Plant Systematics and Evolution* 258: 39-48.

Pelliza, A., L. Borrelli y G. Bonvasuto. 2005. El pasto Salado (*Distichlis spp.*) en la Patagonia: una forrajera adaptada a la aridez y a la salinidad. Facultad de Ciencias Agropecuarias. *Revista Científica Agropecuaria* 9(2): 119-131.

Poggio, L. y C. Naranjo. 2004. Biotecnología y Mejoramiento Vegetal. Capítulo 5. Citogenética. pp. 69-79.

Proyecto SoCo. 2009. Agricultura sostenible y conservación de los suelos, procesos de degradación del suelo. Ficha informativa nº4: Sa linidad y Sodificación.

Reeder J. 1967. Notes on Mexican grasses VI. Miscellaneous chromosome numbers. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 94(1): 1-8.

Rodríguez, N.C. y M.L. Bueno. 2006. Estudio de la Diversidad citogenética de *Physalis peruviana* L. (Solanaceae). Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Rzedowski, J. 1978. La Vegetación de México. Limusa. 432 pp.

Sánchez, O. y S. Lima. 1970. Biología para las escuelas de segunda enseñanza. Ed. Herrero S.A. México, D.F. pp. 147-148.

Serratos H., J.A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente Americano. UNAM. Greenpeace México. pp. 33.

Sharma, M.L. 1979. Some considerations on the phylogeny and chromosomal evolution in grasses. Cytologia 44: 679-85.

Singh, R.J. 1993. Plant Cytogenetics. Department of Agronomy. University of Illinois. CRC Press. 391 p.

Soderstrom, T. and H. Decker. 1964. *Reederochloa*, a new genus of dioecious grasses from México. Brittonia 16(3): 334-339.

Talledo D. y C. Escobar. 2004. Genética de las células somáticas de raíces y tuberosas andinas, En J. Seminario (ed.) Raíces Andinas, contribuciones al conocimiento y a la capacitación, pp 77-94 Smithsonian Institution, Washington , D. C.

Tapia, P.F., R. Fernández N., S. Gómez A. y P. Mercado R. 2004. Estudio cromosómico en tres especies de *Karwinskia* (Rhamnaceae) endémicas de México. Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica UNAM. 75(1): 1-10.

Továr, O. 1993. Las Gramíneas (Poaceae) del Perú. Ruizia Monografías del Real Jardín Botánico. Universidad Nacional de San Marcos. Tomo 13. p. 11.

Valladolid, A., R. Blas y R. Gonzáles. 2004. Introducción al recuento de cromosomas somáticos en raíces andinas. En J. Seminario (ed.), Raíces Andinas, contribuciones al conocimiento y a la capacitación, pp. 95-99.

Wilson, G.B. y J. H. Morrison. 1979. Citología. España. Compañía editorial Continental, S.A. (C.E.C.S.A.).

Zarco, R.C. 1986. A new method for estimating karyotype asymmetry. *Taxon* 35(3): 526-530.

ANEXO I. GLOSARIO

Aneuploidía: Se produce cuando un individuo presenta algún cromosoma de más o de menos en relación con su condición de diploide, pero sin que se llegue a alcanzar la dotación de un juego completo de cromosomas.

Citogenética: Parte de la genética que trata del estudio de la estructura, función y comportamiento de los cromosomas, incluyendo aspectos de su herencia y su evolución.

Citotaxonomía: Parte de la ciencia que se enfoca a dilucidar las relaciones taxonómicas de los organismos con base en sus cariotipos. Observa la diversificación cariotípica en el espacio y el tiempo y la consecuente especiación.

Citotipo: Forma de un organismo que no puede ser rápidamente distinguida por su morfología o color.

Parafilético: En filogenia un grupo es parafilético cuando incluye al antepasado común de sus miembros, pero no a todos los descendientes de este.

Población: Conjunto de organismos o individuos de la misma especie que coexisten en un mismo espacio y tiempo y que tienen intercambio genético.

Poliploidía: Duplicación o multiplicación de una dotación completa de cromosomas.

Simpatría: dos especies son simpátricas cuando viven la misma área geográfica o en áreas que se solapan.

Taxa: Plural de Taxón.

Taxón: Unidad taxonómica de cualquier jerarquía en la clasificación de los organismos.

ANEXO II. CUADROS DE MEDICIONES (REPETICIONES)

NOTA: Las tablas a's incluyen las medidas sacadas del programa MicroMeasure y las tablas b's son sus promedios, y en el cuadro cuatro se muestran las mediciones finales de cada población.

Distichlis spicata* localidad Málaga Durango*Tabla a1**

Longitud total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de los brazos	IC
1.82	0.94	0.88	1.06	48.50
1.71	0.91	0.79	1.15	46.49
1.68	0.86	0.82	1.04	48.98
1.66	1.07	0.59	1.82	35.52
1.58	1.03	0.55	1.85	35.03
1.52	0.80	0.71	1.13	46.94
1.51	0.90	0.62	1.45	40.82
1.49	0.75	0.74	1.01	49.67
1.44	1.01	0.43	2.35	29.82
1.43	0.73	0.69	1.06	48.63
1.41	0.72	0.69	1.04	48.90
1.34	0.69	0.65	1.07	48.40
1.31	0.67	0.64	1.04	48.92
1.30	0.73	0.56	1.31	43.36
1.29	0.82	0.47	1.75	36.35
1.27	0.65	0.62	1.05	48.72
1.27	0.72	0.55	1.31	43.32
1.26	0.69	0.57	1.22	45.13
1.25	0.73	0.52	1.41	41.56
1.20	0.83	0.37	2.28	30.52
1.16	0.71	0.45	1.56	39.13
1.16	0.80	0.36	2.19	31.38
1.12	0.59	0.53	1.12	47.21
1.11	0.66	0.45	1.47	40.47

1.11	0.59	0.51	1.15	46.53
1.11	0.57	0.53	1.08	47.97
1.10	0.61	0.49	1.25	44.46
1.08	0.69	0.39	1.77	36.04
1.07	0.59	0.47	1.25	44.47
1.07	0.73	0.33	2.22	31.06
1.05	0.63	0.42	1.51	39.89
1.04	0.63	0.41	1.55	39.17
1.00	0.52	0.48	1.07	48.25
0.98	0.59	0.39	1.53	39.59
0.96	0.51	0.45	1.12	47.21
0.96	0.55	0.41	1.33	43.01

Tabla a2

Longitud total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de los Brazos	IC
1.98	0.99	0.98	1.01	49.76
1.72	0.96	0.76	1.27	43.96
1.69	1.10	0.59	1.86	34.94
1.61	0.84	0.78	1.08	48.17
1.61	0.95	0.65	1.47	40.54
1.59	0.82	0.77	1.07	48.37
1.55	1.00	0.55	1.84	35.20
1.49	1.04	0.45	2.28	30.46
1.47	1.05	0.42	2.50	28.54
1.44	0.79	0.65	1.23	44.87
1.42	0.83	0.59	1.40	41.60
1.40	0.76	0.64	1.19	45.76
1.40	0.75	0.65	1.16	46.29
1.37	0.98	0.39	2.52	28.40
1.36	0.74	0.62	1.20	45.52
1.34	0.69	0.64	1.08	48.15
1.31	0.70	0.62	1.12	47.07
1.28	0.68	0.59	1.15	46.45
1.27	0.68	0.59	1.15	46.50
1.27	0.82	0.45	1.80	35.68
1.21	0.63	0.58	1.09	47.81
1.20	0.66	0.55	1.20	45.42

