

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES



Guía interactiva de apoyo a la asignatura de Agrostología

TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE:
PRODUCCIÓN DE MATERIALES EDUCATIVOS OPCIÓN PAQUETE
DIDÁCTICO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA
PRESENTA

BLANCA OFELIA ÁVILA RAMÍREZ

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JALISCO, MÉXICO. 23 DE SEPTIEMBRE 2013.



Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología

COORD. BIOL. 020/2013

**C. BLANCA OFELIA ÁVILA RAMÍREZ
PRESENTE**

Manifestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **PRODUCCION DE MATERIALES EDUCATIVOS** opción: **Paquete didáctico**, con el título **"Guía interactiva de apoyo a la asignatura de Agrostología"**, para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos, que ha sido aceptado como director(a) de dicho trabajo al **M.C. Sergio Honorio Contreras Rodríguez**.

Sin más por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 20 de febrero, del 2013.

**DRA. TERESA DE JESÚS ACEVES ESQUIVIAS
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**



COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Verónica Palomera Gu.

**M.C. VERÓNICA PALOMERA AVALOS
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**

Dra. Georgina Adriana Quiroz Rocha
 Presidente del Comité de Titulación.
 Licenciatura en Biología.
 CUCBA.
 Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad **PRODUCCIÓN DE MATERIALES EDUCATIVOS**, opción **Paquete didáctico**, con el título: **“Guía interactiva de apoyo a la asignatura de Agrostología”** que realizó la pasante **Blanca Ofelia Ávila Ramírez**, con número de código **005276926** consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente
 Las Agujas Nextipac, Zapopan, Jal., 02 de julio de 2013.

M. en C. Sergio Honorio Contreras Rodríguez
 Director del trabajo de Titulación

COMITE DE
 TITULACION



Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación	Firma de aprobado	Fecha de aprobación
M. en C. J. Jacqueline Reynoso Dueñas		02 de julio, 2013
M.B.A. Óscar Carbajal Mariscal		21/08/2013
Dr. Miguel Ángel Macías Rodríguez		22/AGO/2013
Supl. Dra. María de Jesús Rimoldí Rentería		20/08/2013

22/08/2013

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia quienes me brindan apoyo, confianza, paciencia y cariño, especialmente a mis padres María e Isaac por sus enseñanzas, consejos y su amor incondicional en los momentos difíciles de mi vida. A mis hermanos Leo, Alicia, Lilia y Janet por ser además mis mejores amigos, y a mis sobrinos Lupita y Uriel quienes pese a su corta edad me demuestran la belleza de la vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Sergio H. Contreras Rodríguez, por haber dirigido el presente trabajo de titulación.

A los sinodales M. en C. Jacqueline Reynoso Dueñas, M. en B.A. Óscar Carbajal Mariscal y Dr. Miguel Ángel Macías Rodríguez, quienes adoptaron un papel más responsable que como sólo sinodales, agradezco sus valiosas aportaciones, revisiones, opiniones y correcciones.

A mis amigos Sara Isabel González Castro, Antonio Hernández Aguilar, Isaías Pedroza Rangel y a Alejandro Sánchez Sánchez por estar conmigo en este proceso, ser parte de mi vida profesional y por brindarme su amistad.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES.....	4
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
METODOLOGÍA	7
TEXTO DE SOPORTE.....	8
UNIDAD 1. Introducción a la Agrostología.....	8
UNIDAD 2. Introducción a la familia Poaceae (Gramineae)	11
2.1. La familia Poaceae.....	11
2.1.1. Origen	12
2.1.2. Filogenética.....	13
2.1.3. Diferencias morfológicas entre Poaceae, Cyperaceae y Juncaceae.	15
2.1.4. Ciclo de vida.....	15
UNIDAD 3. Desarrollo vegetativo y morfología externa.....	16
3.1. Raíz.....	16
3.2. Culmo (tallo)	16
3.2.1. Anatomía del culmo.....	17
3.3. Hoja	18
3.3.1. Perfil	18
3.3.2. Vaina.....	18
3.3.3. Lígula.....	18
3.3.4. Lámina	19
3.3.5. Epidermis de las hojas	19
3.3.6. Anatomía foliar.....	20
3.4. Ramificación	21
3.5. Reproducción vegetativa.....	21

3.6. Órganos reproductores	22
3.6.1. Inflorescencia	22
3.6.2. Espiguilla	22
3.6.3. Fruto.....	23
3.7. Reproducción sexual.....	24
UNIDAD 4. Taxonomía de Poaceae (gramíneas)	24
4.1. Subfamilias basales.....	24
4.1.1. Anomochlooideae Pilg. ex Potztal.....	24
4.1.2. Pharoideae (Stapf) L. G. Clark & Judz.	25
4.1.3. Pueloideae L. G. Clark, M. Kobay., S. Mathews, Spangler & E. A. Kellogg	26
4.2. Clado BEP (incluye subfamilias Bambusoideae, Ehrhartoideae y Pooideae)	26
4.2.1. Bambusoideae Luersson	26
4.2.2. Ehrhartoideae Link	27
4.2.3. Pooideae Bentham	27
4.3. Clado PACMAD (incluye subfamilias Panicoideae, Arundinoideae, Chloridoideae, Micrairoideae, Aristidoideae y Danthonioideae).....	28
4.3.1. Panicoideae Link	28
4.3.2. Arundinoideae Burmeister	29
4.3.3. Chloridoideae Kunth ex Beilschmied	29
4.3.4. Micrairoideae Pilger	30
4.3.5. Aristidoideae Caro	30
4.3.6. Danthonioideae Barker & Linder	31
UNIDAD 5. Uso e importancia de las gramíneas para el hombre	31
5.1. Uso ganadero.....	32
5.2. Uso industrial	33
5.3. Uso alimenticio.....	33
5.4. Uso agrícola	34
5.5. Uso artesanal	34
5.6. Uso en construcción de viviendas.....	35
5.7. Otros usos.....	35

UNIDAD 6. Colecta y herborización de gramíneas	37
6.1. Colecta	37
6.2. Prensado	38
6.3. Secado	39
6.4. Determinación y etiquetado	39
6.5. Montaje e incorporación al herbario	40
LITERATURA CITADA	42

RESUMEN

Agrostología se define como la rama de la botánica también llamada graminología que se dedica al estudio científico de especies de la familia Gramineae o Poaceae, tiene gran importancia en el mantenimiento de praderas tanto silvestres como cultivadas, además en el cultivo de pastos para alimentación animal, manejo, producción de césped, ecología y conservación. Este trabajo pretende facilitar por medio del uso de una guía interactiva, la enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Agrostología que se imparte en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, y forma parte del plan de estudio de las licenciaturas de Agronomía, Biología y Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Esta guía interactiva se presenta en formato PDF y está basada en el programa previo de la asignatura de Agrostología, se organiza en una primera vista con los nombre de cada unidad y con opción de hipervínculo (se da click) para ver los temas contenidos en ellas, los cuales están vinculados a diapositivas que desarrollan la temática, o bien, para enlazar con las diapositivas correspondientes en el caso de la clave dicotómica.

INTRODUCCIÓN

La Academia Británica (2006) define Agrostología como rama de la botánica también llamada graminología que se dedica al estudio científico de especies de la familia Gramineae (A. L. Jussieu), ahora llamada Poaceae (Barnhart), así como las especies de apariencia herbácea de las familias Cyperaceae, Juncaceae y Typhaceae, a este tipo de plantas se les conoce también como graminoides. A los especialistas en esta ciencia se les denomina agrostólogos. Esta ciencia tiene gran importancia en el manejo de pastizales, tanto naturales como cultivados, en la agricultura (maíz, caña de azúcar, trigo y arroz, entre otras), además de especies forrajeras para ganado, ornamental, para parques, jardines, campos deportivos (césped) y en ecología de la conservación y restauración del suelo.

De acuerdo con Angiosperm Phylogeny Group (APG, III) la familia Poaceae pertenece a la clase Monocotyledoneae, subclase Commelinidae y orden Poales (Stevens, 2009). Son plantas generalmente herbáceas, aunque también hay las leñosas como el bambú, caracterizadas por la presencia de tallos cilíndricos con nudos y entrenudos, hojas divididas en vaina, lígula y limbo o lámina, flores en espigas o panículas, fruto una cariósipide o un aquenio con una semilla soldada con el pericarpio, embrión pequeño y endospermo constituido principalmente por almidón (Calderón y Rzedowski, 2001).

Con más de 650 géneros y cerca de 9,700 especies, Poaceae es la cuarta familia con mayor riqueza luego de Asteraceae, Orchidaceae y Fabaceae, pero definitivamente es la primera en importancia económica global (Judd *et al.*, 2008). Son la base de la alimentación humana el maíz, trigo, arroz, azúcar, avena, sorgo, cebada, centeno y otras. Alrededor del 70% de la superficie cultivable del mundo está sembrada con gramíneas y el 50% de las calorías consumidas por la humanidad proviene de éstas. En términos de producción global, los cuatro cultivos más importantes son gramíneas; caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), trigo (*Triticum* sp.), arroz (*Oryza sativa*) y maíz (*Zea mays*). Es por eso considerada quizá la familia de mayor importancia para la economía humana (Parodi, 1987).

Las gramíneas son especies cosmopolitas adaptables a diferentes ambientes, desde zonas áridas, semiáridas, bosques templados y cálidos-húmedos hasta la tundra ártica, desde el nivel del mar hasta las cumbres de las altas montañas, en todo tipo de suelo, topografía y clima. Su incomparable capacidad de adaptación se debe a la gran diversidad morfológica, fisiológica y reproductiva. Se les

conoce como “pastos” o “zacates” y cuando se les encuentra en áreas de cultivos son llamadas “malas hierbas” (Dávila *et al.*, 2006).

Poseen además un valor ecológico, ya que sostienen a una gran proporción de la fauna silvestre proporcionándole alimento y refugio. Son las primeras en instalarse después de que se ha perturbado la vegetación (áreas abiertas a la agricultura, bosques incendiados o deforestados, etc.), y forman una cubierta vegetal que ayuda al control y regulación de la erosión del suelo, además de evitar el empobrecimiento en la fertilidad del mismo, ya que sus residuos aportan gran cantidad de materia orgánica.

Algunas especies con tallos o inflorescencias atractivas son cultivadas como ornamentales, entre ellas; *Cortaderia selloana* “zacate de las pampas”, *Pennisetum setaceum* “cola de zorra” y *Arundo donax* “carrizo”, otras son formadoras de césped, utilizadas en campos deportivos y jardines como: *Paspalum notatum* “zacate burro”, *Paratheria postrata* “pasto San Agustín” y *Pennisetum clandestinum* “pasto kikuyo”.

Muchas de las especies de esta familia son el componente principal de los pastizales naturales en el mundo (Jacobs *et al.*, 1999). Estos cubren una gran superficie de la tierra y en muchos casos son utilizados por el hombre como áreas de pastoreo, por ejemplo las praderas de navajita azul (*Bouteloua gracilis*) en el norte del país. Por otro lado, también se encuentran especies cultivadas por su importancia forrajera entre ellas: “pasto inglés” (*Lolium perenne*), “zacate elefante” (*Pennisetum purpureum*), “zacate rhodes” (*Chloris gayana*) y “zacate bermuda” (*Cynodon plectostachyus*).

Otras especies también son usadas en la fabricación de perfumes ya que se extraen esencias como la citronela de *Cymbopogon citratus* y el vetiver de *Crysopogon zizanioides*. Por medio de la cebada (*Hordeum vulgare*) se elabora la “malta”, indispensable para la fabricación de cerveza, whisky, ginebra y otros (Kent, 1983). El maíz registra varios usos industriales como la elaboración de harina, obtención de aceites y su utilización más reciente en la fabricación de biodiesel. El uso de tallos de bambúes en la construcción de viviendas y de la fibra para la elaboración de papel.

La Agrostología tiene gran importancia en el mantenimiento de praderas tanto silvestres como cultivadas, además sobre los pastos para alimentación animal, manejo, producción de césped, ecología y conservación.

Por lo anterior, este trabajo pretende facilitar por medio del uso de una guía interactiva, la enseñanza en la asignatura de Agrostología que se imparte en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, y que forma parte del plan de estudios de las licenciaturas de Agronomía, Biología y Medicina Veterinaria y Zootecnia.

ANTECEDENTES

En la historia del ser humano, las gramíneas han sido un factor fundamental en la formación y evolución de las grandes civilizaciones, ya que se han usado como alimento primario. Varias de las grandes culturas sustentaron su alimentación en especies de esta familia, por ejemplo Nueva Guinea utilizó la caña de azúcar; las civilizaciones de Asia y Medio Oriente basaron su subsistencia y progreso en cultivos de arroz, sorgo, cebada y avena; Europa basó su desarrollo en el cultivo del trigo, y en Mesoamérica el maíz jugó un papel primordial en la mayoría de las culturas precolombinas (Pohl, 1986).

El estudio florístico - taxonómico de las gramíneas mexicanas se remonta a los inicios del siglo XIX y se continúa hasta la época actual. Diferentes autores han contribuido al conocimiento de este grupo vegetal en México. Uno de los primeros trabajos que incluyen el estudio de las gramíneas mexicanas es el realizado por Humboldt (1817) quien señaló la riqueza. Enseguida destaca la aportación de Fournier (1886), quien estudia a las gramíneas mexicanas desde un punto de vista florístico-fitogeográfico. A finales del siglo XIX y principios del XX se inicia una fase activa de descripción de un número considerable de géneros y especies nuevas, en la que destacan autores como Hackel, Vasey, Lamson-Scribner, Smith, Merrill y Swallen. En 1913 aparecen los trabajos de Hitchcock, quien en su obra incluyó información sobre géneros y especies, así como claves para su identificación, descripciones genéricas y específicas y datos de distribución geográfica. En 1983 McVaugh en su obra "Flora Novo-Galiciana" dedicó el volumen 14 a Gramineae, en éste describe todos los géneros y especies e ilustra quizá sólo las más representativas. En este mismo año y hasta 1999, colaboradores y personal de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA), publicaron cinco tomos de la obra "Las Gramíneas de México", en la que se incluyen claves de identificación y descripción de subfamilias, tribus, géneros y especies, así como ilustraciones selectas de algunos taxones y datos relacionados con su distribución y hábitat en México (Dávila *et al.*, 2006).

