

Determinacion del dimorfismo sexual en una poblacion de *Ceratozamia mexicana* Brongn. (Zamiaceae) con base en características vegetativas.

MARIA YDELIA SANCHEZ-TINOCO, MARIO VAZQUEZ-TORRES Y JORGE ALBERTO ALEJANDRE-ROSAS.

Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana. Av. 2 Vistas S/N Km 2.5 Carret. Xalapa-Veracruz. Apartado Postal 294. Xalapa, Veracruz, México. 91000.

Riassunto

Le Cycadales viventi sono tutte dioiche ed il sesso si distingue con facilità per la presenza di strobili; tuttavia, in natura la maggioranza degli individui adulti non possiede questo carattere permanentemente; ciò rende difficile l'identificazione dei sessi. Si è cercato di stabilire se alcune caratteristiche morfologiche variabili potessero essere correlate al sesso, fornendo così la base per un dimorfismo sessuale in *Ceratozamia mexicana* Brongn.

Sono stati utilizzati e confrontati caratteri variabili quali altezza e diametro del fusto, numero delle fronde della corona, lunghezza e larghezza della fronda, lunghezza del picciolo, lunghezza del rachide, coppie di foliole nella fronda, lunghezza e larghezza delle foliole, biforcazioni delle nervature nella foliola, nervature nella parte mediana della foliola, distanza tra la base e l'ultima biforcazione nella foliola, distanza tra la base e la parte più larga della foliola, dimensioni ed abbondanza di spine nel picciolo.

Mediante il confronto delle medie e delle deviazioni standard, l'analisi del « t » di Student, l'analisi multivariata attraverso il calcolo del « T » quadro di Hotelling, del « D » quadro di Mahalanobis, del valore « F » di Fisher e l'ottenimento della matrice di correlazione, sono state scelte le combinazioni di variabili che avessero maggior potere discriminante ai fini di questo studio. Le variabili più significative per differenziare individui di sesso maschile da quelli femminili sono state la grandezza e la quantità delle spine presenti nel picciolo delle fronde mature degli individui adulti. La differenza tra le medie si è rivelata altamente significativa, con una probabilità inferiore a 0,0001.

INTRODUCCION

Las cícadas y otras especies emparentadas forman un grupo de vegetales fósiles, la mayoría de ellos provistos de un sistema dioico de reproducción (CHAMBERLAIN, 1935), que como se ha pensado su proporción relativa de taxa con esta condición tiende a ser baja (YAMPLOSKY & YAMPLOSKY, 1922; LEWIS, 1942), este sistema de reproducción es considerado todavía muy arcaico, como el del *Ginkgo* (ARNOTT, 1959), pero nos permite comprender la etapa más decisiva de la historia de las plantas: aquélla en que los vegetales lograron la fecundación, no por la fusión de las células sexuales sobre el suelo húmedo, con todos los riesgos que ello conlleva para la célula femenina expuesta sin protección a todos los peligros, sino generando un órgano especializado, situado en la planta madre y lleno de alimentos de reserva, donde la célula femenina y el futuro embrión serían a la vez protegidos y alimentados. Lo mismo que consiguieron los animales superiores poco más o menos por la misma época, cuando los reptiles desarrollaron el huevo.

Ceratozamia mexicana Brongn. es una cícada que se distribuye en México (San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas), Guatemala y Belice (MORETTI *et al.*, 1980). Morfológicamente presenta variaciones intrapoblacionales en algunas de sus estructuras principalmente a nivel foliolar y peciolar; variaciones que han permitido la segregación de las diferentes especies y variedades dentro del género *Ceratozamia* (STEVENSON *et al.*, 1986; VOVIDES *et al.*, 1983), cuyo énfasis en las características vegetativas se deben al dioicismo del género y, a que las estructuras reproductoras son infrecuentemente encontradas en el campo o en los especímenes de herbario. El sexo está determinado por la estructura reproductora denominada estróbilo; a menudo se usa el término microstróbilo para las estructuras masculinas y mega o macrostróbilo para las femeninas (Figs. 1-A y B). Los individuos masculinos llevan en la parte central y apical del tallo un microstróbilo pecundulado, que se produce anualmente durante los meses de julio y agosto, que produce una gran cantidad de polen, en tanto que los femeninos

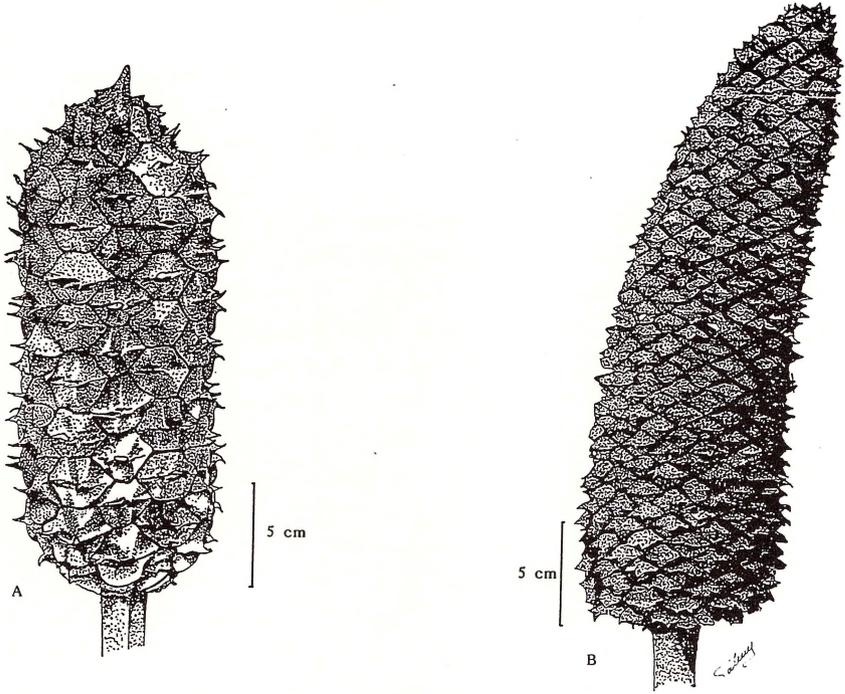


Fig. 1 - *Ceratozamia mexicana* Brongn. A, megastrobilo; B, microstrobilo.

presentan un megastrobilo implantado en el centro de la corona de hojas extendidas; al madurar es frecuente que se alarguen y se tornen extremadamente pesados, tendiendo a inclinarse lateralmente, dando la impresión de ser axilares. Su emergencia también es anual durante los meses de agosto-septiembre (SÁNCHEZ-TINOCO, 1988).