1.20	0.70	0.50	1.39	41.83
1.16	0.68	0.47	1.44	40.98
1.14	0.82	0.32	2.55	28.17
1.13	0.71	0.42	1.69	37.07
1.12	0.79	0.33	2.40	29.42
1.12	0.73	0.39	1.88	34.77
1.08	0.65	0.43	1.51	39.85
1.06	0.55	0.50	1.10	47.59
1.05	0.55	0.51	1.07	48.23
1.04	0.68	0.37	1.84	35.16
1.04	0.53	0.51	1.05	48.85
1.02	0.57	0.45	1.27	44.01
0.98	0.53	0.45	1.19	45.69
0.94	0.61	0.33	1.84	35.18

Tabla a3

Longitud total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de los Brazos	IC
1.84	1.00	0.84	1.19	45.67
1.83	0.96	0.87	1.10	47.69
1.65	0.96	0.69	1.40	41.64
1.65	0.94	0.71	1.32	43.16
1.62	0.87	0.75	1.17	46.02
1.55	1.02	0.53	1.92	34.28
1.54	0.82	0.72	1.14	46.73
1.52	0.78	0.74	1.06	48.53
1.51	0.76	0.75	1.01	49.68
1.51	0.78	0.73	1.06	48.60
1.44	0.80	0.64	1.24	44.70
1.41	0.82	0.59	1.38	41.97
1.35	0.77	0.58	1.34	42.77
1.31	0.78	0.53	1.48	40.32
1.30	0.77	0.53	1.46	40.69
1.30	0.73	0.56	1.31	43.36
1.26	0.95	0.30	3.13	24.21
1.26	0.73	0.53	1.37	42.25
1.25	0.71	0.55	1.30	43.55
1.25	0.75	0.50	1.50	40.01
1.24	0.75	0.49	1.53	39.52

1.24	0.63	0.61	1.04	48.99
1.24	0.68	0.55	1.23	44.87
1.22	0.66	0.56	1.18	45.93
1.22	0.71	0.51	1.40	41.72
1.21	0.71	0.50	1.41	41.57
1.17	0.59	0.57	1.03	49.24
1.17	0.62	0.55	1.13	46.96
1.11	0.65	0.46	1.40	41.60
1.09	0.59	0.50	1.18	45.83
1.06	0.67	0.39	1.73	36.66
1.05	0.55	0.50	1.10	47.65
1.05	0.59	0.45	1.30	43.41
1.04	0.55	0.49	1.12	47.13
1.02	0.53	0.49	1.08	48.12
1.00	0.58	0.42	1.39	41.86

Tabla b

Longitud Total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de los Brazos	IC
1.88	0.98	0.90	1.09	47.98
1.75	0.95	0.81	1.17	46.05
1.67	0.97	0.70	1.44	41.85
1.64	0.95	0.69	1.40	42.28
1.60	0.95	0.65	1.50	40.53
1.55	0.88	0.67	1.37	43.20
1.53	0.91	0.63	1.48	40.91
1.50	0.86	0.64	1.45	42.89
1.47	0.94	0.53	1.96	36.01
1.46	0.77	0.69	1.11	47.36
1.42	0.78	0.64	1.23	45.07
1.39	0.76	0.63	1.21	45.38
1.35	0.73	0.62	1.18	45.99
1.33	0.83	0.49	1.77	37.36
1.32	0.78	0.54	1.47	40.85
1.30	0.69	0.61	1.15	46.74
1.28	0.79	0.49	1.85	38.20
1.27	0.70	0.56	1.25	44.61
1.26	0.71	0.55	1.28	43.87
1.24	0.80	0.44	1.86	35.40
1.21	0.70	0.51	1.39	42.15

1.20	0.69	0.51	1.48	41.93	
1.18	0.66	0.53	1.25	44.64	
1.16	0.67	0.50	1.36	42.46	
1.15	0.71	0.45	1.70	38.81	
1.15	0.66	0.48	1.39	42.20	
1.13	0.67	0.47	1.56	41.04	
1.12	0.68	0.44	1.59	39.26	
1.09	0.63	0.46	1.39	41.97	
1.07	0.63	0.44	1.50	41.49	
1.05	0.62	0.44	1.44	41.59	
1.04	0.62	0.42	1.50	40.66	
1.03	0.55	0.48	1.14	46.84	
1.01	0.57	0.44	1.31	43.58	
0.99	0.52	0.46	1.13	47.01	
0.97	0.58	0.39	1.52	40.01	
1.29953	0.74629	0.55324	1.41268	42.44995	Mean
46.783	26.866	19.917	50.856	1528.198	Sum
0.231628	0.129847	0.116355	0.220241	3.155791	Std.Dev.
0.038605	0.021641	0.019393	0.036707	0.525965	Standard

Distichlis spicata localidad San Luis Potosí

Tabla a1

Longitud total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de los Brazos	IC
2.19	1.61	0.58	2.79	26.39
2.05	1.07	0.98	1.10	47.72
1.77	1.18	0.58	2.04	32.94
1.70	1.01	0.69	1.45	40.76
1.64	1.14	0.50	2.26	30.64
1.64	1.03	0.61	1.70	37.05
1.63	1.00	0.63	1.58	38.74
1.62	0.82	0.80	1.02	49.57
1.60	1.18	0.42	2.83	26.12
1.55	1.01	0.54	1.85	35.08
1.55	1.01	0.54	1.85	35.08
1.52	0.77	0.75	1.03	49.20
1.52	0.91	0.61	1.49	40.22
1.52	1.05	0.46	2.27	30.54
1.47	1.02	0.45	2.24	30.90
1.45	0.79	0.65	1.21	45.19

1.45	0.86	0.58	1.49	40.23
1.44	0.79	0.64	1.23	44.74
1.41	0.86	0.55	1.56	39.07
1.40	0.91	0.49	1.85	35.10
1.38	0.73	0.65	1.13	47.03
1.32	0.91	0.41	2.21	31.14
1.25	0.77	0.48	1.60	38.47
1.25	0.73	0.52	1.42	41.37
1.25	0.75	0.50	1.50	39.92
1.23	0.64	0.59	1.08	47.97
1.21	0.73	0.47	1.55	39.26
1.19	0.68	0.51	1.31	43.22
1.18	0.65	0.53	1.23	44.89
1.11	0.74	0.37	2.03	32.96
1.10	0.59	0.51	1.16	46.24
1.10	0.71	0.39	1.83	35.36
1.07	0.73	0.34	2.18	31.47
1.04	0.53	0.51	1.04	48.95
1.00	0.52	0.48	1.07	48.25
0.98	0.56	0.42	1.34	42.71
0.98	0.51	0.47	1.09	47.94
0.92	0.59	0.33	1.81	35.61
0.91	0.59	0.32	1.86	34.93
0.79	0.55	0.24	2.24	30.90

Tabla a2

Longitud total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de los Brazos	IC
2.05	1.09	0.96	1.13	46.90
1.86	1.01	0.86	1.18	45.94
1.86	1.09	0.77	1.41	41.44
1.78	1.01	0.77	1.30	43.41
1.77	0.97	0.80	1.21	45.28
1.73	0.98	0.75	1.30	43.45
1.72	1.08	0.64	1.68	37.30
1.72	0.86	0.86	1.01	49.83
1.72	1.00	0.72	1.39	41.79
1.71	0.94	0.78	1.21	45.32
1.68	1.01	0.68	1.49	40.10
1.66	1.16	0.50	2.32	30.13
1.61	0.82	0.79	1.03	49.21
1.59	0.90	0.69	1.29	43.63
1.58	1.00	0.58	1.71	36.84
1.56	0.78	0.77	1.01	49.66
1.50	1.00	0.50	2.01	33.24