A lo largo de los años se han elaborado estudios florísticos estatales o regionales, los cuales han incluido a las gramíneas en sus listados como parte fundamental de sus floras. Distintos son los enfoques y los límites geográficos de los trabajos más recientes, pero a través del tiempo se dan a conocer especies nuevas y usos diferentes. Una síntesis de este conocimiento es la publicación “Gramíneas útiles en México” de Mejía- Saulés y Dávila (1992), quienes registraron 560 especies de esta familia y documentaron la diversidad de sus usos en las diferentes entidades federativas.

Por otra parte, Villaseñor (2004) en su publicación “Los géneros de plantas vasculares de la flora de México” enlista a la familia en segundo lugar de acuerdo al número de géneros, que registra un total de 166, entre los más ricos destacan: *Muhlenbergia* (130), *Panicum* (91), *Paspalum* (89), *Bouteloua* (58), *Aristida* (53) y *Eragrostis* (44), Asimismo señala como géneros endémicos para México: *Sohnsia*, *Schaffnerella*, *Reederochloa*, *Olmea*, *Griffithsochloa*, *Cyclostachya* y *Buchlomimus*.

En el “Catálogo de Gramíneas de México”, Dávila *et al.* (2006) registran 204 géneros y 1278 especies de las cuales 1119 son nativas y el resto (159) son cultivadas y/o introducidas. De acuerdo a la estimación sobre la riqueza Agrostológica a nivel mundial de Clayton & Renvoize (1986), existen alrededor de 700 géneros y 10,000 especies en el planeta. De acuerdo con ello, en México están representados el 29% de los géneros y el 12% de las especies y las entidades federativas con mayor riqueza Agrostológica son Chiapas con 563 taxa (44% del total), Oaxaca 483 (37.9%) Veracruz 455 (35.6%), Jalisco 445 (34.8%) y el Estado de México 414 (32.3%) (Dávila *et al. op. cit.*).

Se estima que 50% del total de especies presentes en México tienen un potencial forrajero, no obstante, sólo unas cuantas son utilizadas con ese fin, ya que son sustituidas por especies africanas y europeas, puesto que el valor forrajero de las nativas no compite con tales pastos (Dávila y Sánchez-Ken, 1996).

La familia Poaceae está bien representada en México, sin embargo, se precisan más trabajos e investigaciones sobre dicha familia cuya aplicación en el área biológica agropecuaria es muy amplia. Quizá una de las razones que dificultan el estudio de Poaceae es la complejidad en algunos temas como estructuras y técnicas de determinación, ya que éstos son especializados para la familia. Por lo tanto, un material interactivo resulta útil para una mejor comprensión.

Debido al avance reciente de la tecnología, se hace factible la elaboración de material didáctico en formato electrónico, como una herramienta práctica y de fácil manejo que ayuda en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Con ello, se logra una mejor retención de los mensajes ya que perduran por más tiempo en la mente de las personas a las que van dirigidos. Las ayudas visuales pueden incrementar en particular, la comprensión y retención de la información desde un 50 hasta un 200% (Arévalo, 2000).

El uso de materiales didácticos interactivos en formato electrónico o digital, contribuye al proceso de enseñanza-aprendizaje, de acuerdo a Bou (1997) en su publicación “El guión multimedia” señala tres funciones básicas con respecto a la conjugación de texto e imagen:

1. Complementaria: cuando el texto e imagen se unen para formar un mensaje y forman una unidad perceptiva.
2. Relevo: cuando el peso comunicativo cae en una imagen, después de un texto, y así sucesivamente o en orden inverso, es decir, cuando el mensaje se transmite mediante el relevo de las estimulaciones visuales y textuales.
3. Anclaje: cuando el texto asigna un significado concreto a una imagen. Esta función nace de la idea que la imagen es, por naturaleza, polisémica. El texto que la acompaña promoverá la adopción de un significado concreto dentro de lo posible, por lo que se dice que anclará la imagen.

JUSTIFICACIÓN

Esta guía interactiva auxiliará a profesores y alumnos a mejorar la planeación didáctica del curso de Agrostología, ya que contendrá los temas dispuestos en el programa acompañadas de esquemas, fotos, imágenes, así como una clave dicotómica interactiva que ayudará al alumno en la determinación taxonómica a nivel género, con el objetivo de reforzar el interés y alcanzar un aprendizaje efectivo.

Para los estudiantes de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias resulta necesario un conocimiento amplio de la Botánica Sistemática, dado que en la práctica trabajará con diferentes individuos silvestres y cultivados, de los cuales deberá conocer al menos la especie y familia, como antecedente de cualquier trabajo biológico-agropecuaria.

OBJETIVO GENERAL

- Elaborar una guía interactiva de apoyo a la asignatura de Agrostología.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proporcionar al estudiante medios gráficos que permitan la identificación de estructuras con importancia taxonómica de la familia Poaceae.
- Proponer una clave dicotómica interactiva para facilitar la determinación de géneros de Poaceae de México.

METODOLOGÍA

La elaboración del texto de soporte se basó en el programa de la asignatura de Agrostología que se imparte en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara: **Unidad 1** Introducción a la Agrostología; definiciones y relaciones con otras asignaturas, **Unidad 2** Introducción a la familia Poaceae; características distintivas, origen, filogenética, ciclo de vida, y sus diferencias morfológicas con las familias Cyperaceae y Juncaceae, **Unidad 3** Desarrollo vegetativo y morfología externa; raíz, culmo, hoja (perfilo, vaina, lígula y lámina), ramificación y reproducción vegetativa, órganos reproductores (panícula, espiga, racimo y espiguillas), reproducción sexual, fruto, semilla, **Unidad 4** Taxonomía de Poaceae (gramíneas); características distintivas de las subfamilias, tribus, géneros y ejemplos de especies en México, **Unidad 5** Uso e importancia de las gramíneas por el hombre; ejemplificación de especies de uso ganadero, industrial, alimenticio, agrícola, artesanal y construcción de viviendas, **Unidad 6** Colecta y herborización en Poaceae; se describirán las etapas en el proceso de herborización e incorporación de ejemplares botánicos al herbario.

Se redactó la información de forma clara y concisa en formato WORD y se extrajeron imágenes que se consideran representativas en la explicación de los temas. De la literatura especializada en Poaceae que fue consultada para este trabajo, destacan las obras: “Las Gramíneas de México” Beetle *et al.* I (1983), II (1987), III (1991), IV (1995) y V (1999), “Primer Libro de las Gramíneas” Chase y Luces De Febres (1972), “Catalogue of New World Grasses (Poaceae): II. Subfamily” Peterson *et al.* (2001), “Plant systematics: a phylogenetic approach” Judd *et al.* (2008), “Técnicas de recolecta de plantas y herborización” Sánchez-González y González (2007), “Grass Systematics and Evolution” Soderstrom (1986), “The Grass Genera of the World” Watson *et al.* (1992), y “Taxonomía y sistemática de las Poaceae (Agrostología)” Sánchez-Ken *et al.* (2010), entre otras.

La “Guía interactiva de apoyo a la asignatura de Agrostología” se vació al formato Power Point; con información sintetizada y acompañada de imágenes de libros, gráficos de elaboración propia o bien, de fotografías tomadas de plantas vivas (estructuras macro), del lente del estereoscopio con plantas en proceso de disección (estructuras micro), o de plantas herborizadas.

La guía se organizó en una primera vista con los nombres de cada unidad, éstas con opción de hipervínculo (se da click), para ver los temas contenidos en ellas, los cuales están vinculados a diapositivas que desarrollan la temática, o bien, para enlazar con las diapositivas correspondientes en el caso de la clave dicotómica. Cada unidad tiene un color diferente, para que sea más práctico asociar la temática relacionada a una misma unidad (McKelvey, 1999).

La clave dicotómica interactiva está basada en la obra “Las Gramíneas de México I” de Beetle *et al.* (1983), para determinación de subfamilias, tribus y géneros. Sólo en el caso de subfamilias se anexan sinónimos.

El documento ya terminado se guardó en formato PDF con el propósito de respetar la edición, disminuir el peso del archivo y disponer de mejores opciones de búsqueda rápida.

TEXTO DE SOPORTE

UNIDAD 1. Introducción a la Agrostología

La Agrostología (del griego ἄγροστις “agrostos” tipo de hierba y λογία “logia” tratado o estudio), algunas autores la definen: Dávila y Manrique (1990) disciplina de la sistemática vegetal que estudia a las gramíneas, Sierra (2005) parte de la botánica sistemática que trata del estudio de las gramíneas, Escobar (2010) ciencia que se ocupa del estudio de las especies forrajeras, su clasificación manejo y utilización, en la alimentación del ganado. De acuerdo a la Academia Británica (2006) es una rama de la botánica también llamada graminología que se dedica al estudio científico de las gramíneas. Típicamente abarca la familia Poaceae, así como las especies de apariencia herbácea de la familia Cyperaceae, Juncaceae y Typhaceae, a este tipo de plantas se les conoce también como graminoides. A los especialistas en esta ciencia se les denomina agrostólogos. Tiene gran importancia en el manejo de pastizales tanto naturales como cultivados, en la agricultura (maíz, caña de azúcar, trigo y arroz, entre otras), y de especies forrajeras para ganado,

ornamentales para parques, jardines, campos deportivos (césped) y en ecología de la conservación y restauración del suelo.

Debido a su amplia aplicación, esta asignatura se relaciona de manera estrecha con Ecología de pastizales, Conservación del suelo y agua, Producción de cultivos forrajeros y Manejo de pastizales.

Ecología de pastizales; estudia conceptos referidos a la interrelación entre los pastos y el ecosistema (pastizal). Cuando el ganado pastorea establece relaciones y dependencias con el pastizal, las que se expresan en los efectos del ganado sobre el pasto como:

- a. Defoliación; el ganado consume hojas para su sustento y para transformarlas en los productos derivados como carne, leche, lana entre otros.
- b. Pisoteo; la carga animal y el peso de éstos compactarán más o menos el piso. Si el pisoteo es moderado habrá una buena aireación del suelo y por lo tanto, una buena respiración de las raíces y transporte de nutrientes. Si el pisoteo es excesivo debido a la carga animal y al peso de los mismos, se afectará a las raíces de las plantas y por ende, a los procesos mencionados.
- c. Abonamiento; el proceso de digestión del forraje consumido produce residuos en forma de excrementos que caen al suelo y lo enriquecen con nitrógeno, lo que fomenta la presencia y actividad de microorganismos y contribuye a mejorar la fertilidad del suelo.
- d. Dispersión de semilla; las semillas escarificadas en el tracto digestivo de los animales, caen al suelo, germinan y hacen que los pastos se propaguen de nuevo (Escobar, 2010).

Conservación de suelo y agua; los pastos ayudan a conservar la fertilidad del suelo, ya que con su cubierta densa y protectora evitan o reducen la erosión, al impedir el impacto directo de las gotas de lluvia y al disminuir la velocidad y el poder de arrastre del agua superficial o de escorrentía en suelos con pendientes. Lo cual favorece una mayor infiltración, absorción y almacenamiento del agua, y es por ello que los pastos constituyen una de las mejores opciones para la protección de cuencas hidrográficas (Sierra, 2005).

Producción de cultivos forrajeros; los pastos son la fuente más importante para alimentar animales herbívoros como bovinos, ovinos, caprinos, equinos, entre otros (más del 90% de la alimentación de estos animales está constituido de pastos y forrajes), y a su vez, son el alimento predilecto de éstos. En estado vegetativo tienen una producción balanceada de nutrientes como proteínas, carbohidratos solubles y estructurales, almidón, pectinas, vitaminas (A, E, D, K, complejo B), hormonas y factores de crecimiento, requeridos por los animales para su reproducción y normal crecimiento.

Cuando los pastos se cultivan mediante técnicas adecuadas producen más cantidad de nutrientes digeribles y de proteínas que cualquier otro cultivo, por ejemplo, las especies *Chloris gayana* “rhodes” y *Cynodon plectostachyus* “estrella” han alcanzado rendimientos de 22,400 Kg de materia seca por hectárea por año (MS/ha/año) y *Pennisetum purpureum* “pasto elefante” ha llegado hasta 85,000 Kg de MS/ha/año (Sierra, 2005).

Manejo de pastizales; se refiere al arte de planificar y dirigir la utilización de las tierras de pastoreo con el propósito de alcanzar una producción ganadera máxima, sostenida y rentable, consecuente con la conservación y/o mejoramiento de los recursos naturales relacionados, como son: el suelo, el agua, la vegetación, la vida silvestre y la recreación (Huss y Aguirre, 1974).

La Agrostología es una asignatura básica para cualquier profesional que maneja pastizales para la producción animal puesto que, un conocimiento adecuado en cuanto al cultivo de las especies forrajeras proporciona como resultado una mejor producción animal sin deteriorar el pastizal.

Para iniciar cualquier estudio, se ha de estar seguro de la identidad de aquello con lo que se trabaja, así como un conocimiento apropiado en aspectos relacionados con su morfología, fisiología, ecofisiología, crecimiento, desarrollo, reproducción, propagación, siembra, plantación, mecanismos de supervivencia, entre otras, que nos marcarán la pauta para una adecuada utilización y establecimiento del recurso.