Curiosamente la presencia de éstas estructuras constituye el único caracter utilizable *in situ* para determinar el sexo en éstas plantas, lo que de manera análoga ocurre en los correspondientes árboles con estambres o con óvulos, siendo difícil distinguir los sexos sin la ocurrencia de órganos sexuales. Y esta dificultad trae como consecuencia, específicamente para el caso de las

cícadas, entidades evolutivas aún incomprendidas (VÁZQUEZ-TORRES, 1987), un retraso en la comprensión de la estructura y su dinámica en la ecología de poblaciones vegetales y de su biología en general bajo la condición de ausencia de órganos reproductores.

Esta dificultad ha sido abordada por algunos investigadores a fin de distinguir sexos en varias especies de cícadas utilizando métodos citológicos (ALOR, 1987; NORSTOG, 1980, 1981); pero que aún y considerando las perspectivas que se abren a nuevas investigaciones, no dejan de constituir prácticas complicadas para una buena manipulación práctica en el campo.

Ahora bien, reconociendo la extraordinaria variación en la forma, tamaño y hábitos existentes entre los individuos de una misma población, como un factor perceptible tanto en la experiencia científica como en cualquier observación superficial, se ha podido distinguir, incluso fuera de la época de producción de órganos sexuales a las plantas femeninas y masculinas en especies dioicas tales como el *Ginkgo* (LI, 1956) referida como la única en que se reconocen a los machos y a las hembras por su aspecto y por su porte, sin que sea necesario observar directamente sus órganos sexuales, este fenómeno es muy raro en el reino vegetal, ya que la separación de los sexos es mucho menos clara que en los animales superiores.

Aún y con esto, los esfuerzos de separación sexual en poblaciones de cícadas han sido considerados por NEWELL (1985), para *Zamia pumila* L., donde establece que el número de folíolos por fronda es la única variable que difiere entre los individuos masculinos y femeninos considerando el microambiente en el que se desarrolla cada planta. En otros trabajos realizados en *Zamia latifoliata* Prenl., BRITTON & WILSON (1926), y *Zamia debilis* L.f., LIOGER & MARTORELL (1982) ya se habían detectado variaciones morfológicas entre los individuos de una misma población, tales como las registradas por READ (1967) y ECKENWALDER (1980) en la morfología de los folíolos y raquis; que le sirvieron para describir superficialmente la historia de la creación de un gran número de especies *Zamia*.

Considerando las variaciones morfológicas que exhiben los individuos de *Ceratozamia mexicana* de la población en estudio y

la presencia del dioicismo, el objetivo de este estudio es distinguir el sexo de los individuos en términos prácticos, basados en caracteres morfológicos vegetativos.

LA FAMILIA ZAMIACEAE

Las Cycadophyta son consideradas actualmente una División separada de otros grupos que tradicionalmente están incluidos en las gimnospermas; su sistemática se basa en el criterio evolutivo establecido por JOHNSON (1959), en el cual el sistema de nervaduras de los folíolos permiten la agrupación de los 3 grandes sistemas de nervaduras que se encuentran en las Cycadales cuya importancia evolutiva es tan determinante que difícilmente puedan ser derivables uno de otro en tanto no sean los caracteres reproductivos, tradicionalmente considerados de mayor importancia. Distingue 3 familias: Cycadaceae, que incluye el género *Cycas*; Stangeriaceae con el género *Stangeria* y Zamiaceae con los géneros restantes, que separa en tres tribus: Encephalartae (*Encephalartos*, *Lepidozamia* y *Macrozamia*); Dioeae (*Dioon*) y Zamieae (*Bowenia*, *Ceratozamia* y *Zamia*).

Sólo se ha efectuado una modificación al sistema de JOHNSON (op. cit.), la exclusión de *Bowenia* de las Zamiaceae, elevando el género al rango de familia y constituyendo las 4 familias vivientes dentro del Orden Cycadales, STEVENSON (1981), quien recientemente también reporta el nuevo género *Chigua* con dos especies encontradas en Colombia.

En la familia Zamiaceae los folíolos no presentan nervadura central pero sí numerosas nervaduras paralelas, según JOHNSON (op. cit.) y STEVENSON (op. cit.). Pertenecen a esta familia 8 géneros distribuidos en 3 tribus presuponiendo que los miembros de la misma constituyen un grupo natural en el cual los géneros actuales no presentan una serie evolutiva, sino los puntos finales de líneas diferentes que están sin duda emparentadas con otros géneros ahora extintos.

Ya Johnson estableció que estas 3 tribus debían ser objeto de estudios profundos dado que no son enteramente naturales.

La tribu Encephalartae comprende el género *Encephalartos*, distribuido en Africa tropical y Africa del sur con 40 especies y a los géneros australianos *Lepidozamia* con 2 especies y *Macrozamia* con 14 especies, el número cromosómico es $n = 9$.

Dentro de la tribu Dioeae sólo se agrupa el género *Dioon* distribuido en México, esencialmente, con poca modificación en sus megasporófilas e imbricaciones laxas de éstas en el megasporófilo, el número cromosómico es $n = 9$.

La tribu Zamieae comprende 4 géneros: *Zamia*, *Ceratozamia*, *Microcycas* y *Chigua* todas del continente americano. El género *Ceratozamia* tiene megasporófilas con dos proyecciones corniformes, el número cromosómico es $n = 8$. *Zamia* y *Microcycas* presentan microsporófilas truncadas. Para Johnson la agrupación de los géneros en esta tribu se basa en la convergencia y no en la afinidad. El género *Zamia* presenta alrededor de 40 especies reconocidas; *Microcycas* es monoespecífico y *Ceratozamia* contiene 11 especies.