1.49	0.94	0.55	1.69	37.14
1.49	0.78	0.70	1.11	47.43
1.47	0.77	0.69	1.11	47.31
1.45	0.77	0.68	1.14	46.83
1.42	0.77	0.64	1.20	45.37
1.42	0.74	0.67	1.11	47.37
1.38	0.76	0.62	1.23	44.79
1.38	0.78	0.60	1.31	43.33
1.36	0.71	0.65	1.09	47.82
1.32	0.83	0.48	1.73	36.67
1.30	0.69	0.61	1.12	47.06
1.18	0.59	0.59	1.00	50.00
1.17	0.72	0.45	1.58	38.74
1.14	0.59	0.55	1.07	48.34
1.12	0.58	0.55	1.06	48.61
1.11	0.56	0.55	1.02	49.58
1.10	0.64	0.45	1.41	41.42
1.08	0.57	0.51	1.12	47.15
1.06	0.57	0.49	1.16	46.33
1.05	0.64	0.41	1.55	39.28
1.03	0.53	0.50	1.06	48.54
0.97	0.49	0.48	1.01	49.67
0.94	0.49	0.45	1.08	48.15

Tabla b

Longitud Total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de los Brazos	IC
2.12	1.35	0.77	1.96	36.64
1.96	1.04	0.92	1.14	46.83
1.81	1.14	0.68	1.72	37.19
1.74	1.01	0.73	1.38	42.08
1.71	1.05	0.65	1.74	37.96
1.68	1.00	0.68	1.50	40.25
1.68	1.04	0.64	1.63	38.02
1.67	0.84	0.83	1.01	49.70
1.66	1.09	0.57	2.11	33.96
1.63	0.97	0.66	1.53	40.20
1.62	1.01	0.61	1.67	37.59
1.59	0.97	0.63	1.68	39.67
1.57	0.86	0.70	1.26	44.71
1.55	0.97	0.58	1.78	37.08
1.52	1.01	0.52	1.98	33.87
1.50	0.79	0.71	1.11	47.42
1.47	0.93	0.54	1.75	36.74

1.46	0.86	0.60	1.46	40.94	
1.45	0.82	0.63	1.33	43.25	
1.43	0.84	0.59	1.48	41.21	
1.42	0.75	0.67	1.13	46.93	
1.37	0.84	0.53	1.71	38.25	
1.33	0.76	0.58	1.36	42.92	
1.32	0.75	0.57	1.32	43.08	
1.31	0.77	0.55	1.41	41.62	
1.30	0.68	0.62	1.09	47.90	
1.26	0.78	0.48	1.64	37.96	
1.24	0.68	0.56	1.22	45.14	
1.18	0.62	0.56	1.11	47.44	
1.14	0.73	0.41	1.81	35.85	
1.12	0.59	0.53	1.12	47.29	
1.11	0.64	0.47	1.44	41.99	
1.09	0.65	0.44	1.60	40.53	
1.07	0.59	0.48	1.23	45.18	
1.04	0.54	0.50	1.10	47.70	
1.02	0.57	0.45	1.25	44.52	
1.01	0.57	0.44	1.32	43.61	
0.97	0.56	0.41	1.43	42.08	
0.94	0.54	0.40	1.44	42.30	
0.87	0.52	0.35	1.66	39.52	
1.44890	0.84832	0.60058	1.46515	41.65649	Mean
52.160	30.539	21.621	52.745	1499.634	Sum
0.266409	0.186803	0.109345	0.289119	4.356553	Std.Dev.
0.044401	0.031134	0.018224	0.048186	0.726092	Error Standard

***Distichlis spicata* localidad Durango**

Tabla a1

Longitud Total	Brazo largo	Brazo corto	Relación de los brazos	IC
2.00	1.09	0.91	1.21	45.28
1.71	0.91	0.81	1.12	47.07
1.65	0.96	0.69	1.38	41.93
1.64	0.88	0.76	1.17	46.15
1.63	0.90	0.73	1.22	45.01
1.60	0.96	0.65	1.48	40.34
1.59	0.91	0.69	1.32	43.17
1.56	0.82	0.74	1.11	47.34
1.54	1.04	0.51	2.04	32.90
1.51	0.78	0.73	1.06	48.55
1.49	0.82	0.68	1.21	45.23

1.46	0.75	0.71	1.06	48.54
1.44	0.78	0.66	1.20	45.52
1.44	0.85	0.58	1.47	40.53
1.43	0.93	0.50	1.85	35.04
1.42	0.78	0.64	1.23	44.84
1.39	0.73	0.65	1.13	46.98
1.36	0.69	0.67	1.03	49.17
1.36	0.87	0.49	1.79	35.89
1.32	0.76	0.56	1.36	42.46
1.31	0.88	0.43	2.05	32.82
1.31	0.76	0.55	1.38	42.06
1.28	0.87	0.41	2.15	31.74
1.26	0.85	0.42	2.02	33.14
1.24	0.68	0.55	1.24	44.73
1.19	0.68	0.51	1.34	42.71
1.17	0.84	0.33	2.53	28.31
1.17	0.71	0.46	1.55	39.15
1.14	0.58	0.56	1.03	49.29
1.12	0.61	0.51	1.20	45.45
1.10	0.59	0.51	1.17	46.16
1.08	0.66	0.42	1.58	38.77
1.07	0.68	0.39	1.76	36.24
1.07	0.55	0.51	1.08	48.19
1.06	0.59	0.47	1.26	44.20
1.05	0.59	0.45	1.30	43.41
1.00	0.58	0.42	1.39	41.86
0.98	0.50	0.47	1.06	48.59
0.95	0.56	0.39	1.44	41.02
0.88	0.46	0.42	1.09	47.85

Tabla a2

Longitud Total	Brazo largo	Brazo corto	Relación de los brazos	IC
2.03	1.11	0.92	1.20	45.42
1.85	0.93	0.93	1.00	50.00
1.66	0.91	0.75	1.23	44.90
1.64	1.00	0.64	1.70	38.89
1.62	0.87	0.75	1.15	46.42
1.62	0.91	0.71	1.29	43.67
1.60	0.86	0.75	1.15	46.50
1.58	0.96	0.62	1.55	39.20
1.50	0.76	0.73	1.04	49.08
1.48	0.77	0.71	1.09	47.93
1.45	0.78	0.68	1.15	46.52
1.43	0.84	0.60	1.40	41.71
1.43	1.00	0.43	2.33	29.99
1.43	0.82	0.61	1.36	42.42
1.42	0.74	0.68	1.09	47.96