Ejemplos para evaluar la calidad forrajera de las especies de Poaceae en relación a sus características morfológicas:

- Densidad de la macolla en la cubierta de la pastura y su altura, están muy relacionadas con el rendimiento del forraje.
- Hábito de crecimiento (erecto o rastrero) tiene mucha relación con el tipo de utilización más eficiente que se haga de cada especie, de tal modo que aquellas erectas o de porte alto, dan mejores resultados cuando se explotan bajo corte, en cambio, las especies rastreras y estoloníferas tiene mejores resultados cuando se utilizan en pastoreo, ya que lo toleran mejor que las especies erectas.
- Presencia de estolones y rizomas tiene íntima relación con la capacidad de la planta para extenderse y colonizar nuevas áreas. La presencia de rizomas y de yemas basales fuera del alcance del corte y el consumo del animal, está relacionado con la longevidad y supervivencia de la planta, ya que con ello logra mantener vivos los meristemas del sistema subterráneo.

- Profundidad del sistema radicular se asocia con la capacidad que posee la planta para tolerar la sequía y para extraer nutrientes del suelo.
- Posibilidad de producir semilla viable garantiza la supervivencia y perennidad de las especies.
- Facilidad de establecimiento se relaciona con la capacidad de la planta para propagarse tanto por semilla como por material vegetativo.
- Relación en peso o porcentaje entre hojas y tallos está en correspondencia con la calidad nutritiva de la planta (Sierra, 2005).

UNIDAD 2. Introducción a la familia Poaceae (Gramineae)

2.1. La familia Poaceae

De acuerdo con Angiosperm Phylogeny Group (APG III) Poaceae pertenece a la clase Monocotyledoneae, subclase Commelinidae y orden Poales (Stevens, 2009); Comprende 10 000 especies (Campbell, 1985; Kellogg, 2000; 2001) y 651 géneros (Clayton & Renvoize, 1986). Esta familia ocupa el tercer lugar en el mundo en cuanto al número de géneros, después de Asteraceae y Orchidaceae; el quinto lugar en cuanto al número de especies, después de Asteraceae, Orchidaceae, Fabaceae y Rubiaceae y el primer lugar desde el punto de vista económico, ya que de sus especies provienen los cereales y es la fuente principal para la obtención de azúcar, forraje para ganado y fauna silvestres, de celulosa para papel, así como también de los bambúes y las cañas para la construcción (Soderstrom & Calderón, 1979; Heywood, 1985; Hilu, 1985; Tzvelev, 1989 y Kellogg, 2000; 2001).

Posee amplia distribución desde los picos de las montañas hasta el nivel del mar y en cualquier tipo de vegetación, se estima que constituye del 20 al 45% de la cubierta vegetal de la Tierra (Soderstrom & Calderón, 1974; Campbell, 1985; Hilu, 1985 y Kellogg, 2001). En México existe una gran diversidad de esta familia con 204 géneros y 1278 especies, de las cuales 1119 son nativas y el resto (159) cultivadas y/o introducidas (Dávila *et al.*, 2006). En México los pastizales representan el 10 % de la cobertura vegetal (CONABIO, 1998).

Las gramíneas se caracterizan por ser generalmente plantas herbáceas, en ocasiones leñosas o semileñosas como en el caso del bambú. Se distinguen por un culmo (tallo) compuesto por nudos y entrenudos, redondeados o aplanados y por lo general con entrenudos huecos, nudos sólidos y las hojas en dos hileras alternas que se componen de vaina, lígula y lámina; la **vaina** nace de los nudos

es de forma tubular y abraza al culmo; la **ligula** divide la vaina de la lámina, es de forma variada membranácea, lacerada o ciliada y por su parte, la **lámina** presenta forma de cinta (linear), en ocasiones cordada o subcordada, sin pecíolo (ocasionalmente pseudopeciolada ej. bambúes), Las flores de las gramíneas se encuentran en inflorescencia de tipo espiga, racimo o panícula, a su vez, éstas formadas por espiguillas donde se localizan las estructuras sexuales de la planta (Figura 1).

La raíz, el culmo y las hojas constituyen las partes vegetativas de la planta. En las gramíneas, dichas estructuras son más uniformes y características que en la mayoría de las otras familias, a diferencia de las partes reproductivas como la inflorescencia y la espiguilla (donde se encuentran el androceo y gineceo) que poseen gran diversidad.

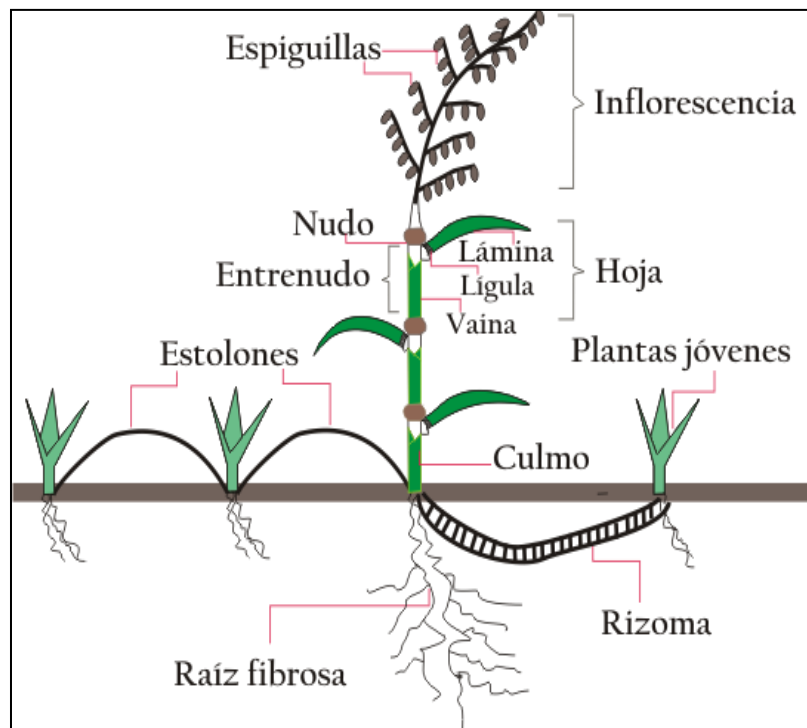


Figura 1. Estructura general de las gramíneas

2.1.1. Origen

De acuerdo al registro fósil, el origen de la familia se ubica en el Paleoceno, hace 60 y 55 m.a. (Jacobs *et al.*, 1999; Linder & Rudall, 2005). Al inicio, las gramíneas eran plantas que crecían bajo la sombra de bosques o de sus márgenes, hábitat que en la actualidad mantienen los grupos basales (subfamilias *Anomochlooideae*, *Pharoideae*, *Puelioideae*) y los bambúes (Kellogg, 2001). Allí persistieron por varios millones de años sin diversificarse demasiado hasta que adquirieron una mayor tolerancia a la sequía y la capacidad de crecer y prosperar en hábitats abiertos secos (Kellogg

op. cit.). Este cambio de ambiente, probablemente ocurrido en el Oligoceno temprano (32-30 m.a.), precedió a la mayor radiación taxonómica de la familia (Jacobs *et al.*, 1999; Stromberg, 2005) (Figura 2).

Al inicio, la vegetación estaba dominada por gramíneas C₃ y C₄, pero no constituían una proporción significativa de la biomasa vegetal (Cerling *et al.*, 1993; Jacobs *et al.*, 1999; Kellogg, 2000; Osborne, 2008). La expansión de los ecosistemas dominados por gramíneas C₄ ocurrió entre el Mioceno tardío y el Plioceno (8-4 m.a.), cuando los pastizales C₄ se expandieron a lo largo de al menos cuatro continentes (Cerling *et al.*, 1993; Jacobs *et al.*, 1999; Sage, 2004 y Osborne, 2008). La fotosíntesis C₄ es uno de los principales cambios evolutivos que han ocurrido dentro de la familia y resulta de la modificación de la vía fotosintética C₃ (Cayssials, 2010).

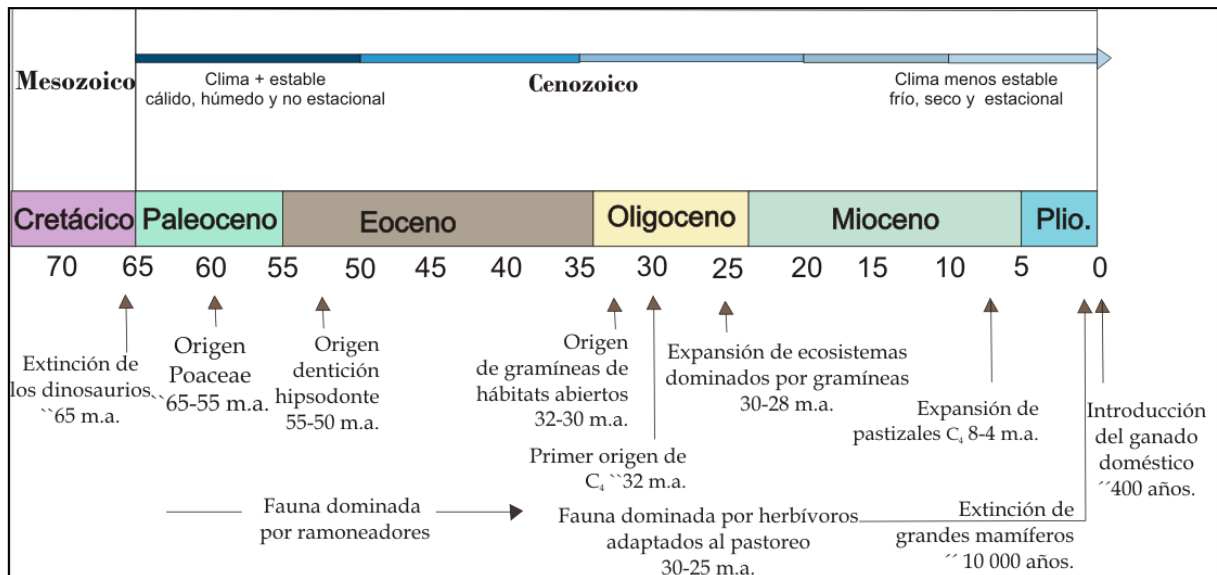


Figura 2. Principales eventos ocurridos a lo largo de la historia evolutiva de las gramíneas (modificado de Cayssials, 2010).

2.1.2. Filogenética

La filogenética se ocupa de la historia del desarrollo evolutivo de grupos específicos, consiste en el estudio de las relaciones evolutivas entre diferentes grupos de organismos, mediante matrices de datos de moléculas de ADN y de morfología, con esta información se establecen árboles filogenéticos como base de la clasificación filogenética. La estructura general de los genomas sugiere que las gramíneas difieren mucho más de otras monocotiledóneas de lo que se diferencian éstas de las dicotiledóneas, las gramíneas son más fácilmente reconocibles e identificables que cualquier otra familia, y su monofilia se haya sustentada tanto por su morfología como por análisis moleculares de ADN (Marchant & Briggs, 2007).

Desde fines del siglo XX, los estudios filogenéticos se basan en varias secuencias genéticas (rbcL, ndhF, rpoC2, ITS, almidón granulado obligado sintasa I y fitocromo B), así como con características estructurales y fisiológicas. Dentro de los trabajos más reconocidos se encuentra Grass Phylogeny Working Group (GPWG, 2001), que apoya el reconocimiento de doce subfamilias Anomochloideae, Pharoideae y Puelioideae forman el linaje basal de la familia, el resto se integra en dos grupos; el clado **BEP** (Bambusoideae, Ehrhartoideae y Pooideae) y el clado **PACCAD** (Panicoideae, Arundinoideae, Chloridoideae, Centothecoideae Aristidoideae y Danthonioideae) figura 3(a); en el 2007 Angiosperm Phylogeny Website integra la subfamilia Micrairoideae, modificando el clado PACCAD en **PACCMAD**, lo que proveyó como resultado 13 subfamilias. En 2011 Grass Phylogeny Working Group II reconoce doce subfamilias e integra la subfamilia Centothecoideae en tribu Centothecae (subfamilia Panicoideae) y modifica el clado PACCMAD en **PACMAD**. Es evidente que los cambios en la taxonomía continuarán conforme nuevos resultados filogenéticos se den a conocer.

La figura 3(b) muestra la relación filogenética realizada por Grass Phylogeny Working Group II (2011), con un total de doce subfamilias, incluidas las basales (Anomochloideae, Pharoideae y Puelioideae), los clados BEP (Bambusoideae Ehrhartoideae y Pooideae) y PACMAD (Panicoideae, Aristidoideae, Chloridoideae, Micrairoideae, Arundinoideae y Danthonioideae).