AREA DE TRABAJO

El presente estudio se realizó en un cerro que se encuentra en las afueras de Coacoatzintla, Ver., a 20 Km al Noreste de la ciudad de Xalapa sobre la carretera de Banderilla a Misantla. La zona se ubica a los $19^{\circ}38'$ y $19^{\circ}39'$ de latitud Norte y $96^{\circ}56'$ y $96^{\circ}57'$ de longitud Oeste a 1,550 m.s.n.m. (INEGI, 1984c) (Fig. 2).

El « Cerro Coacoatzintla » en particular tiene una altura de 150 m., desde su base, posee forma alargada orientada de SE a NW, lo que define dos vertientes, una orientada al NE con poca exposición solar y humedad ambiental elevada, y otra orientada al SW expuesta a mayor insolación y de ambiente más seco. Pertenece al sistema montañoso del eje neovolcánico transversal. La población de cícadas se ubica en la vertiente N (ALEJANDRE, 1989).

En la zona afloran formaciones sedimentarias compuestas por arcilla, arena, grava, rocas basálticas y calizas cretáceas algo transformadas de estas barrancas (INEGI, 1984b).

El tipo de suelo corresponde a los de Ando, característicos de las zonas frías y templadas (JOHNSON, 1970), compuesto por andosol húmico, feozem háplico y luvisol órtico de textura media (INEGI, 1984a).

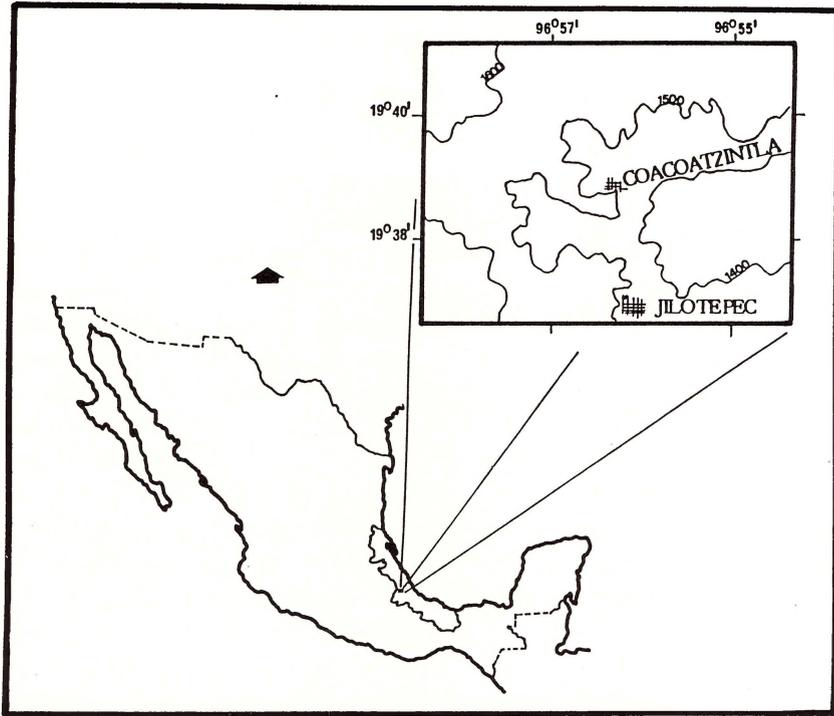


Fig. 2 - Area de estudio. Localización.

Según la clasificación climática de GARCÍA (1983) el clima es de tipo C(fm)w''b(i)'g, con temperatura media anual de 18°C y precipitación media anual de 1,727 mm.

La zona pertenece a la cuenca del Río Actopan; al cual aportan sus caudales, el Chicuila por el lado Norte y el Chayotepec por el lado Sur.

El tipo de vegetación corresponde al bosque mesófilo de montaña (RZEDOWSKI, 1978; GÓMEZ-POMPA, 1978; INEGI, 1984d). La humedad relativa es elevada debido a las neblinas casi permanentes, y repercute directamente en las características fisonómicas de la vegetación, lo que dá como resultado la determinación de la flora tan particular, ya que se encuentran especies tanto de clima templado como de clima tropical, como son *Quercus* spp., *Alnus jorullensis*, *Clethra mexicana*, que también se encuentran en

zonas más frías y *Ficus* spp., *Inga* spp., *Rondeletia capitellata*, etc., que participan en la vegetación tropical. Dentro de las fanerógamas epifíticas las familias Piperaceae, Bromeliaceae y Orchidaceae, son las más conspicuas.

MATERIALES Y METODOS

En 100 individuos elegidos aleatoriamente dentro de la población se buscaron caracteres morfológicos aparentes que pudieran servir para diferenciar sexualmente a los individuos hembras y machos, tales como: longitud del tallo, diámetro del tallo, número de frondas en la corona, longitud de la fronda, ancho de la fronda, longitud del pecíolo, longitud del raquis, pares de folíolos en la fronda, longitud de los folíolos, bifurcaciones de las venas en el folíolo, venas en la parte ancha del folíolo, venas en la parte media del folíolo, distancia de la base a la última bifurcación en el folíolo, distancia de la base a la parte más ancha del folíolo, tamaño de las espinas en el pecíolo, abundancia de espinas en el pecíolo, etc. (Fig. 3), las cuales se compararon estadísticamente para analizar sus valores discriminantes. Para ello se calcularon las estadísticas básicas de medias y desviaciones estándar con el propósito de hacer una comparación preliminar. Para aquéllas características seleccionadas se optó por refinar el análisis estadístico mediante la prueba « t » de Student para la hipótesis nula de que no había diferencias en las medias de los grupos comparados; también se hicieron análisis multivariados mediante el cálculo de las estadísticas « T » cuadrada de Hotelling, « D » cuadrada de Mahalanobis; el valor « F » de la estadística de Fisher, con sus respectivos grados de libertad y la obtención de la matriz de correlación con el fin de reducir después la dimensionalidad de los datos.

Los resultados de la comparación demostraron que sólo algunas de las variables calculadas a los folíolos y las espinas presentes en los pecíolos, aportaban altos niveles de confianza; por lo que se procedió a realizar separadamente los dos siguientes análisis.