1.41	0.73	0.68	1.08	47.97
1.35	0.72	0.63	1.14	46.83
1.34	0.77	0.57	1.36	42.43
1.33	0.75	0.58	1.28	43.85
1.31	0.67	0.64	1.04	48.92
1.29	0.74	0.55	1.34	42.77
1.28	0.77	0.51	1.52	39.67
1.27	0.68	0.59	1.14	46.65
1.25	0.84	0.41	2.04	32.94
1.25	0.64	0.61	1.05	48.87
1.24	0.66	0.58	1.14	46.64
1.20	0.65	0.55	1.18	45.94
1.20	0.73	0.47	1.57	38.92
1.18	0.59	0.59	1.00	49.93
1.17	0.71	0.46	1.53	39.50
1.14	0.59	0.55	1.08	48.01
1.11	0.63	0.48	1.31	43.35
1.09	0.59	0.50	1.18	45.83
1.01	0.55	0.45	1.22	45.12
1.01	0.51	0.49	1.05	48.88
0.99	0.63	0.36	1.78	35.99
0.98	0.49	0.49	1.00	49.89
0.95	0.53	0.42	1.26	44.15
0.94	0.49	0.45	1.08	48.15
0.87	0.45	0.42	1.07	48.22

Tabla a3

Longitud Total	Brazo largo	Brazo corto	Relación de los brazos	IC
2.08	1.20	0.88	1.36	42.36
1.94	1.07	0.88	1.21	45.18
1.70	0.96	0.74	1.30	43.42
1.68	1.05	0.64	1.64	37.82
1.59	0.86	0.73	1.19	45.71
1.55	0.77	0.77	1.00	49.96
1.52	0.81	0.72	1.12	47.15
1.50	0.78	0.72	1.08	48.06
1.46	0.85	0.61	1.41	41.52
1.45	0.77	0.68	1.13	46.88
1.44	0.78	0.66	1.20	45.52
1.43	0.87	0.55	1.58	38.82
1.41	0.85	0.55	1.54	39.38
1.38	0.73	0.65	1.12	47.18
1.37	0.87	0.49	1.78	35.99
1.34	0.82	0.52	1.59	38.63
1.33	0.77	0.55	1.39	41.84

1.33	0.84	0.49	1.71	36.94
1.30	0.75	0.55	1.36	42.28
1.27	0.80	0.47	1.68	37.38
1.26	0.63	0.63	1.00	49.94
1.26	0.65	0.61	1.06	48.44
1.26	0.65	0.61	1.07	48.24
1.22	0.85	0.37	2.33	30.03
1.22	0.61	0.61	1.01	49.86
1.21	0.65	0.56	1.15	46.53
1.20	0.71	0.49	1.44	41.06
1.19	0.61	0.58	1.05	48.84
1.17	0.71	0.46	1.52	39.65
1.16	0.71	0.45	1.59	38.62
1.13	0.62	0.51	1.22	45.12
1.10	0.68	0.42	1.63	38.07
1.10	0.77	0.32	2.41	29.34
1.09	0.55	0.53	1.04	49.03
1.07	0.61	0.46	1.31	43.32
1.06	0.53	0.53	1.00	50.00
1.01	0.63	0.37	1.69	37.19
1.00	0.57	0.43	1.34	42.72
0.95	0.48	0.47	1.03	49.20
0.88	0.55	0.33	1.67	37.46

Tabla b

Longitud total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de brazos	IC
2.04	1.13	0.90	1.26	44.35
1.84	0.97	0.87	1.11	47.42
1.67	0.95	0.73	1.31	43.42
1.65	0.98	0.68	1.50	40.95
1.61	0.88	0.74	1.19	45.72
1.59	0.88	0.71	1.26	44.65
1.57	0.86	0.72	1.20	45.61
1.55	0.85	0.69	1.25	44.87
1.50	0.88	0.62	1.50	41.17
1.48	0.77	0.71	1.09	47.78
1.46	0.79	0.67	1.19	45.76
1.44	0.82	0.62	1.34	43.02
1.43	0.88	0.55	1.69	38.30
1.42	0.80	0.61	1.31	43.38
1.40	0.85	0.56	1.57	39.66
1.39	0.78	0.61	1.30	43.82
1.35	0.74	0.61	1.22	45.22
1.34	0.77	0.58	1.37	42.85

1.33	0.79	0.54	1.48	40.67	
1.30	0.74	0.56	1.36	42.92	
1.29	0.75	0.54	1.46	41.84	
1.28	0.73	0.56	1.32	43.39	
1.27	0.73	0.53	1.46	42.21	
1.24	0.85	0.40	2.13	32.03	
1.23	0.64	0.59	1.10	47.82	
1.21	0.66	0.55	1.21	45.29	
1.19	0.73	0.46	1.71	38.44	
1.19	0.68	0.50	1.39	42.30	
1.16	0.63	0.54	1.18	46.29	
1.15	0.68	0.47	1.44	41.19	
1.12	0.60	0.52	1.16	46.43	
1.10	0.66	0.44	1.50	40.06	
1.09	0.68	0.40	1.78	37.14	
1.05	0.55	0.50	1.11	47.45	
1.04	0.57	0.47	1.21	45.47	
1.03	0.58	0.45	1.36	43.13	
1.00	0.57	0.43	1.36	42.98	
0.98	0.54	0.44	1.22	45.15	
0.95	0.51	0.44	1.18	46.12	
0.87	0.48	0.39	1.28	44.51	
1.36201	0.77342	0.58859	1.36133	43.11129	Mean
49.032	27.843	21.189	49.008	1552.006	Sum
0.229414	0.126865	0.117666	0.219354	3.341687	Std.Dev.
0.038236	0.021144	0.019611	0.036559	0.556948	Error Standard

Distichlis spicata localidad Zacatecas

Tabla a1

Longitud total	Brazo Largo	Bazo Corto	Relación de los brazos	IC
1.51	0.78	0.73	1.06	48.60
1.50	1.00	0.50	1.99	33.40
1.46	0.82	0.64	1.27	43.96
1.42	0.77	0.65	1.19	45.67
1.41	0.72	0.69	1.04	49.12
1.39	0.84	0.55	1.51	39.90

1.37	0.73	0.64	1.14	46.73
1.35	0.84	0.52	1.61	38.28
1.35	0.73	0.62	1.19	45.76
1.35	0.69	0.66	1.06	48.64
1.34	0.69	0.65	1.06	48.62
1.34	0.72	0.62	1.16	46.24
1.33	0.73	0.60	1.23	44.93
1.32	0.77	0.55	1.41	41.55
1.31	0.70	0.62	1.12	47.07
1.30	0.71	0.59	1.20	45.44
1.28	0.66	0.62	1.07	48.30
1.26	0.77	0.49	1.57	38.93
1.26	0.81	0.45	1.77	36.07
1.25	0.80	0.45	1.79	35.88
1.25	0.67	0.58	1.16	46.30
1.25	0.66	0.59	1.11	47.48
1.24	0.71	0.53	1.33	42.83
1.22	0.63	0.59	1.07	48.34
1.22	0.73	0.49	1.48	40.29
1.18	0.68	0.50	1.35	42.63
1.15	0.65	0.51	1.27	44.03
1.15	0.73	0.42	1.75	36.33
1.08	0.57	0.51	1.13	46.92
1.08	0.65	0.43	1.51	39.85
1.08	0.55	0.53	1.03	49.20
1.02	0.57	0.45	1.27	44.01
0.98	0.61	0.37	1.70	37.47
0.96	0.59	0.37	1.62	38.21
0.96	0.53	0.43	1.24	44.72
0.95	0.62	0.33	1.87	34.86
0.93	0.48	0.45	1.07	48.22
0.85	0.53	0.32	1.66	37.66
0.82	0.45	0.37	1.23	44.89
0.72	0.36	0.36	1.02	49.40