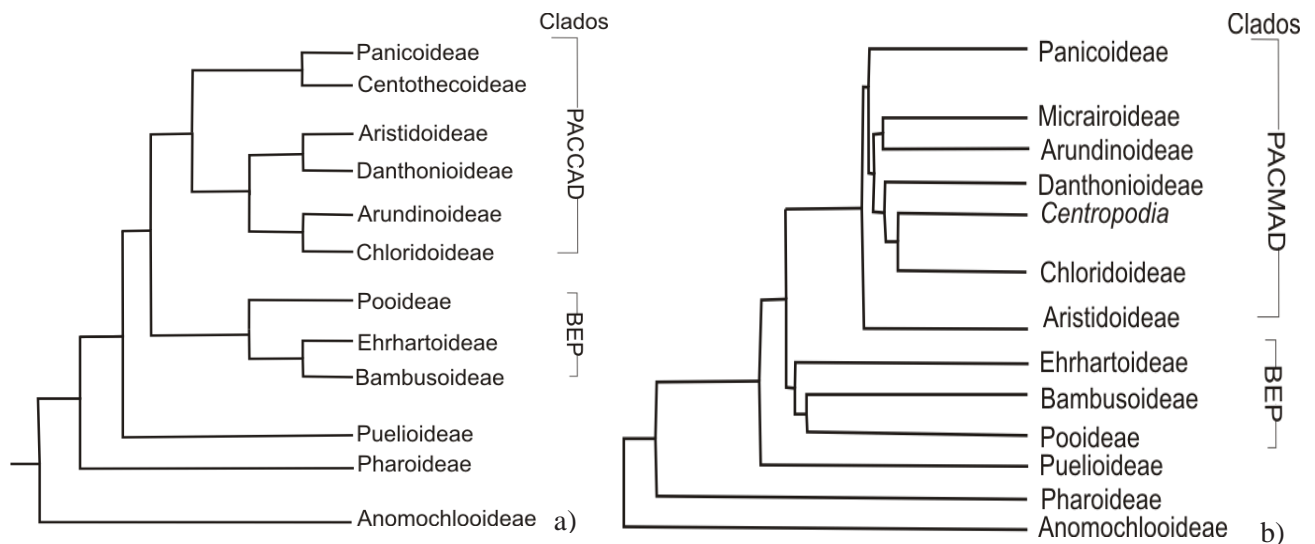


Figura 3(a) (b) Filogenia de Poaceae, a) basado en secuencias genéticas (modificado de GPWG, 2001), b) basado en análisis Bayesiano de tres marcadores de cloroplasto (modificado de GPWG, 2011).

2.1.3. Diferencias morfológicas entre Poaceae, Cyperaceae y Juncaceae.

Cuadro comparativo de características morfológicas distintivas entre familias

Familia	Tallo (culmo)	Hoja	Inflorescencia	Espiguilla y fruto
Poaceae	Cilíndrico con nudos y entrenudos.	Dística, vaina abierta lígula y lámina.	Espiga, racimo o panícula.	Compuesta por dos glumas, lema y pálea (contiene la flor). Fruto cariopsis.
Cyperaceae	Triangulares en corte transversal.	Trística, vaina cerrada, lámina y a veces lígula.	Terminal rara vez axilar o lateral.	Espiguilla sin perianto Flor sobre una sola bráctea. Fruto aquenio o utrículo.
Juncaceae	Cilíndricos sin nudos ni entrenudos.	Trística, todas basales, vaina cerrada o abierta, con lígula ausente y lámina.	Condensadas en glomérulos.	No espiguilla flores formadas por 6 tépalos (3 sépalos y 3 pétalos). Fruto cápsula loculicida.

2.1.4. Ciclo de vida

1. Monocárpico; fructifican una sola vez y luego mueren, pueden ser:
 - a) Anuales; Viven un año, se reproducen sólo una vez, tienen una duración corta y crece rápidamente, la mayoría nacen, crecen y florecen durante primavera-verano y en verano-otoño producen su cariopsis (la mayoría se dispersan por medio del viento), ejemplo *Zea mays*.
 - b) Bianuales o bienales; Viven dos años, su desarrollo ocurre en dos temporadas, en la primera se desarrolla vegetativamente (puede ser un año), después pasa por una etapa de latencia y al siguiente año desarrolla estructuras florales, se reproduce y finalmente muere, ejemplo *Cenchrus brownii*.
Las especies anuales y bianuales por lo general, producen un gran número de semillas, tienen latencia y así aseguran su persistencia en los siguientes años.
 - c) Perennes; viven muchos años, poseen rizomas, fructifican después de cierto número de años, ejemplo *Chusquea quila*.
2. Policárpico; también son plantas perennes, viven más de dos años, florecen todos los años, durante el invierno pueden permanecer con su follaje o estar de forma latente por medio de rizomas, bulbos o estolones y pueden ser: cespitosas (*Festuca arundinacea*), estoloníferas (*Paratheria prostrata*) o rizomatosas (*Distichlis spicata*).

UNIDAD 3. Desarrollo vegetativo y morfología externa

3.1. Raíz

Las raíces de las gramíneas son fibrosas o fasciculadas, por lo general poco profundas. Las raíces primarias o seminales se originan de la semilla durante la germinación, persisten poco tiempo y luego son sustituidas por las raíces secundarias o adventicias que surgen de los nudos. A la facilidad de emitir raíces adventicias o nodales se liga la mayor o menor rapidez de establecimiento de cada especie. La mayoría de las gramíneas desarrollan raíces en la capa superficial del terreno, en los primeros 10 cm, donde se encuentra la materia orgánica y los elementos minerales que le han de servir de alimento.

3.2. Culmo (tallo)

Tiene forma cilíndrica y está dividido por nudos y entrenudos, la mayoría de las veces es hueco, su consistencia puede ser herbácea (como los cereales y plantas forrajeras), subleñosa o semisólida “carrizo” y leñosa en el caso del bambú.

Está formado por nudo (tabique transversal que se manifiesta exteriormente por una zona más abultada o algo contraída y es el punto donde nace la hoja y las yemas) y entrenudo (el espacio entre nudo y nudo). La función del culmo es la conducción de agua y nutrientes entre la raíz, las hojas, las flores y el soporte de la inflorescencia.

Los tallos pueden ser de distintas formas:

- A. Erectos, *Zea mays* “maíz”
- B. Ascendentes, *Arundo donax* “carrizo”
- C. Prostrados o rastreros:
 1. Estolones aéreos, es decir, sobre el suelo ejemplo *Cynodon plectostachyus* “estrella africana”.
 2. Rizomas subterráneos, es decir, bajo el suelo, no visibles, ejemplo *Sorghum halepense* “zacate Jhonson” se desarrollan horizontalmente mediante brotes que forman nuevas plantas a distancia de la planta madre. Las especies cespitosas llevan por lo general esta clase de tallos subterráneos. El rizoma al igual que el culmo aéreo, tiene escamas y nudos, menos recto y con un diámetro generalmente menor, las escamas son hojas reducidas, es por esto que se distingue de las raíces verdaderas, que no presentan nudos ni escamas. En el grupo de los bambúes, los

rizomas son muy comunes e importantes en la determinación de géneros y especies, los hay de varios tipos, entre ellos:

- a) Leptomorfo o monopodial; de forma lineal, elongado y delgado, algunas yemas producen ramificaciones laterales (nuevos rizomas) y otras yemas tienen brotes aéreos (culmos), ejemplo *Sorghum halepense*.
- b) Paquimorfo o simpodial; rizoma de la mayoría de los bambúes nativos de México, crecen en macollos, es corto y generalmente más grueso, se caracteriza por tener forma subfusiforme, ser más o menos curvo (raramente recto) y con un diámetro generalmente mayor que el del culmo, ejemplo género *Guadua*.
- c) Anfipodial; contiene rizomas de los dos tipos anteriores, ejemplo algunas especies del género *Aulonemia*.

La función del rizoma es fijar la planta al suelo con más fuerza, en él se generan las raíces y los culmos aéreos; almacenan agua y nutrientes, casi todos los entrenudos tienen yemas que pueden generar ramificaciones o bien, dar origen a un nuevo culmo.

Aunque el hábito de crecimiento rizomatoso sirve también para la propagación vegetativa y la exploración de suelo, como los estolones, cumplen además otras dos importantes funciones: permiten la acumulación de hidratos de carbono de reserva y colocan algunos puntos de crecimiento bajo el nivel del suelo, con lo cual éstos se protegen más efectivamente a la permanencia de las praderas. Sin embargo, las especies rizomatosas pueden no ser tan resistentes al pastoreo intenso, como las estoloníferas, ya que el tejido remanente luego de la defoliación no es fotosintético y el rebrote dependerá básicamente de las reservas.

3.2.1. Anatomía del culmo

El tallo maduro es simple en la superficie, con haces vasculares embebidos longitudinalmente en tejido parenquimatoso. En las especies con tallos sólidos, como *Zea mays* y *Saccharum officinarum*, el parénquima central proporciona una gran reserva de carbohidratos, que serán usados posteriormente para el desarrollo de las semillas.

En las especies con tallos huecos, los haces vasculares se organizan en uno o dos anillos concéntricos, sin embargo, cuando los tallos son sólidos, los haces se distribuyen más ampliamente,

aunque por lo general están concentrados hacia el exterior. Muy cerca de los haces vasculares se desarrollan las columnas del esclerénquima, que proporcionan rigidez al tallo. En casos extremos, como en los bambúes, el total del tejido parenquimatoso se lignifica, de ahí que se puedan emplear para fabricar herramientas, muebles y andamios.

3.3. Hoja

De manera general se encuentra dividida por la vaina, lígula y lámina o limbo, por otra parte, algunas especies presentan estructuras como:

- a) Pseudopecíolo; en muchos bambúes existe una contracción entre la lámina y la vaina que semeja un pecíolo; frecuentemente está articulado con la lámina y es persistente; ejemplo *Pharus latifolius* y *Setaria palmifolia*.
- b) Aurículas; están presentes en una gran cantidad de especies, nacen a la altura de la lígula, siempre en número de dos que semejan orejas; ejemplo *Triticum vulgare*.
- c) Collar; se encuentra cercano a la lígula pero de lado opuesto y su función es sostener la vaina con la lámina; ejemplo *Aristida ternipes*.

3.3.1. Profilo

Es una hoja modificada sin nervio central, con dos nervaduras laterales y carentes de las divisiones de una hoja típica de gramínea, se encuentra en la unión del culmo con una yema lateral a la que le provee protección.

3.3.2. Vaina

La vaina nace de los nudos, envuelve al tallo, es de forma tubular, abierta redondeada o aquillada, protege los meristemas intercalares, cumple funciones de fotosíntesis y respiración, y puede ser más larga, igual o más corta que el entrenudo.

3.3.3. Lígula

La lígula se localiza entre la vaina y la lámina en su cara interna, su función es proteger la entrada de insectos, hongos y bacterias a la zona meristemática, está formada por tejido no vascular y es muy variable en forma, tamaño y longitud. Puede ser membranacea, ciliada, lacerada, etc.

3.3.4. Lámina

La lámina es simple usualmente linear, aunque también lanceolada o liner-lanceolada, puede ser aplanada, continua con la vaina o poseer pecíolo. Puede haber láminas que se pliegen de manera longitudinal (conduplicadas) o que se enroscan (convolutas). Esta característica se aprecia perfectamente en la primera prefoliación, que se define como la disposición de la lámina en el brote o macollo antes de emerger por completo de la vaina. Existen dos tipos:

1. Conduplicada; la lámina se pliega a lo largo de la nervadura principal ejemplo: *Dactylis glomerata* y *Lolium perenne*.
2. Convoluta; cuando la lámina se encuentra enrollada en forma de espiral o cartucho, ejemplo *Triticum aestivum*, *Paspalum dilatatum* y *Avena sativa*.

El crecimiento tanto de la vaina como de la lámina lo determinan dos meristemas intercalares ubicados respectivamente en la base de la vaina y en la base de la lámina.

3.3.5. Epidermis de las hojas

La estructura epidérmica de las gramíneas es única en las monocotiledóneas, en general, la disposición de las células epidérmicas es diferente en las caras abaxial y adaxial de la lámina. También es distinta la disposición sobre los haces vasculares de las zonas costales e intercostales, tienen células epidérmicas características de diferentes tipos:

- a) Células silíceas: se reconocen por un brillo particular, ya que refractan la luz de un modo diferente al resto de las células epidérmicas debido a que poseen sílice. Pueden ser redondas, alargadas longitudinalmente, en forma de hacha de doble filo, de tibia o contraídas en su parte central.
- b) Células suberosas: células cortas, muertas a la madurez, con la pared celular suberificada.
- c) Células exodérmicas: comprenden los elementos que sobresalen de la superficie de la epidermis, entre ellos, pelos unicelulares, bicelulares o pluricelulares; pelos capitados, rígidos y punzantes (aguijones) más o menos silicificados y papilas (células con prominencias cónicas) muy cortas.

- d) Estomas: consta de dos tipos de células: las células oclusivas o de cierre, alargadas y engrosadas en sus extremos, las cuales rodean al orificio por donde se realiza el intercambio gaseoso o poro estomático, y las células anexas, semilunares, rectangulares o trapezoidales.
- e) Células largas con paredes lisas u onduladas y células buliformes, incoloras que forman bandas en el fondo de surcos sobre la cara superior de la lámina; estas células permiten que la lámina pueda enrollarse para evitar la evaporación causada por excesiva insolación.

3.3.6. Anatomía foliar

La anatomía de la hoja de las gramíneas tiene gran importancia en sistemática. La clasificación anatómica se basa en el estudio de caracteres histológicos apreciables en una vista superficial de la epidermis y en el corte transversal de la lámina.

Brown (1958) considera varios caracteres anatómicos: presencia o ausencia de vaina interna (mestomática), estructura y función de la vaina externa (vaina parenquimática) y disposición del clorénquima alrededor de los haces vasculares. Distingue los siguientes tipos básicos:

1. Tipo Bambusoide: clorénquima difuso no radiado, de células con paredes lobuladas y células fusoides, perpendiculares. Presenta dos vainas, vaina mestomática bien desarrollada y parenquimática de membranas gruesas, con pocos cloroplastos. Epidermis con células largas generalmente con paredes onduladas y con papilas. Células cortas en pares o aisladas. Células silíceas en forma de silla de montar transversalmente al eje en forma de cruz, pelos bicelulares.
2. Tipo Arundinoide: clorénquima difuso de células raquimorfas, vaina mestomática bien desarrollada, vaina parenquimática de membranas delgadas, sin cloroplastos.
3. Tipo Festucoide: clorénquima difuso de células normales (parénquimas típicos), vaina mestomática bien desarrollada, vaina parenquimática inconspicua de membranas delgadas, con o sin cloroplastos.
4. Tipo Cloridoide: clorénquima radiado de células raquimorfas dispuestas en una hilera, vaina mestomática presente por lo menos en los haces vasculares primarios, vaina parenquimática bien desarrollada de membranas gruesas, con cloroplastos.