Experimento 1, análisis a folíolos. Para el caso de los folíolos se hizo un análisis preliminar con el propósito de establecer

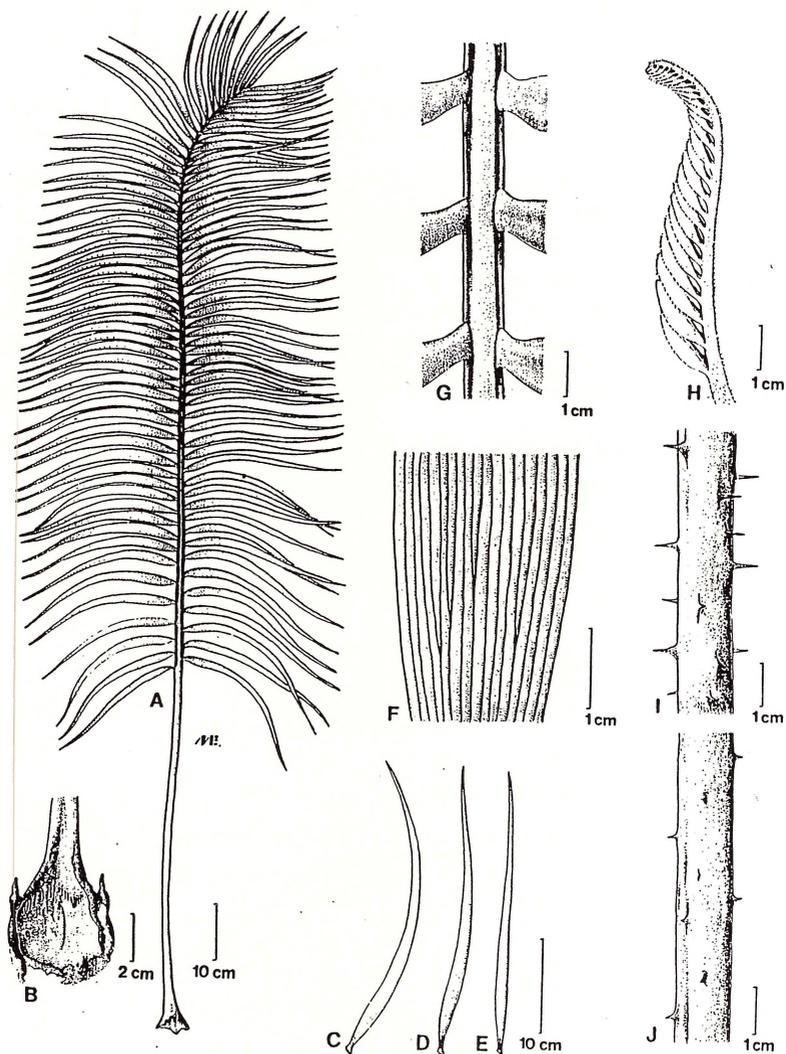


Fig. 3 - *Ceratozamia mexicana* Brongn. A, fronda; B, base de la fronda mostrando estípulas; C, folíolo falcado; D, folíolo subfalcado; E, folíolo linear-lanceolado; F, corte parte media folíolo mostrando vernación; G, disposición de folíolos sobre el raquis mostrando doble surco; H, vernación de la fronda; I, detalle de picíolo masculino mostrando espinas; J, detalle de pecíolo femenino mostrando espinas.

posibles diferencias entre el grupo de plantas hembra y el correspondiente de plantas macho, se realizaron mediciones a 50 especímenes de cada sexo, seleccionados aleatoriamente dentro de la población en estudio, reconociendo el sexo por la presencia de un estróbilo o resto del estróbilo del año anterior. Se tomó el par opuesto de la porción central de una fronda madura por cada planta adulta, incluyéndose 14 variables que se enlistan en la Tabla N° 1 para facilitar el entendimiento de las conclusiones que se desprenden.

La columna correspondiente a codificación se refiere a los nombres abreviados de las variables cuando se manejaron en la computadora. Nótese que no aparece en la tabla la variable N° 1 ya que ésta se refiere a una de tipo categórico, la cual toma el valor de 1 para el grupo de hembras y el valor de 2 para el grupo de machos.

Para el procesamiento de datos se usó el equipo de cómputo del Instituto de Ciencias Básicas, U.V., una máquina de la

Nº VARIABLE	DESCRIPCION VARIABLES	CODIFICACION
2	Longitud total del primer folíolo del par	LTOT1
3	Total de bifurcaciones del primer folíolo del par	NBI1
4	Ancho del primer folíolo del par	ANCHO1
5	Distancia a la que se encuentra el ancho del primer folíolo del par	DISTA1
6	Distancia a la que se encuentra la última bifurcación del primer folíolo del par	DISTU1
7	Cantidad de venas en la parte ancha del primer folíolo del par	VENCH1
8	Cantidad de venas en la parte media del primer folíolo del par	VENMD1
9	Longitud total del folíolo opuesto del par	LTOT2
10	Total de bifurcaciones del folíolo opuesto del par	NBI2
11	Ancho del folíolo opuesto del par	ANCHO2
12	Distancia a la que se encuentra el ancho del folíolo opuesto del par	DISTA2
13	Distancia a la que se encuentra la última bifurcación del folíolo opuesto del par	DISTU2
14	Cantidad de venas en la parte ancha del folíolo opuesto del par	VENCH2
15	Cantidad de venas en la parte media del folíolo opuesto del par	VENMD2

Tab. 1 - Descripción de variables consideradas para el análisis a folíolos.

compañía DIGITAL, Sistema VAX-11/730 la cual contiene entre su software la paquetería estadística BMDP (Programa 3D). De este software estadístico, se utilizó la parte correspondiente a pruebas de una y dos muestras independientes para poblaciones multivariadas mediante el cálculo de las estadísticas « T » cuadrada de Hotelling, « D » cuadrada de Mahalanobis y obtención de la matriz de correlaciones para las variables antes indicadas. El análisis de los datos presenta aparte de las estadísticas mencionadas los resultados univariados variable por variable incluyendo las comparaciones del grupo de hembras versus el grupo de machos.