Tabla a2

Longitud Total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de los Brazos	IC
1.60	0.94	0.66	1.41	41.47
1.42	0.89	0.53	1.68	37.30
1.40	0.73	0.67	1.08	48.08
1.39	0.74	0.65	1.14	46.65
1.38	0.82	0.57	1.45	40.90
1.33	0.74	0.58	1.27	43.98
1.30	0.76	0.54	1.41	41.42
1.29	0.77	0.52	1.47	40.46

1.28	0.74	0.54	1.36	42.43
1.28	0.74	0.54	1.37	42.12
1.26	0.65	0.61	1.06	48.50
1.25	0.69	0.57	1.22	45.12
1.24	0.63	0.61	1.02	49.51
1.24	0.69	0.55	1.25	44.44
1.23	0.68	0.55	1.23	44.90
1.23	0.62	0.61	1.03	49.31
1.22	0.69	0.53	1.30	43.48
1.21	0.70	0.51	1.38	42.01
1.21	0.72	0.49	1.49	40.18
1.21	0.73	0.48	1.52	39.72
1.21	0.61	0.59	1.04	49.03
1.21	0.62	0.58	1.07	48.37
1.20	0.69	0.51	1.35	42.54
1.15	0.62	0.53	1.18	45.77
1.15	0.67	0.48	1.38	41.93
1.13	0.74	0.39	1.90	34.47
1.09	0.66	0.43	1.54	39.34
1.07	0.58	0.49	1.20	45.45
1.06	0.58	0.48	1.21	45.19
1.05	0.57	0.49	1.17	46.16
1.02	0.58	0.44	1.33	42.83
1.01	0.58	0.43	1.37	42.27
1.00	0.51	0.49	1.05	48.85
0.97	0.54	0.43	1.27	44.01
0.94	0.50	0.45	1.11	47.45
0.92	0.53	0.39	1.33	42.84
0.92	0.46	0.45	1.02	49.55
0.87	0.45	0.41	1.10	47.61
0.84	0.45	0.39	1.14	46.64
0.74	0.37	0.37	1.01	49.83

Tabla b

Longitud Total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de los brazos	IC
1.56	0.86	0.70	1.23	45.04
1.46	0.95	0.52	1.84	35.35
1.43	0.77	0.66	1.18	46.02
1.41	0.76	0.65	1.17	46.16
1.40	0.77	0.63	1.24	45.01
1.36	0.79	0.57	1.39	41.94
1.33	0.74	0.59	1.28	44.08

1.32	0.80	0.52	1.54	39.37	
1.32	0.74	0.58	1.27	44.09	
1.31	0.72	0.60	1.22	45.38	
1.30	0.67	0.63	1.06	48.56	
1.29	0.70	0.59	1.19	45.68	
1.29	0.68	0.61	1.12	47.22	
1.28	0.73	0.55	1.33	43.00	
1.27	0.69	0.59	1.18	45.98	
1.27	0.67	0.60	1.11	47.38	
1.25	0.67	0.57	1.19	45.89	
1.24	0.74	0.50	1.47	40.47	
1.23	0.76	0.47	1.63	38.13	
1.23	0.77	0.47	1.65	37.80	
1.23	0.64	0.58	1.10	47.66	
1.23	0.64	0.59	1.09	47.93	
1.22	0.70	0.52	1.34	42.69	
1.19	0.63	0.56	1.13	47.05	
1.18	0.70	0.49	1.43	41.11	
1.15	0.71	0.45	1.62	38.55	
1.12	0.65	0.47	1.41	41.68	
1.11	0.66	0.45	1.48	40.89	
1.07	0.58	0.49	1.17	46.05	
1.07	0.61	0.46	1.34	43.01	
1.05	0.57	0.48	1.18	46.01	
1.02	0.58	0.44	1.32	43.14	
0.99	0.56	0.43	1.37	43.16	
0.97	0.57	0.40	1.44	41.11	
0.95	0.51	0.44	1.17	46.09	
0.93	0.57	0.36	1.60	38.85	
0.92	0.47	0.45	1.05	48.89	
0.86	0.49	0.37	1.38	42.63	
0.83	0.45	0.38	1.19	45.76	
0.73	0.37	0.36	1.02	49.61	
1.22271	0.68987	0.53285	1.31899	43.54239	Mean
44.018	24.835	19.183	47.484	1567.526	Sum
0.149943	0.091350	0.080627	0.190356	3.328737	Std.Dev.
0.024990	0.015225	0.013438	0.031726	0.554790	Error Standard

***Reederochloa eludens* localidad Málaga**

Tabla a1

Longitud total	Brazo largo	Brazo Corto	Relación de los	IC
----------------	-------------	-------------	-----------------	----

brazos				
2.11	1.09	1.02	1.06	48.43
2.09	1.06	1.03	1.03	49.27
2.02	1.15	0.87	1.32	43.03
1.91	1.03	0.89	1.16	46.36
1.84	1.05	0.80	1.31	43.33
1.82	0.99	0.83	1.19	45.73
1.82	0.95	0.87	1.10	47.71
1.75	1.01	0.74	1.37	42.23
1.75	0.88	0.87	1.02	49.63
1.73	1.18	0.55	2.14	31.84
1.70	0.96	0.74	1.29	43.61
1.63	0.87	0.76	1.15	46.62
1.62	1.07	0.55	1.95	33.87
1.62	1.05	0.57	1.86	35.03
1.62	0.87	0.75	1.16	46.24
1.59	1.13	0.46	2.44	29.07
1.57	1.02	0.54	1.88	34.74
1.55	0.89	0.67	1.33	42.86
1.55	1.01	0.54	1.88	34.72
1.48	0.98	0.51	1.93	34.16
1.46	0.94	0.53	1.79	35.89
1.42	0.86	0.57	1.52	39.76
1.40	0.83	0.57	1.45	40.77
1.40	0.74	0.66	1.13	46.97
1.39	0.72	0.66	1.09	47.84
1.38	0.77	0.61	1.27	44.08
1.34	0.68	0.66	1.03	49.37
1.34	0.80	0.54	1.48	40.26
1.30	0.66	0.64	1.02	49.38
1.27	0.66	0.61	1.09	47.90
1.26	0.64	0.61	1.04	48.92
1.25	0.72	0.54	1.33	42.86
1.20	0.78	0.41	1.90	34.48
1.18	0.61	0.57	1.07	48.22
1.15	0.58	0.57	1.03	49.29
1.06	0.69	0.37	1.85	35.08

Tabla a2

Longitud total	Brazo largo	Brazo corto	Relación de los brazos	IC
1.48	0.92	0.56	1.65	37.67
1.42	0.96	0.46	2.07	32.56
1.39	0.72	0.67	1.09	47.89

1.38	0.70	0.67	1.04	49.05
1.32	0.75	0.57	1.31	43.24
1.31	0.77	0.54	1.44	40.99
1.30	0.72	0.58	1.23	44.84
1.28	0.70	0.58	1.19	45.63
1.26	0.65	0.60	1.08	48.03
1.25	0.68	0.57	1.18	45.81
1.22	0.65	0.57	1.15	46.50
1.21	0.68	0.54	1.26	44.29
1.20	0.75	0.45	1.67	37.44
1.19	0.62	0.57	1.10	47.59
1.18	0.70	0.48	1.46	40.69
1.16	0.63	0.52	1.21	45.27
1.13	0.71	0.41	1.73	36.65
1.12	0.68	0.44	1.53	39.45
1.12	0.61	0.51	1.20	45.38
1.10	0.62	0.49	1.27	44.03
1.07	0.55	0.52	1.05	48.77
1.07	0.59	0.48	1.24	44.71
1.05	0.53	0.52	1.01	49.66
0.99	0.54	0.45	1.18	45.77
0.98	0.53	0.45	1.17	46.18
0.97	0.50	0.47	1.05	48.68
0.97	0.53	0.44	1.21	45.24
0.95	0.49	0.47	1.04	49.07
0.93	0.54	0.39	1.40	41.65
0.92	0.49	0.43	1.12	47.21
0.86	0.58	0.28	2.10	32.31
0.82	0.45	0.37	1.21	45.18
0.70	0.39	0.31	1.28	43.85
0.68	0.37	0.31	1.22	45.12
0.59	0.37	0.22	1.71	36.92
0.57	0.33	0.23	1.41	41.42