5. Tipo Aristidoide: clorénquima radiado de células raquimorfas dispuestas en una serie, vaina mestomática ausente y dos vainas parenquimáticas bien desarrolladas ambas con cloroplastos, con las células de la vaina parenquimática interna de mayor diámetro y de membranas más gruesas.
6. Tipo Panicoide: clorénquima radiado de células raquimorfas, dispuestas en más de una serie (diferencia con los tipos anteriores), vaina mestomática ausente o presente en los haces vasculares primarios, vaina parenquimática bien desarrollada, de membranas gruesas, con cloroplastos o sin ellos.

Las diferencias en la anatomía de las hojas están asociadas con vías fotosintéticas diferentes. La vía C_3 es más eficiente en regiones de clima templado a frío, por otro lado la vía C_4 es ventajosa en regiones de temperaturas altas y baja humedad del suelo.

3.4. Ramificación

El crecimiento puede ser simple o ampliamente ramificado. Las ramas nacen sólo en los nudos, en la axila de la vaina, es decir, entre la vaina y el culmo. Crecen paralelas al culmo hasta que emergen de las vainas o abren las vainas para salir fuera, se dividen en:

1. Sistemas de ramificación intravaginal: se desarrolla dentro de las vainas (entre éstas y el culmo) y sobresalen por la zona ligular de la misma, ejemplo las especies que forman macollos como *Aristida* y *Trachypogon*.
2. Sistema de ramificación extravaginal: fuera de ellas, ejemplo las especies que producen rizomas o estolones, las ramificaciones del tallo que nacen de los nudos medios y superiores del culmo son casi siempre extravaginales, ya que no rompen la vaina como *Cynodon dactylon* y *Paratheria postrata*.

3.5. Reproducción vegetativa

La reproducción vegetativa es por medio de estolones y/o rizomas que dan lugar a plántulas o hijuelos que genéticamente son iguales, algunos ejemplos: *Cynodon dactylon*, *Arundo donax* y *Sorghum halepense*.

3.6. Órganos reproductores

Los órganos reproductores de las gramíneas, es decir, el androceo y el gineceo, se encuentran dentro de las espiguillas, éstas a su vez se hayan agrupadas en las inflorescencias.

3.6.1. Inflorescencia

Las espiguillas son la unidad de la inflorescencia, y están compuestas por flores. Los tipos de inflorescencia están dados por el acomodo de las espiguillas y los principales son:

- Espiga: las espiguillas son sésiles sobre el raquis (*Lolium, Triticum, Secale*).
- Racimo: semejante a la espiga pero las espiguillas son pediceladas (*Aegopogon*).
- Panícula: espiguillas con pedicelos, las cuales se pueden ramificar, es decir, racimo de racimos (*Eragrostis, Panicum*).

3.6.2. Espiguilla

Es la unidad básica de la inflorescencia y ésta puede ser: **monoflosculada o uniflora** presenta un solo flósculo (*Agrostis, Sporobolus*), **biflosculada o biflora** o que sostiene dos flósculos (*Chloris, Panicum*) y **multiflosculada o multiflora** que contiene más de tres flósculos (*Eragrostis, Bromus*).

Cada espiguilla está compuesta de glumas, raquilla y flósculo (s):

1. Dos glumas, la inferior como primera y la superior como segunda. Las glumas son similares en forma y textura; la primera es frecuentemente más pequeña que la segunda y en ocasiones, la primera suele estar reducida o faltar (*Paspalum, Digitaria*) y rara vez ausentes (*Oryza*).
2. Raquilla es un corto pedicelo que sostiene la espiguilla, ésta se puede desarticular arriba o abajo de las glumas.
3. Flósculo o antecio compuesto de dos brácteas llamadas lema y pálea, como la flor. Cada flor se origina en la axila de la lema y está subtendida y envuelta en la pálea. La flor en las gramíneas carece de cáliz y corola, y su perianto está reducido en dos pequeñas y traslúcidas estructuras llamadas lodículas (raramente tres), además de gineceo y androceo.
 - a. El gineceo está formado por un ovario globoso, piriforme o fusiforme, generalmente bicarpelar, unilocular con dos estilos cortos y estigmas plumosos. El

estilo sirve para elevar el estigma hasta el exterior. El estigma, tiene una superficie viscosa sobre la cual se adhieren los granos de polen y germinan sobre ella, envían su contenido por un tubo que pasa a través del estilo hasta los óvulos y así quedan fertilizados. En algunos bambúes el ovario es tricarpelar y lleva tres estilos. En la familia Poaceae el tipo de ovario es súpero, dentro hay un solo óvulo anfítropo o semi-anátropo, subapical o casi basal, de placentación parietal. Algunos pastos tienen óvulos péndulos, átropos. La pared del megasporangio puede ser delgada o gruesa. En muchas especies existen flores cleistógamas en inflorescencias reducidas situadas en las axilas de las hojas inferiores y raíces (*Enteropogon chlorideus*).

- b. El androceo es cíclico y en general trímero (es decir, está compuesto por tres estambres o un múltiplos de tres), excepto muchas especies de tribu *Oryzaceae* y *Bambuseae* que tienen de 6–9. Las anteras son basifijas, biloculares y se insertan sobre filamentos delgados y más o menos largos. Los granos de polen son relativamente pequeños, con paredes muy tenues, livianos, con un sólo poro germinativo (monoporados) y están adaptados a ser llevados por el viento desde los estambres hasta los estigmas de otras plantas.

Los flósculos por su contenido sexual se pueden distinguir en:

- a) Flósculo perfecto o fértil: presenta gineceo (estigmas) y androceo (estambres).
- b) Flósculo femenino, pistilado: únicamente presentan estigmas.
- c) Flósculo masculino, estaminado: únicamente presentan estambres.
- d) Flósculo estéril: carece de estructuras sexuales.

3.6.3. Fruto

El fruto característico de Poaceae es un cariopsis o cariósido, fruto seco indehisciente de una sola semilla, conformado de pericarpio soldado, endospermo y un pequeño embrión que se encuentra en la base de un tejido rico en almidón o endospermo; alimento almacenado que será usado por el embrión o plántula cuando empiece a crecer. El germen de un grano de maíz es el embrión, mientras que el resto es el endospermo almidonoso o farinoso.

Otros tipos de fruto menos frecuentes son:

- Aquenio: Pericarpio independiente de la semilla, no fusionado a ella *Sporobolus*, *Eleusine* y *Dactyloctenium*.
- Utrículo: Inflado o con una cubierta membranosa *Blepharoneuron* y *Coix*.
- Baya: Fruto simple carnosos *Olmea*.

3.7. Reproducción sexual

La mayoría de las especies de esta familia son **hermafroditas** de manera que presentan fertilización cruzada y se polinizan por el viento, después de que la planta desarrolla la inflorescencia y sus espiguillas. Una vez que se realiza la fecundación se desarrolla el fruto y así cumplen un ciclo de vida (véase ciclo de vida), algunas otras pueden ser **monoicas o dioicas**. Las monoicas, tiene estructuras reproductivas femeninas y masculinas en el mismo individuo pero separadas espacialmente, el ejemplo más representativo es el “maíz” *Zea mays*, donde la inflorescencia masculina se haya en la parte superior de la planta, mientras que femenina en la parte inferior. Por otro lado, en las dioicas los órganos de reproducción se localizan en individuos separados es decir, hay plantas macho y plantas hembras, un ejemplo de este tipo es el “zacate salado” *Distichlis spicata*.

Los tipos de dispersión del polen en las gramíneas son:

- Anemófila: el polen contenido en las espiguillas con vellos o cilios, son transportadas con facilidad por el viento.
- Hidrófila: el polen es transportado por el agua, plantas cercanas a cuerpos de agua o acuáticas.
- Zoófila: el polen es trasportado por animales ya que las cerdas y espinas en las espiguillas facilitan el transporte por ellos.

UNIDAD 4. Taxonomía de Poaceae (gramíneas)

De acuerdo a Grass Phylogeny Working Group II (2011), de la familia Poaceae se reconocen doce subfamilias; las basales (Anomochlooideae, Pharoideae y Puelioideae), los clados BEP (Bambusoideae Ehrhartoideae y Pooideae) y PACMAD (Panicoideae, Aristidoideae, Chloridoideae, Micrairoideae, Arundinoideae y Danthonioideae).

4.1. Subfamilias basales

4.1.1. Anomochlooideae Pilg. ex Potztl

= *Streptochaetoideae* (Nakai) Butzin

Características distintivas

Plantas perennes, rizomatosas, herbáceas; tallos huecos, hojas dísticas o en espiral con pseudopécíolo presente; lígula una hilera de pelos, presente o ausente; láminas lanceoladas a ovadas. Inflorescencias espiciformes; pseudoespiguillas hermafroditas sin lodículas, estambres de 4–6, ovario glabro, estigmas de 1–3. Cariópside con hilo linear, embrión grande. Plantas C₃, anatomía no Kranz, mesófilo no radiado, con células fusoides y células raquimorfas poco desarrolladas.

Diversidad

Tribus: *Anomochloae* y *Streptochaeteae*.

Géneros: *Anomochloa* y *Streptochaeta*.

Especies aproximadas: cuatro.

Distribución: Especies umbrófilas que se localizan, desde Centroamérica hasta el sureste de Brasil, en México sólo crece el género *Streptochaeta*.

4.1.2. Pharoideae (Stapf) L. G. Clark & Judz.

= *Leptaspidoideae* (Tzvelev) C.O. Morales.

Características distintivas

Plantas perennes, rizomatosas y herbáceas, tallos sólidos o huecos; láminas lanceoladas a ovadas pseudopécíolo resupinado (retorcidas 180°); lígula una hilera membranácea. Inflorescencias en panículas; espiguillas unisexuales, 1-varios flósculos, con dos glumas, lema endurecida con macropelos uncinados, pálea angosta, 2-varias nervaduras; lodículas ausentes o a veces tres, seis estambres; ovario glabro, y tres estigmas. Cariópside con hilo linear, embrión grande. Plantas C₃, anatomía no Kranz, mesófilo no radiado, con células fusoides, células raquimorfas poco desarrolladas.

Diversidad

Tribus: *Phareae* y *Streptogyneae*.

Géneros: *Pharus*, *Scrotochloa*, *Leptaspis* y *Suddia*.

Especies aproximadas: 13.

Distribución: Especies pantropicales, sólo *Pharus* en América, del noreste de México al noroeste de Argentina y Chile.

4.1.3. Pueloideae L. G. Clark, M. Kobay., S. Mathews, Spangler & E. A. Kellogg

Características distintivas

Plantas perennes, rizomatosas, herbáceas, tallos huecos; pseudopécíolo presente; láminas lanceoladas a ovadas; lígula membranácea presente o ausente. Inflorescencias en racimos o panículas, a veces con brácteas; espiguillas con dos glumas, desarticulándose por arriba y entre los flósculos, 1–3 flósculos basales estaminados, los siguientes pistilados o hermafroditas, con 1-varios flósculos estériles apicalmente; tres lodículas, membranáceas; seis estambres, libres o monadelfos; ovario glabro o piloso, estigmas 2–3.

Diversidad

Tribus: *Guaduelleae* y *Puelieae*.

Géneros: *Guaduella* y *Puelia*.

Especies aproximadas: 11.

Distribución

En sotobosque de selvas con sombra en África tropical, en México no hay géneros de esta subfamilia.

4.2. Clado BEP (incluye subfamilias Bambusoideae, Ehrhartoideae y Pooideae)

4.2.1. Bambusoideae Luersson

=*Olyroideae* Pilger

Características distintivas

Plantas generalmente perennes, rara vez anuales, culmos leñosos o herbáceos; hojas a veces pseudopécioladas; lígula abaxial (externa) presente en tribu *Bambuseae*, lígula adaxial (interna) membranosa o cartácea con pelos, vainas generalmente auriculadas. Inflorescencia espigada, racemosa o paniculada, pseudoespiguillas (tribu *Bambuseae*) o espiguillas bisexuales, unisexuales, uniflosculares o multiflosculares, presentan tres lodículas, androceo con seis estambres, raramente de 2–14. El ovario contiene dos o tres estigmas, raramente uno. Cariópside o baya (*Olmeca*) con hilo linear. Plantas C₃, anatomía no Kranz, con células fusoides y armadas, micropelos delgados; papilas y estomas generalmente abaxiales.

Diversidad

Tribus: *Bambuseae* y *Olyreae*.

Géneros aproximados: 126.

Especies aproximadas: 1,462.

Distribución

En regiones tropicales y templadas de Asia, Australia y América principalmente Centro y Sudamérica. En México la mayor concentración es en el centro y sur del país.

4.2.2. Ehrhartoideae Link

= *Oryzoideae* Kunth ex Beilschm.

Características distintivas

Plantas herbáceas, anuales o perennes, rizomatosas o estoloníferas; culmos herbáceos rara vez leñosos huecos o sólidos, aurículas a veces presentes, lígula membranosa con pelos. Inflorescencia paniculada o racemosa, espiguillas bisexuales o unisexuales, dos glumas (ausentes o rudimentarias en tribu *Oryzeae*), flósculos estériles de 0–2 y un flósculo fértil, desarticulación por encima de las glumas, dos lodículas membranosas o carnosas tres o seis estambres, ovario glabro, dos estilos, cariósipide con hilo largo linear, embrión pequeño. Anatomía no Kranz, mesófilo no radiado, con células fusoides presentes en *Zizania*, *Zizaniopsis* y células armadas ocasionalmente presentes. Vía fotosintética C₃.