En otra parte del procesamiento de datos cuya ejecución también fué por computadora, se pueden apreciar las estadísticas básicas de medias, desviaciones estándar, valores máximo y mínimo de cada variable, tanto para el grupo de hembras como para el de machos, así como la presentación de unos histogramas estilizados para cada grupo.

Experimento 2, análisis a espinas en los pecíolos de plantas adultas hembra y macho. Partiendo de las observaciones cualitativas se hizo evidente que las espinas presentes en los pecíolos de frondas maduras y plantas adultas presentan diferencias claras en la longitud y abundancia en ambos sexos, esto es, mayores longitudes y gran cantidad corresponden a individuos machos y el caso contrario se observa en las hembras. Considerando este criterio, se eligieron en el campo aleatoriamente 10 hembras y 10 machos; de cada uno de los individuos considerados se eligió una fronda al azar; que se extrajo del tallo procurando que la base saliera completa; se contaron las espinas presentes en el pecíolo; se calculó la longitud y diámetros en la parte terminal, media y basal del pecíolo; y por cada pecíolo se quitaron 10 espinas partiendo de la base tratando de abarcar la longitud del pecíolo, y se midieron sobre papel milimétrico. Con los resultados obtenidos se comprobó que las condiciones observadas con anterioridad para las espinas de individuos adultos hembras y machos se cumplían. Los resultados se analizaron mediante calculos univariados utilizando la estadística « t » de Student. Asumiendo lo anterior, se consideró pertinente aumentar el tamaño de la muestra para una mayor fidelidad en los resultados, por lo tanto se efectuó una colecta en 100 individuos (50 hembras y 50 machos). Los individuos se

eligieron tratando de abarcar todas las condiciones presentes en la población; la presencia de un estróbilo o resto del estróbilo del año anterior sirvió para reconocer el sexo; los individuos debían ser adultos bien constituidos; se trabajaron separadamente hembras y machos; por cada individuo se eligieron 3 pecíolos (provenientes de frondas maduras); se contaron las espinas presentes en todo el pecíolo; se colectaron 10 espinas provenientes de cada pecíolo (1,500 espinas para cada grupo) a las que se les midió su longitud.

Para la obtención de las estadísticas « T » cuadrada de una y dos muestras independientes con vectores de dimensión 3, el procesamiento de los datos también se efectuó electrónicamente; siendo las variables manejadas « PROMEL », « CANT » y « SEXO » (« PROMEL » es el nombre que corresponde al promedio de 10 mediciones de longitud de las espinas tomadas en 3 pecíolos por 50 individuos, « CANT » corresponde al número de espinas presentes en los pecíolos y el « SEXO » es la variable categórica para las plantas hembra o macho).

En esta parte del programa BMDP, entre las opciones que se ejecutaron estaban las del análisis de las variables « PROMEL » y « CANT », la impresión de las matrices de correlación para los dos grupos obtenidos según la variable « SEXO », la computación de la estadística « T » cuadrada de Hotelling para efectuar la comparación, el cálculo de la estadística « D » cuadrada de Mahalanobis y el valor « F » de la estadística de Fisher, con sus respectivos grados de libertad. Para cada grupo (machos versus hembras) y para cada variable « PROMEL » y « CANT », también por computadora se obtuvieron los histogramas correspondientes.

RESULTADOS

Con los experimentos descritos en la sección anterior se obtienen los siguientes resultados.

Experimento 1. En la Tabla N° 2 se presenta un resumen de las mediciones calculadas a cada una de las variables relativas a 2 folíolos por cada planta. El valor de la « T » cuadrada de Hotelling para probar la hipótesis nula de igualdad de medias de

VARIABLE	GROUP	MEAN	STD DEV	S.M.E.	SAMPLE	MAXIMUM	Z-SCORE	AT CASE	MINIMUM	Z-SCORE	AT CASE
2	HEMBRA	38.8180	3.7049	0.5239	50	43.4000	1.7766	30	31.400	-1.4624	9
	MACHO	36.4020	4.1918	0.5928	50	45.8000	2.2420	97	27.300	-2.1714	87
3	HEMBRA	6.7200	1.7617	0.2491	50	11.0000	2.4294	17	3.0000	-2.1116	38
	MACHO	5.8400	1.5954	0.2256	50	10.0000	2.6075	60	3.0000	-1.7801	61
4	HEMBRA	2.0160	0.2113	0.0299	50	2.5000	2.2909	42	1.6000	-1.9690	19
	MACHO	1.8840	0.2510	0.0355	50	2.9000	4.0477	81	1.4000	-1.9282	64
5	HEMBRA	9.3400	2.0106	0.2843	50	14.5000	2.5664	40	5.4000	-1.9596	10
	MACHO	9.1120	1.6345	0.2312	50	14.3000	3.1740	86	6.0000	-1.9039	100
6	HEMBRA	7.5400	3.7472	0.5299	50	18.1000	2.8181	33	2.3000	-1.3984	28
	MACHO	7.6900	3.9245	0.5550	50	23.4000	4.0031	71	1.9000	-1.4753	61
7	HEMBRA	17.1400	2.1382	0.3024	50	23.0000	2.7406	42	13.0000	-1.9362	3
	MACHO	16.2000	1.5119	0.2138	50	19.0000	1.8520	74	12.0000	-2.7780	84
8	HEMBRA	15.4000	2.0102	0.2843	50	20.0000	2.2884	42	10.0000	-2.6863	2
	MACHO	14.0400	1.4841	0.2099	50	17.0000	1.9945	74	10.0000	-2.7223	61
9	HEMBRA	36.7440	3.7205	0.5262	50	47.1000	2.7835	30	31.5000	-1.4095	24
	MACHO	36.5400	4.4614	0.6309	50	44.3000	1.7394	78	25.2000	-2.5418	93
10	HEMBRA	6.6400	1.4813	0.3095	50	10.0000	2.2683	34	3.0000	-2.4573	50
	MACHO	5.6800	1.5444	0.2184	50	9.0000	2.1496	73	3.0000	-1.7353	55
11	HEMBRA	1.9940	0.2208	0.0312	50	2.5000	2.2920	39	1.6000	-1.7847	18
	MACHO	1.9020	0.2503	0.0354	50	2.5000	2.3892	72	1.5000	-1.6061	52
12	HEMBRA	9.0020	1.8201	0.2574	50	13.8000	2.6361	41	5.7000	-1.8142	15
	MACHO	8.7940	1.9116	0.2703	50	14.0000	2.7234	65	3.5000	-2.7695	63
13	HEMBRA	7.5460	4.9720	0.7031	50	33.1000	5.7396	31	1.6000	-1.1959	29
	MACHO	7.2800	3.5655	0.5042	50	19.9000	3.5394	71	2.1000	-1.4528	90
14	HEMBRA	16.7000	2.0329	0.2875	50	21.0000	2.1152	41	12.0000	-2.3120	5
	MACHO	16.2000	1.5908	0.2250	50	19.0000	1.7601	59	13.0000	-2.0116	66
15	HEMBRA	14.9200	2.1556	0.3048	50	19.0000	1.8928	41	11.0000	-1.8185	5
	MACHO	14.4800	1.6066	0.2272	50	18.0000	2.1909	100	11.0000	-2.1660	56