Tabla a3

Longitud total	Brazo largo	Brazo corto	Relación de los brazos	IC
1.67	1.00	0.67	1.51	39.89
1.66	1.14	0.52	2.18	31.43
1.56	1.04	0.52	2.00	33.38
1.53	0.77	0.76	1.02	49.56
1.48	0.76	0.72	1.05	48.72
1.40	0.84	0.56	1.51	39.89
1.37	0.76	0.61	1.25	44.41
1.32	0.68	0.64	1.05	48.72

1.32	0.70	0.62	1.12	47.07
1.31	0.90	0.41	2.18	31.42
1.26	0.72	0.54	1.34	42.74
1.24	0.67	0.57	1.17	46.07
1.23	0.72	0.51	1.43	41.12
1.18	0.69	0.49	1.41	41.42
1.13	0.57	0.57	1.00	49.88
1.11	0.63	0.48	1.31	43.23
1.10	0.65	0.45	1.46	40.72
1.08	0.61	0.47	1.30	43.40
1.06	0.73	0.33	2.21	31.12
1.05	0.65	0.40	1.63	38.05
1.04	0.70	0.34	2.03	32.97
1.01	0.63	0.38	1.67	37.50
1.00	0.68	0.32	2.11	32.17
1.00	0.63	0.37	1.71	36.83
0.92	0.47	0.46	1.03	49.34
0.92	0.54	0.38	1.43	41.09
0.91	0.54	0.37	1.48	40.40
0.91	0.47	0.44	1.06	48.64
0.89	0.45	0.45	1.00	50.00
0.89	0.57	0.32	1.76	36.19
0.89	0.49	0.39	1.26	44.33
0.88	0.47	0.41	1.14	46.80
0.88	0.48	0.39	1.23	44.91
0.81	0.48	0.33	1.46	40.73
0.81	0.41	0.40	1.02	49.51
0.75	0.46	0.29	1.57	38.97

Tabla a4

Longitud total	Brazo largo	Brazo corto	Relación de los brazos	IC
2.12	1.25	0.87	1.43	41.19
1.98	1.16	0.82	1.42	41.29
1.82	0.96	0.86	1.11	47.42
1.71	1.12	0.59	1.90	34.45
1.58	1.06	0.52	2.05	32.83
1.54	1.09	0.45	2.40	29.39
1.53	0.96	0.57	1.70	37.16
1.53	1.06	0.47	2.27	30.55
1.52	0.87	0.65	1.34	42.71
1.51	0.84	0.68	1.24	44.64
1.48	0.87	0.61	1.42	41.25

1.46	0.85	0.61	1.39	41.80
1.46	0.85	0.61	1.39	41.80
1.45	0.77	0.68	1.14	46.83
1.45	0.86	0.59	1.46	40.73
1.43	1.02	0.42	2.43	29.19
1.38	0.73	0.65	1.11	47.36
1.35	0.97	0.37	2.59	27.84
1.33	0.68	0.65	1.03	49.24
1.32	0.68	0.64	1.05	48.75
1.26	0.78	0.48	1.61	38.35
1.25	0.73	0.52	1.42	41.37
1.25	0.69	0.55	1.25	44.38
1.19	0.69	0.51	1.35	42.49
1.18	0.69	0.49	1.41	41.42
1.14	0.59	0.55	1.07	48.27
1.10	0.73	0.37	2.00	33.29
1.08	0.63	0.45	1.41	41.42
1.08	0.65	0.43	1.52	39.72
1.06	0.61	0.45	1.36	42.39
1.06	0.65	0.41	1.60	38.45
1.05	0.55	0.51	1.08	48.15
1.01	0.55	0.45	1.22	45.12
0.92	0.47	0.45	1.05	48.67
0.92	0.46	0.46	1.01	49.63
0.91	0.52	0.39	1.33	43.00

Tabla b

Longitud total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de los brazos	IC
1.85	1.07	0.78	1.41	41.80
1.79	1.08	0.71	1.68	38.64
1.70	0.97	0.73	1.38	42.93
1.63	0.91	0.73	1.28	44.85
1.56	0.90	0.65	1.43	42.03
1.52	0.92	0.60	1.63	39.00
1.51	0.85	0.66	1.32	43.53
1.47	0.86	0.61	1.47	41.78
1.46	0.78	0.69	1.14	46.86

1.45	0.90	0.55	1.69	38.43	
1.41	0.80	0.61	1.30	43.52	
1.39	0.77	0.62	1.24	44.69	
1.38	0.85	0.53	1.61	38.56	
1.36	0.78	0.58	1.38	42.72	
1.35	0.75	0.60	1.27	44.39	
1.32	0.85	0.47	1.85	36.69	
1.29	0.78	0.51	1.54	39.87	
1.27	0.79	0.49	1.69	38.39	
1.26	0.76	0.51	1.58	40.12	
1.24	0.73	0.51	1.47	41.25	
1.21	0.74	0.47	1.62	38.99	
1.19	0.70	0.49	1.46	40.84	
1.18	0.68	0.49	1.46	41.75	
1.15	0.65	0.50	1.35	43.01	
1.12	0.60	0.52	1.17	46.20	
1.10	0.60	0.50	1.21	45.53	
1.08	0.62	0.46	1.43	42.07	
1.07	0.60	0.47	1.25	44.85	
1.05	0.58	0.48	1.24	45.19	
1.04	0.58	0.45	1.33	43.43	
1.02	0.59	0.42	1.50	41.00	
1.00	0.54	0.46	1.19	45.75	
0.95	0.55	0.39	1.41	42.09	
0.90	0.48	0.41	1.20	45.68	
0.87	0.46	0.41	1.19	46.34	
0.82	0.50	0.32	1.54	39.62	
45.94	26.57	19.37	50.90	1522.36	Sum
1.23	0.70	0.52	1.39	42.12	Meam
0.26	0.16	0.11	0.18	2.71	Stv.Des

***Reederochloa eludens* localidad Durango**

Tabla a1

Longitud total	Brazo largo	Brazo corto	Relación de los brazos	IC
2.28	1.23	1.05	1.17	46.05
1.97	1.13	0.84	1.34	42.64
1.96	1.29	0.67	1.92	34.18
1.95	0.99	0.96	1.03	49.23