Diversidad

Tribus: *Ehrharteae*, *Phyllorachideae* y *Oryzeae*.

Géneros aproximados: 15.

Especies aproximadas: 111.

Distribución

Ehrharteae en Sudáfrica y Nueva Zelanda; *Phyllorachideae* en África y Madagascar y *Oryzeae* en regiones cálidas y tropicales del mundo.

4.2.3. Pooideae Bentham

= *Festucoideae* Link, *Agrostidoideae* Kunth ex Beilschm., *Avenoideae* Link

Características distintivas

Plantas perennes o anuales, cespitosas, rizomatosas o estoloníferas, láminas lineares a lanceoladas, con lígulas membranáceas. Inflorescencias desde una espiguilla a panículas, racimos o espigas, sin brácteas; espiguillas solitarias o en grupos, lateralmente comprimidas, 1-multiflosculadas, flósculos superiores ausentes o estériles; desarticulación por arriba de las glumas, rara vez por abajo; dos glumas, a veces ausentes; lemas a veces con 1-varias aristas; dos lodículas a veces tres, ovario glabro o pubescente, dos estigmas, raro uno o tres. Cariópside con hilo linear a punctiforme, embrión pequeño o grande, endospermo con gránulos de almidón simples o compuestos. Plantas C₃, anatomía no Kranz, rara vez presentan células raquimorfias y fusoides.

Diversidad

Tribus: *Ampelodesmeae*, *Aveneae*, *Brachyelytreae*, *Phaenospermatideae*, *Brachypodieae*, *Bromeae*, *Brylkinieae*, *Diarrheneae*, *Hainardieae*, *Lygeae*, *Meliceae*, *Nardeae*, *Poeae*, *Stipeae* y *Triticeae*.

Géneros aproximados: 150.

Especies aproximadas: 3,850.

Distribución

En regiones templado cálidas y en altas elevaciones en el mundo.

4.3. Clado PACMAD (incluye subfamilias Panicoideae, Arundinoideae, Chloridoideae, Micrairoideae, Aristidoideae y Danthonioideae)

4.3.1. Panicoideae Link

Características distintivas

Plantas perennes o anuales, herbáceas a arborescentes, tallos sólidos o huecos, láminas lineares, lanceoladas a ovadas; lígula membranácea o hilera de pelos, a veces ausente. Inflorescencias en panículas, racimos o espigas, en ocasiones con brácteas o formando involucros; espiguillas bisexuales o unisexuales, solitarias, pareadas o en grupos; desarticulación por abajo, arriba y entre los flósculos, generalmente dos glumas, una lema estéril, un flósculo fértil y dorsalmente comprimidas o (1–) 2-muchos flósculos, con reducción arriba o debajo de los fértiles; dos lodículas o ausentes; tres estambres, raro uno o dos, libres; ovario con dos estilos y dos estigmas (rara vez uno o tres). Cariópside con hilo punctiforme o linear. Anatomía Kranz y no Kranz, mesófilo no radiado, a veces con una capa en palizada, con células similares a las fusoides de los bambúes, células raquimorfias raro presentes. Plantas C₃, C₄ e intermedias.

Diversidad

Tribus: *Andropogoneae*, *Arundinelleae*, *Centothecae*, *Hubbardieae*, *Isachneae* y *Paniceae*.

Géneros aproximados: 206.

Especies aproximadas: 3,236.

Distribución

Regiones tropicales, subtropicales y zonas templadas del mundo.

4.3.2. Arundinoideae Burmeister

Características distintivas

Plantas perennes, herbáceas y algunas veces pastos muy grandes, dioicas rizomatosas, estoloníferas o cespitosas; hojas caulinares dísticas, láminas lineares, anchas a angostas no teseladas articuladas (*Gynerium*); lígula membranácea o cortamente ciliada. Inflorescencia paniculada, ocasionalmente espiga o racimo, espiguillas 1 a varios flósculos bisexuales o todos unisexuales en especies dioicas (*Gynerium*), dos lodículas carnosas, anteras (1) 2-3, dos estigmas. Cariopsis punteada; embrión grande, anatomía no Kranz, plantas C₃.

Diversidad

Tribus: *Amphipogoneae*, *Arundineae*, *Spartochloae* y *Cyperochloae*.

Géneros aproximados: 14.

Especies aproximadas: 45.

Distribución

En Australia crecen *Spartochloae*, *Amphipogoneae*, *Cyperochloae* y *Arundineae* es de distribución amplia.

4.3.3. Chloridoideae Kunth ex Beilschmied

=*Eragrostoideae* Pilger

Características distintivas

Plantas perennes o anuales, herbáceas; láminas lineares o lanceoladas; vainas abiertas no auriculadas, lígula membranácea o hilera de pelos, a veces ausente. Inflorescencias en panículas, racimos o espigas; espiguillas bisexuales o unisexuales, plantas monoicas o dioicas, de 1–varios flósculos fértiles, cuando se presentan flósculos reducidos se ubican arriba de los fértiles;

desarticulación por arriba de las glumas; dos lodículas carnosas, lemas 1-3 nervadas, micropelos bicelulares tipo “cloridoide”. Fotosíntesis C₄.

Diversidad

Tribus: *Cynodonteae*, *Eragrostideae*, *Triodieae*, *Leptureae*, *Pappophoreae* y *Orcuttieae*.

Géneros aproximados: 140-170.

Especies aproximadas: 1601.

Distribución

Tropical y subtropical.

4.3.4. Micrairoideae Pilger

Características distintivas

Plantas anuales o perennes rizomatosas, cespitosas, algunas veces decumbentes; tallos sólidos a huecos; hojas dísticas en espiral, linear o lanceoladas; lígula una línea de tricomas; vainas no auriculadas. Inflorescencias panículas, racimos o espigas terminales o axilares, espiguillas bisexuales con dos glumas, flósculo dorsalmente comprimido; desarticulación por arriba de las glumas, deciduas tardíamente; dos lodículas o ausentes, cuneadas, libres y carnosas; estambres 2-3; ovario glabro. Cariopsis con el hilo linear corto o alargado, embrión pequeño. Plantas C₃ en la tribu *Micraireae* y C₄ en *Eriachneae*.

Diversidad

Tribus: *Micraireae* y *Eriachneae*.

Géneros aproximados: 3.

Especies aproximadas: 188.

Distribución

Principalmente en Australia y Asia

4.3.5. Aristidoideae Caro

Características distintivas

Plantas herbáceas perennes o anuales, cespitosas, culmos sólidos o huecos; hojas dísticas, vainas abiertas, aurículas ausentes; lígulas una línea de pelos o membranosas, a veces ausentes. Inflorescencia una panícula, algunas veces espiga o racimo; espiguillas bisexuales, 1-flósculo cilíndrico o lateralmente comprimido, con un callo bien desarrollado. 1–3 aristas por lo común, las

laterales reducidas o ausentes; desarticulándose arriba de las glumas; dos lodículas membranosas, glabras; estambres 1–3, ovario glabro, dos estilos libres. Cariopsis fusiforme que se cae junto con la lema y la palea; embrión de tamaño variable. Fotosíntesis C₃ y C₄ (NADP).

Diversidad

Tribus: *Aristideae*.

Géneros: 3.

Especies aproximadas: 350.

Distribución

Ampliamente distribuida en los trópicos.

4.3.6. Danthonoideae Barker & Linder

Características distintivas

Plantas perennes, cespitosas, rizomatosas o estoloníferas, algunas veces anuales, culmos sólidos. Hojas dísticas, vaina abierta, láminas estrechas, lígula con tricomas o membranosa. Inflorescencia una panícula, racimo o espiga; espiguilla con desarticulación arriba de las glumas y entre los flósculos; espiguillas bisexuales o unisexuales (*Cortaderia*) 1-7 (20) flósculos lateralmente comprimidos; dos lodículas, libres, carnosas, tres anteras, ovario glabro, sinérgidas haustoriales presentes, dos estilos. La cariopsis se separa de lema y palea, hilo punteado o linear, embrión grande o pequeño, anatomía no Kranz, fotosíntesis C₃.

Diversidad

Tribus: *Steyermarkochloae* y *Danthonieae*.

Géneros aproximados: 13-19.

Especies aproximadas: 281.

Distribución

Steyermarkochloae norte y centro sur de las Amazonas, en Sudamérica y *Danthonieae* en el Hemisferio Sur.

UNIDAD 5. Uso e importancia de las gramíneas para el hombre

Las gramíneas o zacates se encuentran presentes en casi todos los ecosistemas. Las comunidades en que son elementos dominantes se denominan pastizales. En México se les haya en la mayoría de los

tipos de vegetación, excepto en los manglares; desde las selvas o bosques tropicales de clima cálido húmedo, en bajas elevaciones hasta los pastizales alpinos pasando por bosques de coníferas y mixtos de climas templados y fríos; también se encuentran en áreas desérticas como matorrales de climas muy secos hasta ambientes acuáticos, presentan diversidad y frecuencia variable en cada tipo de vegetación (Herrera y Cortés, 2009).

Las especies de la familia Poaceae han sido incorporadas desde la antigüedad a satisfacer varias necesidades del hombre; así, en primera medida estas plantas han permitido el desarrollo y el florecimiento de diferentes culturas a lo largo y ancho del planeta, ya que éstas han representado la principal fuente de alimentos: Asia tropical con el arroz (*Oryza sativa*), Asia y Europa con la cebada (*Hordeum vulgare*) y el trigo (*Triticum aestivum*), norte de Europa y Rusia con el centeno (*Secale cereale*), Europa con la avena (*Avena sativa*), norte de África y el este del Mediterráneo con el trigo y la cebada y América tropical con el maíz (*Zea mays*) (Brücher, 1955; Mesa, 1957; Chase & Luces de Febres, 1972; Gould & Shaw, 1992).

En la actualidad, las gramíneas son las especies más cultivadas en el mundo, entre ellas el trigo, arroz y maíz. Se cree que fueron las primeras plantas sembradas por el hombre hace más de 7,000 años. El 50% de las calorías consumidas por la humanidad provienen de las gramíneas utilizadas en la alimentación, o bien, como forrajes para los animales domésticos (FAO, 2008).

5.1. Uso ganadero

Las gramíneas son importantes como forraje ya que el pastoreo no limita su crecimiento foliar, es decir, poseen zonas meristemáticas que permiten que el ganado y fauna silvestre se alimenten de la planta sin que ésta muera. Las principales especies de excelente valor forrajero han sido introducidas de África y Europa. Hay una gran variedad de pastos con excelente valor forrajero adaptados tanto a climas templados como tropicales. Las especies de África introducidas a climas tropicales mientras que las europeas a templados. Algunos son; *Agropyron* spp. “triguillos”, *Bromus inermis* “bromo sueve”, *Dactylis glomerata* “zacate ovillo”, *Festuca arundinacea* “festuca alta”, *Lolium multiflorum* “ballico italiano”, *Lolium perenne* “ballico inglés o perenne”, *Poa pratensis* “zacate azul”, *Phalaris arundinacea* “alpisto”. Por otro lado, algunos ejemplos para praderas de climas tropicales son: *Panicum maximum* “zacate guinea”, *Paspalum notatum* “zacate bahía”, *Pennisetum purpureum* “zacate elefante”, *Cynodon plectostachyus* “estrella africana”, *Digitaria decumbens* “pangola”, *Andropogon gayanus* “llanero”, *Brachiaria brizantha* “insurgente”.

En México, las especies forrajeras más importantes en comunidades naturales incluyen *Bouteloua gracilis* “navajita azul”, *Bouteloua curtipendula* “banderilla” y *Buchloë dactyloides* “zacate búfalo” en pastizal mediano, *Andropogon gerardii* “tallo azul gigante”, *Leptochloa dubia* “zacate gigante” y *Schizachyrium scoparium* “tallo azul pequeño” en pastizal alto de Norteamérica.

El forraje puede ser de libre pastoreo o de corte (ensilaje y henificación), algunas especies útiles en el proceso de ensilaje son: *Pennisetum purpureum*, *Chloris gayana* “pasto rhodes” y *Panicum maximum*, por otro lado, algunas especies útiles en el proceso de henificación: *Avena sativa*, *Lolium multiflorum* y *Lolium perenne*.

5.2. Uso industrial

Existen especies de las cuales se extraen esencias utilizadas en la preparación de perfumes por ejemplo del *Cymbopogon citratus* y *C. nardus* (zacate limón) se extrae Citronela, esencia útil no sólo para perfumes, dado que también se elabora repelente de insectos. De *Crysopogon zizanioides*, se extrae vetiver que es el ingrediente más común en las fragancias para hombres por ejemplo: Eau Sauvage de Dior, Vetiver de Guerlain y de L'Occitane. Además de la raíz se extrae un aceite esencial con el cual se elaboran insecticidas para combate de plagas en cultivos.

En la industria aceitera de los granos de maíz (*Zea mays*) no sólo se extrae aceite, también jarabe de fructuosa y recientemente fabricación de biodiesel. Otra especie importante en la industria es *Saccharum officinarum* ya que se extrae azúcar y alcohol de caña. *Hordeum vulgare* “cebada” es utilizada para elaborar “malta” producto indispensable para la fabricación de cerveza, whisky, ginebra, gin y otras bebidas alcohólicas.