Tab. 2 - Resumen de medidas calculadas a las variables registradas al par de folíolos.

dimensión 14 para cada grupo fue de 32.8840 con un valor asociado « F » de 2.0373 y grados de libertad de 14 en el numerador y 85 en el denominador. Dicho valor de « F » es significativo a un nivel mayor de 0.0240, con lo que se ve en particular que podemos rechazar la hipótesis nula a un nivel del 5% pero no a uno del 1%.

Aceptando el nivel menos conservador se concluye que sí existen diferencias significativas entre el grupo de plantas hembra y el grupo de plantas macho en relación a las 14 variables consideradas para los folíolos. Esto quiere decir que, debe existir al menos una hipótesis nula (de entre las catorce univariadas) que se rechaza. El problema ahora consiste en encontrar cuáles hipótesis univariadas son rechazadas.

Las variables NBI1, ANCHO1, VENCH1, VENMD1, NBI2, tienen diferencias significativas. Mientras que las variables LTOT1, DISTA1, DISTU1, LTOT2, ANCHO2, DISTU2, VENCH2 y VENMD2 no presentan diferencias significativas.

A manera de ilustración se indican explícitamente los calculos requeridos adicionalmente para la obtención de la diferencia estandarizada de la variable NBI1, entendiéndose que las demás diferencias que aparecen en la Tabla N° 3 se pueden obtener de manera análoga.

VARIABLE	DIFERENCIA ESTANDARIZADA	RESULTADO
LTOT1	0.52	No es significativa
NBI1	2.62	Si es significativa
ANCHO1	2.84	Si es significativa
DISTA1	0.62	No es significativa
DISTU1	- 0.19	No es significativa
VENCH1	2.50	Si es significativa
VENMD1	3.85	Si es significativa
LTOT2	0.25	No es significativa
NBI2	3.17	Si es significativa
ANCHO2	1.95	No es significativa
DISTA2	0.56	No es significativa
DISTU2	0.31	No es significativa
VENCH2	1.36	No es significativa
VENMD2	1.16	No es significativa

Tab. 3 - Resultados de las diferencias estandarizadas para las 14 variables de los folíolos analizados.

Por ejemplo:

Diferencia estandarizada

$$\begin{aligned} \text{Variable NBI1} &= \frac{\text{Media hembra} - \text{Media macho}}{\text{Error estándar diferencia}} \\ &= (6.72 - 5.84) \div [(1.2491)^2 + (0.2256)^2]^{1/2} \\ &= 2.62 \end{aligned}$$

Los resultados de las matrices de correlación, (Tablas N° 4 y 5), hacen ver que la correlación más alta en el grupo de hembras ocurre entre las variables 14 y 15, arrojando una correlación de 0.8793; y una correlación que ocupa el segundo lugar de 0.7749 entre las variables 7 y 8. Lo anterior no es sorprendente ya que las variables 14 y 15 se refieren a los números de venas en la parte ancha y en la parte media, respectivamente, del mismo folíolo opuesto, asimismo, las variables 7 y 8 corresponden a los números de venas en la parte ancha y en la parte media del primer folíolo del par. Aunque las correlaciones son altas, esto no debe interpretarse como una indicación de que el número de venas permanece constante a medida que se cambia la ubicación desde la parte media del folíolo hasta la parte ancha, ya que es posible tener varios patrones en que la correlación se mantiene alta (por ejemplo si en la parte media el número de venas es aproximadamente una proporción fija del número de venas en la parte ancha y esto no obliga a que esa proporción sea igual a la unidad). Todas las demás correlaciones tienen una magnitud moderada y las que tienen signo negativo están muy cercanas a cero. En la matriz de correlaciones para el grupo de machos la correlación más alta es de 0.7149 que ocurre entre las variables 7 y 8, y le sigue otra de 0.7043 que corresponde a las variables 14 y 15, con lo cual se puede apreciar que hay un patrón semejante en los resultados de mediciones tanto para el grupo de machos como para el de hembras en lo concerniente a sus interrelaciones.

Los resultados de los histogramas demuestran, que la mayoría presentan una forma de campana lo cual es de esperarse para todas aquellas variables que miden características estrechamente relacionadas al tamaño de los especímenes (Fig. 4).