1.9	1.34	0.56	2.39	29.47
1.78	1.08	0.7	1.54	39.33
1.73	1.11	0.62	1.79	35.84
1.7	1.05	0.65	1.61	38.24
1.67	1.07	0.6	1.78	35.93
1.67	1.3	0.37	3.51	22.16
1.62	1.02	0.6	1.7	37.04
1.6	0.89	0.71	1.25	44.38
1.59	1.27	0.32	3.9	20.13
1.53	0.86	0.67	1.28	43.79
1.52	0.82	0.7	1.17	46.05
1.51	0.78	0.73	1.06	48.34
1.46	0.78	0.68	1.14	46.58
1.43	0.93	0.5	1.86	34.97
1.42	1.11	0.31	3.58	21.83
1.36	0.75	0.61	1.22	44.85
1.31	0.86	0.45	1.91	34.35
1.27	0.71	0.56	1.26	44.09
1.26	0.93	0.33	2.81	26.19
1.25	0.75	0.5	1.5	40.00
1.25	0.72	0.53	1.35	42.40
1.24	0.65	0.59	1.1	47.58
1.16	0.68	0.48	1.41	41.38
1.16	0.72	0.44	1.63	37.93
1.09	0.68	0.41	1.65	37.61
1.07	0.68	0.39	1.74	36.45
1.05	0.72	0.33	2.18	31.43
1.04	0.61	0.43	1.41	41.35
0.89	0.62	0.27	2.29	30.34
0.88	0.65	0.23	2.82	26.14
0.88	0.55	0.33	1.66	37.50
0.86	0.59	0.27	2.18	31.40
0.81	0.48	0.33	1.45	40.74
0.65	0.42	0.23	1.82	35.38

Tabla a2

Longitud Total	Brazo largo	Brazo corto	Relación de los brazos	IC
1.62	0.97	0.65	1.49	40.12
1.22	0.79	0.43	1.83	35.25
1.19	0.77	0.42	1.83	35.29
1.18	0.69	0.49	1.4	41.53
1.17	0.77	0.4	1.92	34.19
1.16	0.64	0.52	1.23	44.83
1.15	0.61	0.54	1.12	46.96

1.11	0.74	0.37	2	33.33
1.05	0.58	0.47	1.23	44.76
1.05	0.68	0.37	1.83	35.24
1.04	0.74	0.3	2.46	28.85
1.01	0.66	0.35	1.88	34.65
1	0.61	0.39	1.56	39.00
0.99	0.66	0.33	2	33.33
0.97	0.66	0.31	2.12	31.96
0.96	0.58	0.38	1.65	39.58
0.96	0.64	0.32	2	33.33
0.94	0.48	0.46	1.04	48.94
0.94	0.57	0.37	1.54	39.36
0.94	0.54	0.4	1.35	42.55
0.92	0.61	0.31	1.96	33.70
0.9	0.59	0.31	1.9	34.44
0.87	0.44	0.43	1.02	49.43
0.85	0.5	0.35	1.42	41.18
0.81	0.57	0.24	2.37	29.63
0.8	0.51	0.29	1.75	36.25
0.78	0.44	0.34	1.29	43.59
0.78	0.49	0.29	1.68	37.18
0.75	0.4	0.35	1.14	46.67
0.73	0.45	0.28	1.6	38.36
0.68	0.4	0.28	1.42	41.18
0.66	0.35	0.31	1.12	46.97
0.66	0.39	0.27	1.44	40.91
0.63	0.4	0.23	1.73	36.51
0.62	0.46	0.16	2.8	25.81
0.61	0.32	0.29	1.1	47.54
0.55	0.33	0.22	1.5	40.00
0.49	0.25	0.24	1.04	48.98

Tabla a3

Longitud Total	Brazo largo	Brazo Corto	Relación de los brazos	IC
0.88	0.63	0.25	2.49	28.68
0.81	0.60	0.21	2.81	26.26
0.81	0.43	0.38	1.16	46.35
0.81	0.48	0.33	1.46	40.71
0.77	0.40	0.37	1.06	48.65
0.74	0.39	0.35	1.09	47.77
0.71	0.43	0.28	1.55	39.17

0.68	0.40	0.28	1.44	41.00
0.67	0.37	0.30	1.24	44.60
0.67	0.37	0.30	1.20	45.39
0.66	0.40	0.26	1.52	39.65
0.65	0.43	0.22	1.98	33.56
0.64	0.39	0.25	1.53	39.46
0.63	0.34	0.29	1.20	45.38
0.62	0.33	0.29	1.18	45.97
0.61	0.31	0.30	1.04	49.01
0.6	0.31	0.29	1.05	48.79
0.58	0.30	0.28	1.07	48.34
0.58	0.40	0.18	2.22	31.03
0.58	0.34	0.24	1.41	41.45
0.57	0.30	0.27	1.08	48.12
0.57	0.31	0.26	1.20	45.43
0.56	0.28	0.28	1.03	49.34
0.56	0.31	0.25	1.22	45.13
0.56	0.39	0.17	2.23	30.98
0.55	0.27	0.28	0.99	50.18
0.54	0.33	0.21	1.63	37.96
0.51	0.28	0.23	1.17	46.00
0.51	0.30	0.21	1.44	41.00
0.49	0.25	0.24	1.03	49.22
0.47	0.33	0.14	2.45	28.97
0.47	0.30	0.17	1.76	36.25
0.47	0.29	0.18	1.62	38.20
0.46	0.30	0.16	1.80	35.71
0.45	0.24	0.21	1.10	47.54
0.36	0.19	0.17	1.18	45.91
0.35	0.24	0.11	2.12	32.09
0.32	0.22	0.10	2.12	32.10

Tabla b

Longitud Total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de los brazos	IC
1.59	0.94	0.65	1.72	38.28
1.33	0.84	0.49	1.99	34.71
1.32	0.83	0.49	1.64	38.61
1.31	0.72	0.59	1.30	43.82
1.28	0.84	0.44	1.79	37.44
1.23	0.70	0.52	1.29	43.98
1.20	0.72	0.48	1.49	40.66

1.16	0.73	0.43	1.68	37.52	
1.13	0.67	0.46	1.42	41.76	
1.13	0.78	0.35	2.18	34.26	
1.11	0.72	0.39	1.89	35.18	
1.09	0.66	0.43	1.70	37.53	
1.08	0.76	0.32	2.33	32.86	
1.05	0.62	0.43	1.49	40.83	
1.04	0.60	0.43	1.49	41.33	
1.03	0.56	0.47	1.25	45.65	
1.01	0.58	0.43	1.40	42.90	
0.98	0.57	0.41	1.32	44.08	
0.98	0.69	0.29	2.45	30.74	
0.96	0.54	0.42	1.33	42.95	
0.93	0.59	0.34	1.65	38.72	
0.91	0.54	0.38	1.45	41.32	
0.90	0.55	0.35	1.62	41.65	
0.89	0.52	0.37	1.38	42.10	
0.87	0.56	0.31	1.98	34.34	
0.86	0.48	0.39	1.28	44.67	
0.83	0.48	0.34	1.44	40.98	
0.82	0.50	0.32	1.49	40.37	
0.78	0.46	0.32	1.41	41.76	
0.76	0.46	0.30	1.46	41.34	
0.73	0.48	0.25	2.02	33.86	
0.72	0.42	0.30	1.43	41.52	
0.67	0.43	0.24	1.78	36.48	
0.66	0.45	0.21	2.12	32.79	
0.65	0.42	0.23	1.85	36.95	
0.61	0.37	0.24	1.49	41.61	
0.57	0.35	0.22	1.69	37.61	
0.49	0.30	0.19	1.66	38.82	
0.96474	0.59009	0.37465	1.64069	39.26284	Mean
36.660	22.423	14.237	62.346	1491.988	Sum
0.244348	0.152859	0.105801	0.303886	3.748123	Std.Dev.
0.039639	0.024797	0.017163	0.049297	0.608026	Standard Error