5.3. Uso alimenticio

El fruto de las gramíneas es rico principalmente en carbohidratos y en menor proporción con aceites y proteínas. Los cereales son fuente importante de energía y es por eso que son la base de nuestra dieta diaria. El trigo, sorgo, arroz, cebada, avena, centeno y maíz son algunos ejemplos de plantas alimenticias utilizadas de manera directa como grano o en productos elaborados como harinas, pastas, panes, etc. En nuestro país el maíz es fundamental en la elaboración de platillos típicos.

También de forma indirecta como alimento para el humano ya que son forrajeras para el ganado.

5.4. Uso agrícola

Las gramíneas se pueden cultivar para obtención de grano: trigo, cebada, avena, centeno, triticale (cruza genética entre trigo y centeno), arroz, maíz y sorgo, para cultivos industriales: caña de azúcar y también como cultivos forrajeros: maíz, sorgo, avena, entre otros.

De acuerdo a las estadísticas de Avance Agrícola (SIAP, 2012), en México, los principales cultivos de grano con mayor superficie sembrada son; maíz, sorgo, trigo y cebada. Los más cultivados como forraje son: avena, sorgo y maíz, y como cultivo industrial la caña de azúcar.

En el estado de Jalisco, de acuerdo con las estadísticas de SIAP (2012) los principales cultivos con mayor superficie sembrada son maíz de grano, maíz forrajero en verde, sorgo en grano, sorgo forrajero, trigo en grano, caña de azúcar y avena forrajera.

En las estadísticas presentadas por FAOSTAT (2011) en cuanto a la producción de maíz verde, México ocupó el tercer lugar después de EEUU y Nigeria, y en lo referente a la producción de maíz de grano el séptimo lugar y de caña de azúcar el sexto.

5.5. Uso artesanal

Son bastantes las especies de gramíneas de uso artesanal, entre ellas: de los géneros *Aulonemia* o *Rhipidocladum* se elabora el instrumento de viento musical llamado quena de uso popular en Perú. En México de igual manera se elaboran instrumentos musicales con los culmos de *Lasiacis divaricata* “carricillo”.

En España de *Lygeum spartum* “esparto” se usan las fibras en la elaboración del calzado tradicional llamado esparteñas; otra especie similar por sus fibras es *Stipa tenacissima* “esparto” o “atocha”, altamente utilizadas para elaborar balanzas, soplados, bolsas y canastos. En nuestro país los ejemplos más utilizados en elaboración de artesanías son: *Otatea acuminata* “otate” de cuyos culmos y ramas se elaboran canastas, sombreros y cestos, así como los típicos bastones o burritas; del fruto de *Coix lacryma-jobi* “lágrima de San Pedro” en el estado de Veracruz se elaboran, collares, pulseras y rosarios; de las ramas y culmos de *Panicum milliaceum* “mijo” y *Aristida appressa* se elaboran escobas; de las especies *Andropogon bicornis* y *A. glomeratus* se confeccionan figuras artesanales; de *Arundo donax* se hacen bastones y cañas de pesca; de las raíces de *Muhlenbergia macroura* se hacen escobas y cepillos (Mejía-Saulés y Dávila, 1992).

5.6. Uso en construcción de viviendas

El utilizar bambúes para la construcción de viviendas es una costumbre que permanece en varias comunidades de México, ya que estas especies presentan varias ventajas como fácil de cortar, de transportar, material liviano, abundancia de las plantas, entre otras, aunque también existen desventajas como la pudrición y el ataque de insectos, Algunas especies utilizadas para estos fines son *Guadua aculeata* “tarro amarillo” utilizada en la construcción de paredes y travesaños de las casas en el estado de Veracruz y Puebla; *Guadua amplexifolia* “guafa” en Tabasco y Campeche, en Jalisco y Colima se utiliza un sistema llamado “bahareque” donde se mezcla el barro y la especie *Oatea acuminata* “otate”(Cedeño e Irigoyen, 2011).

5.7. Otros usos

Medicinal

Mejía-Saulés y Dávila (1992) señalan el uso medicinal de esta familia, y algunos ejemplos son: *Agropyron repens* “triguillo” con propiedades diuréticas y para combatir afecciones bronquiales, *Arundinella berteroniana* “cañuela” ayuda a aliviar dolores de cabeza, *Avena sativa* combate catarros, dolor de costado, gastroenteritis, hemorragia pulmonar, hidropesía e inflamación de tubo digestivo, *Bambusa aculeata* “caña brava” posee propiedades anticonceptivas, *Cathestecum brevifolium* “grama china” contra dolores menstruales, *Cenchrus echinatus* “cadillo” combate dolores gastrointestinales y abscesos dentales, *Coix lacryma-jobi* “lágrima de San Pedro” propiedades antidiabéticas y antidiuréticas, *Lasiacis ruscifolia* “carrizo” combate dolores gastrointestinales, de costillas y problemas urinarios, *Cymbopogon citratus* “té de limón” y los pistilos *Zea mays* “maíz” con fines diuréticos.

Ornamentales

Por su crecimiento cespitoso es decir, que forman alfombras numerosas especies como *Poa anua*, *Lolium minutiflora*, *Paratheria prostrata* “pasto San Agustín”, *Paspalum notatum* y *Pennisetum clandestinum* “kikuyo” se utilizan en campos deportivos, parques y jardines, *Agrostis palustris* en particular se utiliza para cubrir campos de golf.

Otras especies con inflorescencias llamativas y lustrosas son implementadas como ornamentales, ya sea en las plazas comerciales, parques y jardines, entre ellas: *Alopecurus pratensis* “cola de zorra”, *Cortaderia selloana* “zacate de las pampas”, *Festuca glauca* “festuca azul”, *Imperata cylindrica* “Cisca”, *Miscanthus sinensis* “eulalia”, *Pennisetum setaceum* “cola de zorra” y *Leymus condensatus* “centeno silvestre gigante” entre otras.

Conservación de suelo

Debido a su sistema radicular fibroso permiten un máximo de aprovechamiento de agua, nutrientes y la retención del suelo. El pastizal se convierte en una alfombra rompevientos, que evita el arrastre de las partículas más pequeñas y por ello son utilizadas para el control de la erosión y como fijadoras de dunas. Por ejemplo *Crysopogon zizanioides* “sistema vetiver” por la profundidad de sus raíces de hasta 4.2 m, además de su importancia en la conservación de suelo, mejora la calidad del agua. Otras especies empleadas para este fin son: *Sporobolus arundinaceus*, *Panicum urvilleanum* “tupe”, *Spartina ciliata*, *Poa lanuginosa* “pasto hebra”, *Ammophila arenaria* “barrón” y *Elymus arenarius* “hierba azul de la playa”.

Ecología

En las áreas que han sido abiertas o desmontadas, la erosión es el primer factor que actúa a favor de la pérdida de suelo y en el empobrecimiento del mismo. Las gramíneas son las primeras en desarrollarse para proteger esos suelos, por lo tanto, también son especies indicadoras. Por otro lado, los pastos reaccionan al fuego ya que se estimulan yemas foliares. Hay una práctica común por los ganaderos, en la que por medio de incendios controlados producen “pelillo” como fuente de alimento al ganado en época de estiaje.

Tratamiento de aguas residuales

Entre las alternativas para tratamiento de agua y remoción de materia orgánica, existe la usada en ingenios azucareros de Tabasco, México, que consiste en utilizar el sistema de raíces emergentes de la especie *Phragmites australis* implementando un reactor biológico, empaquetado con arena y grava de diferente granulometría que sirva de soporte y a la vez como medios filtrantes (García, 2011).

Malezas

Las gramíneas tienen una amplia capacidad de adaptación y rápido crecimiento vegetativo estacional, su dispersión como fruto seco contribuye a su eficiencia, es por eso que algunas especies se comportan como malezas, lo que puede ocasionar grandes pérdidas por competencia en las especies cultivadas, como por ejemplo: *Sorghum halepense* “zacate Johnson”, *Cynodon dactylon* “zacate estrella”, *Echinochloa crus-galli* “pasto dentado” y *Digitaria sanguinalis* “garrachuela”, entre otras.

UNIDAD 6. Colecta y herborización de gramíneas

La herborización es el proceso por el cual se conservan las plantas con el objeto de determinarlas (identificarlas de forma científica), como parte de una colecta personal o bien, de un herbario. Un herbario es una colección de ejemplares botánicos herborizados, organizados bajo un sistema de clasificación determinado y almacenados bajo condiciones ambientales controladas para su conservación. Las formas más comunes de organizarlo consisten en un orden filogenético o alfabético (Bridson & Forman, 1992). Uno de los papeles fundamentales del herbario es servir de medio para el desarrollo de las actividades taxonómicas, que buscan clasificar e identificar la diversidad de plantas para conocer el potencial o riqueza florística de una región. Las etapas por las cuales debe de pasar una muestra vegetal para su incorporación al herbario son:

Colecta
Prensado } Herborización
Secado }
Determinación taxonómica
Etiquetado
Montaje, rotulado, registro, congelado e incorporación al herbario.

6.1. Colecta

La colecta se lleva a cabo en algún lugar de interés, puede ser un bosque, selva, pastizal, matorral etc., y el tipo de especies botánicas a coleccionar (árboles, arbustos o hierbas) dependerán de las necesidades de cada investigación.

En el caso de las gramíneas, éstas se encuentran en cualquier tipo de vegetación y su colecta es recomendable en la temporada lluviosa, puesto que es en esta época cuando las especies anuales florecen y fructifican. Por la similitud de sus estructuras vegetativas (culmos, vainas, láminas) de las especies de la familia Poaceae, es necesario coleccionar ejemplares con estructuras vegetativas y reproductivas (espigas, espiguillas, flósculos) para una correcta determinación, además se debe asegurar coleccionar ambas estructuras sexuales de la especie, ya sea monoica o dioica. Se requiere coleccionar la planta completa, ya que las partes subterráneas, ayudarán a determinar si son anuales, bianuales o perennes y a conocer la forma de propagación (raíces simples, bulbos, estolones o rizomas).

De cada planta se colectan tres o cuatro muestras como duplicados, se anota un número consecutivo (número de colecta) tanto en el papel periódico (donde después continuarán al proceso de prensado) como en la libreta de campo, donde además se pueden incluir datos precisos de la ubicación de la planta, que serán de suma importancia para el proceso de etiquetado.

La información de la libreta de campo deberá incluir datos de la localidad e información del ejemplar.

1. En la información de la localidad, se incluyen datos de país, estado, municipio y poblado o localidad precisa, fecha de colecta, descripción del hábitat, elevación, latitud y longitud.
2. Por otro lado, la información del ejemplar corresponderá al número de colecta y a sus tres o cuatro duplicados, los datos que debe contener son:
 - a) Información taxonómica del ejemplar: normalmente contiene la taxonomía, producto de la identificación directa y rápida en campo que hace el mismo colector, en la mayoría de los casos a nivel de género.
 - b) Número de recolecta: número progresivo propio del colector.
 - c) Determinador: es útil reservar en la libreta de notas una línea para esta información, aunque para el momento de la colecta no se tenga la certeza. Aquí se anotará una vez identificada la especie, el nombre de la persona, día, mes y año de la determinación.
 - d) Descripción de la planta, aquellas características que no serán evidentes después de que la muestra esté seca, por ejemplo: hábito; el pasto puede estar erecto, amacollado, postrado o estolonífero; tamaño; dimensiones de la planta; colores; de espiguillas o estructuras que llamen la atención por ejemplo es común que algunas láminas de pastos presenten coloración azul-verdoso (glauco), que tal vez al secarse la planta no será evidente; olores o aromas; algunos pastos desprenden aromas muy característicos como el “té de limón” (*Cymbopogon citratus*).

Algunos datos adicionales que también pueden ser de suma importancia son: abundancia de la especie, usos de la planta y nombre común en la localidad.

6.2. Prensado

El prensado se lleva a cabo con las muestras vegetales dentro del periódico, (el cual deberá ser de las dimensiones de la cartulina de montaje de 30 x 40 cm. Si las plantas son muy pequeñas se

colocarán las necesarias para llenar el espacio del periódico, en cambio si son grandes deben doblarse tantas veces como se necesite en forma V, N, M o zig-zag (Fig. 4a y 4b). Si el tamaño es excesivo por ejemplo bambúes, éstos se cortan en fragmentos (Fig. 4c) para acomodarlo, aún doblado en el periódico. De los bambúes se colecta tallo suficiente para mostrar los patrones de ramificación, y partes jóvenes para tener detalles de hojas y vainas (Chater, 1997), para este caso, en las notas de campo se deberán incluir detalles de la forma, altura de la planta, tipos de ramificación y forma de la inflorescencia (si está presente).

Una vez que se tienen las muestras en el periódico, se ordenan dentro de la prensa de campo, una hoja de periódico con muestra seguida de una hoja de periódico vacía, y así sucesivamente, la hoja de periódico vacía puede ser sustituida por un trozo de las mismas dimensiones de cartón, el objetivo es absorber la mayor humedad posible. Ya que se encuentran todas las muestras en el acomodo requerido, se les colocan cartones entre dos rejillas de madera resistente (prensa) y se amarra fuertemente con un cordón.

6.3. Secado

El secado del material debe comenzar inmediatamente luego de llegado del campo, pues si se demora se inicia el proceso de putrefacción. Debe quitarse toda la tierra adherida a las raíces. Durante el primer período de secado, las hojas de periódico con el ejemplar se cambiarán diariamente, Estas se dejarán de cambiar hasta que las plantas hayan adquirido la rigidez típica de la planta seca (el material se mantiene firme al tomarlo entre los dedos). Es importante tener cuidado cuando se cambian las hojas de periódico con el ejemplar, puesto que ya sea que contiene un número o datos de la muestra, es preciso cuidar que la hoja de periódico que va a reemplazar la muestra contenga los datos correspondientes al espécimen.