		LTOT1	NBI1	ANCHO1	DISTA1	DISTU1	VENCH1	VENMD1	LTOT2	NBI2	ANCHO2	DISTA2	DISTU2	VENCH2	VENMD2
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
LTOT1	2	1.0000													
NBI1	3	0.0133	1.0000												
ANCHO1	4	0.3201	0.0945	1.0000											
DISTA1	5	0.4365	0.2193	0.4808	1.0000										
DISTU1	6	0.1752	0.4954	0.0487	0.2989	1.0000									
VENCH1	7	0.0115	0.4928	0.4919	0.4482	0.2647	1.0000								
VENMD1	8	0.1895	0.4645	0.4507	0.5332	0.3194	0.7749	1.0000							
LTOT2	9	0.4106	0.0953	0.1790	0.4208	0.2416	0.1472	0.2306	1.0000						
NBI2	10	-0.1066	0.0153	-0.1377	-0.1335	-0.0610	-0.0482	-0.0466	-0.1133	1.0000					
ANCHO2	11	0.0942	-0.2930	0.4965	0.2925	-0.0434	0.2353	0.2676	0.3035	0.1493	1.0000				
DISTA2	12	0.2987	-0.0991	0.3661	0.5869	0.0226	0.3796	0.3997	0.4807	-0.0217	0.5150	1.0000			
DISTU2	13	0.1355	0.0900	-0.2441	0.0869	0.1600	-0.0955	-0.0825	0.2188	0.1788	-0.0286	0.0806	1.0000		
VENCH2	14	0.1809	-0.1550	0.1872	0.3191	-0.0959	0.2071	0.2247	0.1202	0.4310	0.6007	0.4238	0.0091	1.0000	
VENMD2	15	0.1162	-0.1081	0.1059	0.2955	-0.0281	0.2283	0.2477	0.1002	0.4638	0.5650	0.4026	0.0959	0.8793	1.0000

Tab. 4 - Matriz de correlacion para el grupo 1 « HEMBRAS ».

	LTOT1	NBI1	ANCHO1	DISTA1	DISTU1	VENCH1	VENMD1	LTOT2	NBI2	ANCHO2	DISTA2	DISTU2	VENCH2	VENMD2	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
LTOT1	2	1.0000													
NBI1	3	-0.0115	1.0000												
ANCHO1	4	0.3680	0.0597	1.0000											
DISTA1	5	0.2920	0.0774	-0.1005	1.0000										
DISTU1	6	-0.9334	0.4143	-0.1423	0.2240	1.0000									
VENCH1	7	0.1445	0.4366	0.4711	0.1245	-0.0248	1.0000								
VENMD1	8	0.1007	0.5372	0.4126	0.2429	0.2292	0.7149	1.0000							
LTOT2	9	0.1522	0.1967	0.2544	-0.2027	0.1278	0.1522	0.1600	1.0000						
NBI2	10	0.0981	0.3764	0.1971	0.0986	0.1867	0.2552	0.3173	0.2347	1.0000					
ANCHO2	11	-0.2587	0.0928	0.1532	-0.1412	-0.1741	0.1661	0.0273	0.2236	0.4399	1.0000				
DISTA2	12	0.1807	-0.0465	0.4290	0.2482	-0.0251	0.1268	0.1907	0.0228	0.4079	0.3101	1.0000			
DISTU2	13	0.2017	0.2907	0.1529	0.1267	0.3739	0.0235	0.2570	0.1534	0.5028	0.0618	0.2750	1.0000		
VENCH2	14	-0.0264	0.0772	-0.0940	0.0367	-0.0376	0.1612	0.1867	-0.0011	0.3755	0.5115	0.2420	0.0076	1.0000	
VENMD2	15	0.0465	0.1102	0.0245	0.0001	-0.0251	0.0017	0.1715	-0.0346	0.3839	0.4340	0.2581	0.3469	0.7043	1.0000

Tab. 5 - Matriz de correlacion para el grupo 2 « MACHOS ».

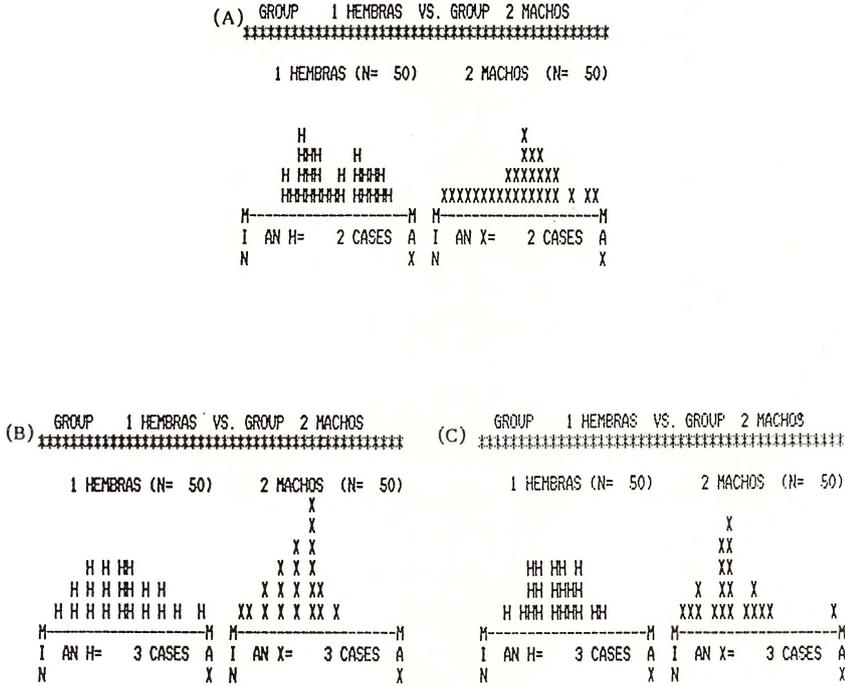


Fig. 4 - Distribución de los valores registrados para las variables A, LOTOT1; B, VENCH1 y C, ANCHO1.

A la pregunta: ¿Cuáles variables tienen poder discriminante de manera univariada para clasificar en plantas hembra o plantas macho? Se puede constatar, por inspección de la Tabla N° 3, que NBI1, VENMD1, VENCH1 y NBI2 pueden utilizarse por sí solas para detectar sexo. Pero hacen ver la necesidad de proceder con bastante precaución si únicamente se desea considerar una variable para propósitos discriminantes.

Experimento 2. Los resultados de cómputo para las comparaciones entre las variables « PROMEL » y « CANT » entre las espinas de los pecíolos de plantas hembras y machos se presentan en la Tabla N° 6.