***Reederochloa eludens* localidad Zacatecas**

Tabla a1

Longitud Total	Brazo largo	Brazo corto	Relación de los brazos	IC
1.45	0.74	0.71	1.04	48.96
1.43	0.78	0.65	1.21	45.19
1.38	0.72	0.66	1.10	47.62
1.37	0.88	0.49	1.79	35.85
1.37	0.78	0.58	1.34	42.74
1.34	0.70	0.65	1.08	48.16
1.28	0.67	0.61	1.08	48.04
1.27	0.65	0.63	1.03	49.24
1.22	0.76	0.46	1.65	37.80
1.21	0.66	0.54	1.22	45.08
1.19	0.71	0.49	1.46	40.72
1.19	0.61	0.58	1.04	49.13
1.18	0.65	0.53	1.23	44.87
1.18	0.62	0.55	1.12	47.06
1.17	0.76	0.41	1.85	35.07
1.14	0.58	0.56	1.05	48.84
1.11	0.61	0.50	1.23	44.82
1.10	0.57	0.53	1.08	48.13
1.08	0.55	0.52	1.06	48.61
1.08	0.55	0.52	1.06	48.61
1.07	0.68	0.39	1.74	36.55
1.05	0.65	0.40	1.63	38.07
1.03	0.53	0.51	1.03	49.20
1.02	0.54	0.47	1.16	46.33
1.01	0.57	0.44	1.31	43.31
1.01	0.54	0.47	1.15	46.54
1.00	0.57	0.43	1.30	43.48
1.00	0.57	0.43	1.32	43.03
0.98	0.54	0.43	1.27	44.14
0.94	0.59	0.35	1.69	37.03
0.94	0.50	0.44	1.12	47.21
0.90	0.46	0.44	1.06	48.60
0.88	0.51	0.37	1.36	42.36
0.87	0.44	0.43	1.02	49.49
0.84	0.47	0.37	1.27	44.07
0.82	0.53	0.29	1.82	35.47
0.77	0.40	0.37	1.07	48.27
0.77	0.43	0.34	1.28	43.85

Tabla a2

Longitud Total	Brazo largo	Brazo corto	Relación de los brazos	IC
----------------	-------------	-------------	------------------------	----

2.09	1.06	1.03	1.04	49.12
1.82	0.92	0.90	1.02	49.56
1.64	0.86	0.78	1.10	47.64
1.60	0.97	0.63	1.53	39.55
1.60	0.86	0.74	1.15	46.42
1.50	0.86	0.64	1.34	42.74
1.44	0.81	0.63	1.28	43.93
1.37	0.77	0.60	1.27	43.96
1.35	0.88	0.48	1.84	35.16
1.30	0.73	0.57	1.27	44.13
1.30	0.77	0.52	1.48	40.32
1.28	0.70	0.58	1.21	45.26
1.28	0.71	0.57	1.23	44.75
1.26	0.71	0.55	1.27	43.96
1.25	0.67	0.57	1.17	45.99
1.24	0.67	0.57	1.16	46.24
1.20	0.66	0.54	1.22	45.08
1.19	0.74	0.45	1.70	37.79
1.19	0.62	0.57	1.08	48.01
1.19	0.75	0.44	1.71	36.83
1.19	0.60	0.59	1.02	49.44
1.19	0.66	0.52	1.27	44.13
1.17	0.66	0.51	1.29	43.61
1.15	0.72	0.43	1.70	37.00
1.15	0.57	0.57	1.00	50.00
1.15	0.57	0.57	1.01	49.83
1.14	0.65	0.50	1.30	43.43
1.14	0.60	0.54	1.10	47.64
1.11	0.57	0.53	1.08	48.06
1.10	0.62	0.48	1.30	43.53
1.04	0.60	0.45	1.33	42.95
1.04	0.53	0.51	1.02	49.48
1.03	0.54	0.49	1.12	47.21
1.02	0.54	0.48	1.14	46.73
0.96	0.55	0.40	1.37	42.12
0.95	0.53	0.43	1.23	44.74
0.94	0.49	0.45	1.09	47.96
0.92	0.49	0.44	1.11	47.48

Tabla b

Longitud Total	Brazo Largo	Brazo Corto	Relación de los brazos	IC
1.77	0.90	0.87	1.04	49.04
1.63	0.85	0.77	1.12	47.38
1.51	0.79	0.72	1.10	47.63

1.49	0.93	0.56	1.66	37.70	
1.48	0.82	0.66	1.25	44.58	
1.42	0.78	0.64	1.21	45.45	
1.36	0.74	0.62	1.18	45.98	
1.32	0.71	0.61	1.15	46.60	
1.29	0.82	0.47	1.74	36.48	
1.26	0.70	0.56	1.24	44.61	
1.25	0.74	0.50	1.47	40.52	
1.24	0.65	0.58	1.12	47.20	
1.23	0.68	0.55	1.23	44.81	
1.22	0.66	0.55	1.20	45.51	
1.21	0.72	0.49	1.51	40.53	
1.19	0.62	0.56	1.11	47.54	
1.15	0.64	0.52	1.22	44.95	
1.15	0.66	0.49	1.39	42.96	
1.13	0.59	0.55	1.07	48.31	
1.13	0.65	0.48	1.39	42.72	
1.13	0.64	0.49	1.38	43.00	
1.12	0.66	0.46	1.45	41.10	
1.10	0.59	0.51	1.16	46.41	
1.08	0.63	0.45	1.43	41.66	
1.08	0.57	0.50	1.15	46.66	
1.08	0.56	0.52	1.08	48.19	
1.07	0.61	0.47	1.30	43.45	
1.07	0.58	0.49	1.21	45.34	
1.04	0.56	0.48	1.17	46.10	
1.02	0.61	0.41	1.49	40.28	
0.99	0.55	0.45	1.22	45.08	
0.97	0.49	0.48	1.04	49.04	
0.96	0.53	0.43	1.24	44.79	
0.94	0.49	0.45	1.08	48.11	
0.90	0.51	0.39	1.32	43.09	
0.89	0.53	0.36	1.53	40.11	
0.86	0.45	0.41	1.08	48.11	
0.85	0.46	0.39	1.19	45.67	
1.17265	0.64852	0.52413	1.26132	44.64894	Mean
44.561	24.644	19.917	47.930	1696.660	Sum
0.212066	0.119421	0.106319	0.174675	3.124060	Std.Dev.
0.034402	0.019373	0.017247	0.028336	0.506789	Standard Error

ANEXO III. Fotografías de localidades de las especies estudiadas.

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí



Fuente: Google Earth. 2011 Europe Technologies US Dept of State Geographer.

El Saladillo, Zacatecas



Fuente: Google Earth. 2011 Europe Technologies US Dept of State Geographer.

Málaga, Durango



Fuente: Google Earth. 2011 Europe Technologies US Dept of State Geographer.

Libramiento Carretera Gómez Palacio-México, Durango



Fuente: Google Earth. 2011 Europe Technologies US Dept of State Geographer.

En la descripción original de *R. eludens*, Soderstrom y Decker (1964) notan que las plantas de San Luis Potosí parecen superficialmente diferentes que las de Durango (tallos 2-4 cm y láminas 2.5-3.5 cm flojamente involutas vs tallos 9-11 cm y láminas 1-2 cm fuertemente involutas), pero que estos caracteres son expresiones de la variación natural de la especie.