Una forma de acelerar el secado es exponer la prensa con las muestras al sol o a cualquier fuente artificial de calor suave.

6.4. Determinación y etiquetado

El ejemplar puede ser determinado en cualquiera de las etapas anteriores, puesto que dependerá del conocimiento taxonómico del colector, es importante su determinación botánica ya que por su nombre científico es como se le conoce de manera válida a la especie en el mundo.

Para la determinación de las especies de Poaceae se recurre a claves dicotómicas y una de las más completas son las elaboradas por COTECOCA en el tratado de “Las Gramíneas de México I, II, III, IV y V”, con la ayuda de herramientas como estereoscopio, pinzas de relojero y agujas de disección.

Una vez determinada la planta se hace necesario elaborar una etiqueta de herbario, en ésta se señalan de forma clara y precisa:

- a) Familia botánica
- b) Nombre científico
- c) Nombre común (si se consultó del área de colecta)
- d) Fecha de colecta
- e) Localidad
- f) Elevación
- g) Coordenadas
- h) Observaciones como hábito, abundancia, fenología, tipo de vegetación, usos, forma de uso, etc.
- i) Nombre de quién colectó y número de colecta.
- j) Nombre de quién identificó (se abrevia Det.)

La etiqueta se coloca y pega en la parte inferior derecha de la cartulina.

6.5. Montaje e incorporación al herbario

Cuando la muestra ya está herborizada y etiquetada, se fija mediante hilo o bien tiras de papel adhesivo, sobre una cartulina o papel grueso de color blanco y de tamaño estándar internacional (30 x 40 cm). En primer lugar se pega la etiqueta en el ángulo inferior derecho del pliego. Luego se dispone la muestra en una posición lo más natural posible y se sujetan por aquellas partes que no importe si quedan cubiertas, pero nunca por la base de la lámina o cubriendo las espiguillas. Se recomienda en medio de los entrenudos como una buena opción.

Cuando las plantas son muy pequeñas se montan todas. Las partes que se hayan desprendido o se puedan desprender, como flores sueltas, hojas o semillas, se meten en un sobre de papel que se pegará preferentemente cerca del ángulo inferior izquierdo del pliego. El ejemplar así montado se guarda en un pliego doble de papel fino (denominado camisa), en cuyo borde inferior derecho se anotará a lápiz la especie y en la parte inferior izquierda la familia. Otra posibilidad es pegar sobre el borde de la cartulina una hoja de papel fino y translúcido.



Figura 4 a, b y c. Plantas montadas a) planta pequeña en toda la cartulina *Pentarrhaphis polymorpha*, b) planta doblada en “zig-zag” *Sporobolus indicus* c) planta segmentada *Chusquea liebmannii*.

Después del montaje y etiquetado de la muestra a ésta se le llama ejemplar o espécimen de herbario. El cual se cubre o envuelve con papel de china, para evitar que se deteriore por el manejo posterior en la colección, se continúa con rotulado y registro de cada ejemplar, para una mejor organización de las colecciones en el herbario.

Uno de los métodos para conservar los ejemplares de herbario libres de plagas o causantes de enfermedades congelarlos durante cinco días a $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$. Una vez en la colección, el ejemplar se conservará gracias a las fumigaciones periódicas. El principal herbario en México es conocido como Herbario Nacional con las siglas MEXU y en éste se tiene representada la mayor colección de Poaceae de México al igual que el herbario COCA de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero. Otros herbarios con colecciones representativas de Poaceae en el país son: ENCB del Instituto Politécnico Nacional, el CHAPA de la escuela de agronomía de la Universidad Autónoma Chapingo y el IBUG de la Universidad de Guadalajara.

LITERATURA CITADA

- Arévalo, C. 2000. Biología de Reptiles Material didáctico, Diaporamas. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de Guadalajara. México. 34 pp.
- Beetle, A., R. Guzmán, V. Jaramillo, M. P. Guerrero, E. Manrique, A. Chimal, C. Shariff y I. Núñez. 1983. Las Gramíneas de México I. SARH-COTECOCA. México. 260 pp.
- Beetle, A., E. Manrique, V. Jaramillo, M. P. Guerrero, A. Miranda, I. Núñez y A. Chimal. 1987. Las Gramíneas de México II. SARH-COTECOCA. México. 344 pp.
- Beetle, A., E. Manrique, J. A. Miranda, V. Jaramillo, A. Chimal y A. M. Rodríguez. 1991. Las Gramíneas de México III. SARH-COTECOCA. México. 332 pp.
- Beetle, A., J. A. Miranda, V. Jaramillo, A. M. Rodríguez, L. Aragón, M. A. Vergara, A. Chimal y O. Domínguez. 1995. Las Gramíneas de México IV. SAGAR-COTECOCA. México. 372 pp.
- Beetle, A., A. Bolaños, J. A. Miranda, L. Aragón, M. A. Vergara, A. Chimal, M. M. Castillo, O. M. Galván, J. L. Villalpando, M. Lizama, J. Valdés, E. Manrique de S. y A. M. Rodríguez. 1999. Las Gramíneas de México V. SAGAR-COTECOCA. México. 482 pp.
- Bou, G. 1997. El Guión Multimedia. Ed. Anaya. España. 225 pp.
- Bridson, D. & L. Forman (eds.). 1992. The Herbarium Handbook. The Board of Trustees of The Royal Botanic Gardens. Kew, UK. 93 pp.
- Britannica academic 2006. Encyclopedia Britannica Online Academic Edition agrostology. <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/9859/agrostology>. Consultada 21-06-2013.
- Brown, W. V. 1958. Leaf anatomy in grass systematics. Botanical Gazette 119:170-178.
- Brücher, E. H. 1955. Origen y filogenia de los cereales. Monografías sobre temas biológicos. Ed. Acme, Argentina. 137 pp.
- Calderón G. y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2a. ed., 1a. reimp. 1406 pp.

- Campbell, C. 1985. The subfamilies and tribes of Gramineae (Poaceae) in the Southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum* 66:123-199.
- Castañeda, M. 1993. Análisis del Aprendizaje de Conceptos y Procedimiento. Cursos Básicos para Formación de Profesores. Ed. Trillas. México. 247 pp.
- Cayssials, V. 2010. Relación entre atributos de las gramíneas nativas de pastizales uruguayos y el ambiente: efectos del hábitat y del pastoreo. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad de la República. Uruguay. 70 pp.
- Cedeño, A. y J. Irigoyen. 2011. El Bambú en México. *Arquitectura y Urbanismo* 6:223-243.
- Cerling, T. E., Y. Wang & J. Quade. 1993. Expansion of C₄ ecosystems as an indicator of global ecological change in the late Miocene. *Nature* 361:344-345.
- Chase, A. & Z. Luces de Febres. 1972. Primer Libro de las Gramíneas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Perú. 109 pp.
- Chater, A. O. 1997. Atlas 2000: some notes on pressing specimens. Supplement to *Botanical Society of the British Isles News* 75.
- Clayton, W. D y S. Renvoize. 1986. Genera graminum Grasses of the world. *Kew Bulletin Additional series* 13:1-389.
- CONABIO. 1998. La Diversidad Biológica de México: Estudio de país 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 341 pp.
- Dávila, P., T. Mejía-Saulés, M. Gómez-Sánchez, J. Valdés-Reyna, J. Ortiz, C. Morín, J. Castrejo y A. Ocampo. 2006. Catálogo de las Gramíneas de México. UNAM y CONABIO. México. 671 pp.
- Dávila, P. y E. Manrique. 1990. Glosario de Términos Agrostológicos. Cuaderno 5. Instituto de Biología UNAM. México. 41 pp.
- Dávila, P. y J. Sánchez-Ken. 1996. La importancia de las gramíneas como forraje en México. *Ciencias* 44:32-34.
- Escobar, G. 2010. Nuevos espacios de conservación en los Andes (reporte final de los resultados de Agrostología). National Geographic Conservation Trust, University of California, Santa Cruz, Centro de Desarrollo Huayhuash. Perú. 71 pp.

- García, M. 2011. Implementación de un reactor con *Phragmites australis* (carrizos) tratamiento de aguas residuales de la industria azucarera. Ed. Académica española, México. 128 pp.
- Gould, F. W. & R. B. Shaw. 1983. Grass Systematics, College Station, Texas: Texas A & M. University Press, United States. 2a. ed. 397 pp.
- Gould, F. W. & R. B. Shaw. 1992. Gramíneas. Clasificación Sistemática. Ed AGT. México. 381 pp.
- GPWG. 2001. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden 88:373-457.
- GPWG II. 2011. New grass phylogeny resolves deep evolutionary relationships and discovers C₄ origins. New Phytologist 193:304-312.
- Heywood, V. 1985. Las Plantas con Flores. Ed. Reverté S. A. España. 332 pp.
- Herrera, Y. y A. Cortés. 2009. Diversidad de las gramíneas de Durango, México. Polibotánica 28:49-68.
- Hilu, K. 1985. Biological basis for adaptation in grasses: an introduction. Annals of the Missouri Botanical Garden 72: 823.
- Huss, D. L. y E. L. Aguirre. 1974. Fundamentos de manejo de pastizales. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México. 227 pp.
- Jacobs, B. F., J. D. Kingston & L. L. Jacobs. 1999. The origin of grass-dominated ecosystems. Annals of the Missouri Botanical Garden 86:590-643.
- Jacobs, S. W. y J. Everett. 2000. Grasses: Systematic and Evolution. Collingwood. VIC, Australia: CSIRO. 392 pp.
- Judd, W. S., C. S. Campbell, E. A. Kellogg, P. F Stevens y M. J. Donoghue. 2008. Plant Systematics: A Phylogenetic Approach. Sinauer. Associates. 756 pp.
- Kellogg, E. 2000. The grasses: A case study in macroevolution. Annual Review of Ecology and Systematic 31:217-238.
- Kellogg, E. 2001. Evolutionary history of the grasses. Plant Physiology 125:1198-1205.

- Kent, N. L. 1983. Technology of cereals: An Introduction for Students of Food Science and Agriculture. Pergamon Press Ltd, USA. 334 pp.
- Linder, H. P. & P. J. Rudall. 2005. Evolutionary history of Poales. Annual Review of Ecology and Systematic 36:107–24.
- Norguez, A. 1991. Manual para la elaboración de audiovisuales de imagen fija. Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa. México. 87 pp.
- Marchant, A. D. & B. G. Briggs. 2007. Ecdeiocoleaceae and Joinvilleaceae, sisters to Poaceae (Poales): Evidence from *rbcL* and *matK* data. Telopea 11:437-450.
- Mejía-Saulés, M. T. y P. Dávila A. 1992. Gramíneas Útiles de México. Cuaderno 16. Instituto de Biología UNAM. México. 298 pp.
- Mesa, B. D. 1957. Historia natural del maíz. Academia Colombiana de Ciencias 10(39):13-106.
- Mckelvey, R. 1999. Gráficos para el hiperespacio. Ed. McGrawHill. México. 160 pp.
- Osborne, C. P. 2008. Atmosphere, ecology and evolution: what drove the Miocene expansion of C₄ grasslands?. Journal of Ecology 96:35-45.
- Peterson, P., R. J. Soreng, G. Davidse, T. S. Filgueiras, F. O. Zuloaga & E. J. Judziewicz. 2001. Catalogue of New World Grasses (Poaceae): II. Subfamily. Smithsonian Institution, Contributions from the United States National Herbarium 41:1-255.
- Pohl, R. 1986. Man and the grasses: a history. In: Soderstrom, T. 1986. Grass Systematics and Evolution. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 473 pp.
- Parodi, L. R. 1987. Gramíneas. En: Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo I. Descripción de plantas cultivadas. ACME S.A.C.I. Argentina. 651 pp.
- Rodríguez, B. y M. Porras. 1996. Botánica Sistemática compilación. Universidad Autónoma Chapingo, México. 328 pp.
- Sage, R. F. 2004. The evolution of C₄ photosynthesis. New Phytologist 161:341-370.

- Sánchez-Ken, J., R. Cerros y T. Mejía-Saulés. 2010. Taxonomía y sistemática de las Poaceae (Agrostología) En: XVIII Congreso Mexicano de Botánica. Universidad de Guadalajara México.
- Sánchez-González, A. y M. González. Técnicas de recolecta de plantas y herborización. En Contreras-Ramos, A., C. Cuevas Cardona, I. Goyenechea y U. Iturbe (Eds.). 2007. La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. (pp.132-134).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Resumen nacional avance de siembra y cosechas reportes. <http://siap.gob.mx>. Consultada 23-04-2013.
- Sierra, J. 2005. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. Universidad de Antioquía. Colombia. 244 pp.
- Soderstrom, T. & C. Calderón. 1974. Primitive forest grasses and evolution of the Bambusoideae. *Biotropica* 6:141-153.
- Soderstrom, T. & C. Calderón. 1979. A commentary on the bamboos (Poaceae: Bambusoideae). *Biotropica* 11:161-172.
- Soderstrom, T. 1986. Grass Systematics and Evolution. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 473 pp.
- Stevens, P. 2009. Angiosperm Phylogeny Website, versión 12. <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb/welcome.html>. Consultada 01-01-2013.
- Strömberg, C. 2005. Decoupled taxonomic radiation and ecological expansion of open-habitat grasses in the Cenozoic of North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102 (34):11980-11984.
- Tzvelev, N. 1989. The system of grasses (Poaceae) and their evolution. *Botanical Review* 55:141-203.
- Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de las plantas vasculares de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:105-135.

Watson, L. y M. J. Dallwitz. 1999. Grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval, including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogens, world and local distribution, and references. <http://delta-intkey.com>. Consultada 12-05-2013.