De la inspección de los histogramas para los dos grupos, según las variables « PROMEL » y « CANT », se puede apreciar

GROUP	PROMEL VARIABLE NUMBER 1		CANT VARIABLE NUMBER 2	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
MEAN	0.4231	0.2490	120.1400	40.3000
STD DEV	0.0881	0.0581	30.6780	16.1311
S.E.M.	0.0072	0.0047	2.5049	1.3171
SAMPLE SIZE	150	150	150	150
MAXIMUM	0.6800	0.4300	203.0000	85.0000
Z-SCORE	2.9154	3.1164	2.7010	2.7710
MINIMUM	201	109	171	103
Z-SCORE	0.2250	0.0700	66.0000	8.0000
AT CASE	-2.2484	-3.0815	-1.7648	-2.0023

	STATISTICS P-VALUE DF			STATISTICS P-VALUE DF		
	STATISTICS	P-VALUE	DF	STATISTICS	P-VALUE	DF
SEPARATE T	20.21	0.0000	257.9	28.21	0.0000	225.5
POOLED T	20.21	0.0000	298	28.21	0.0000	298
LEVENE F FOR VARIANCES	24.60	0.0000	1, 298	66.23	0.0000	1, 298

Tab. 6 - Resumen de las medidas calculadas para las variables « PROMEL » y « CANT ».

que corresponden a distribuciones unimodales, con dispersiones mayores para el grupo de machos (Fig. 5-A,B,C y D). La estadística « T » cuadrada de Hotelling tomó un valor de 1,220.2896 y el valor « F » asociado fué igual 608.0973, con grados de libertad de 2 en el numerador y 297 en el denominador, lo cual constituye una diferencia muy significativa con una probabilidad menor a 0.0001 de que los datos observados produjeran esos valores extremos en el caso de que la hipótesis nula de igualdad de medias poblacionales fuera cierta. Así que el análisis multivariado rechaza fácilmente y con mucho a la hipótesis nula. En el procesamiento de los datos también se realizaron los correspondientes análisis univariados de comparación de medias para cada una de las variables « PROMEL » y « CANT » y también fueron diferencias altamente significativas; específicamente para la variable « PROMEL », la media del grupo de machos fué de 0.4231 con una desviación estándar de 0.0881 y para el grupo de hembras una media de 0.2490 con una desviación estándar de 0.0581. El cálculo de la estadística « t » de Student para la comparación produjo un valor de 20.21 con 298 grados de libertad, que es altamente significativo (probabilidad menor a 0.0001). Así que la hipótesis nula univariada relativa a las medias de la variable « PROMEL » se rechaza confiablemente.

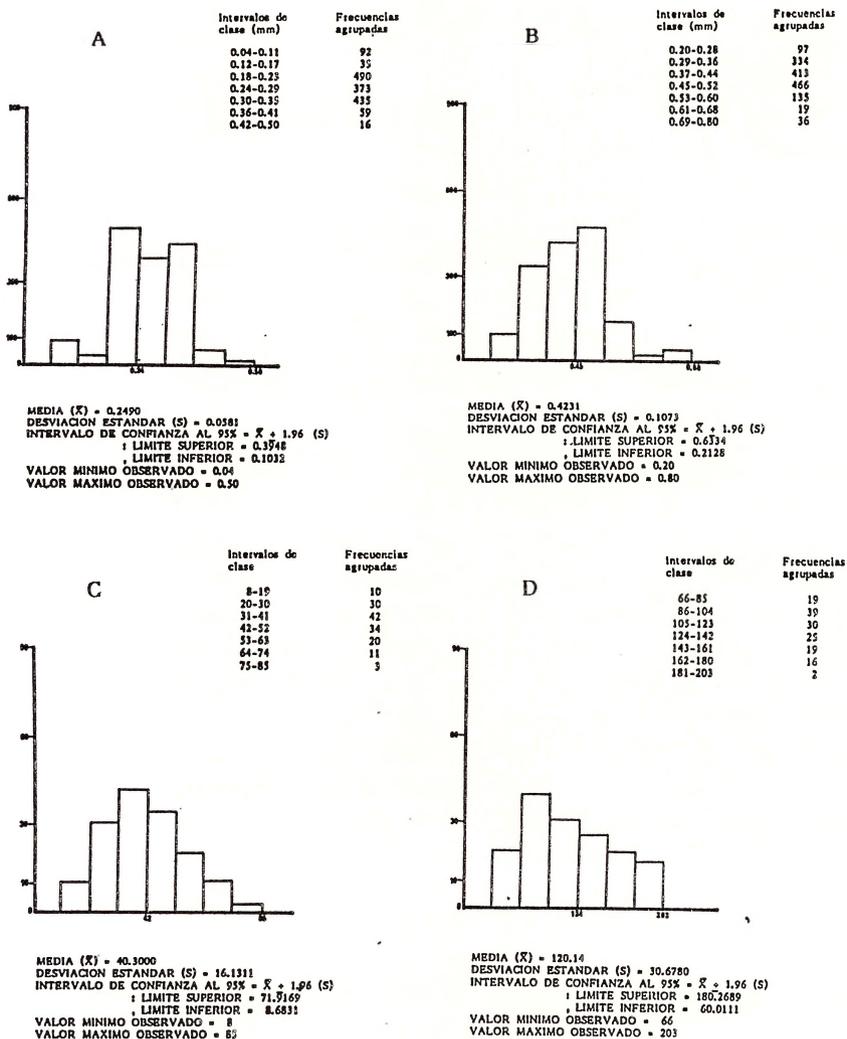


Fig. 5 - Representación gráfica de A, Longitud de las espinas en pecíolos de plantas femeninas; B, Longitud de las espinas en pecíolos de plantas masculinas; C, Cantidad de espinas en pecíolos de plantas femeninas y D, Cantidad de espinas en pecíolos de plantas masculinas.

En lo que corresponde a la variable « CANT » para el grupo de machos se obtuvo una media de 120.14 con una desviación estándar de 30.6780 y para el grupo de hembras la media fué de 40.30 con una desviación estándar de 16.1311. El valor de la estadística « t » de Student fue de 28.21, también con 298 grados de libertad, con lo cual la diferencia detectada se declara altamente significativa (probabilidad menor que 0.0001).

Con los resultados anteriores, se concluye que tanto la variable « PROMEL » como « CANT » tienen alta capacidad discriminante para distinguir el sexo de los especímenes a los que se les haga tales mediciones.

Congruente con este propósito de discriminación, y dados los tamaños muestrales de 150 en cada caso, se procedió a ajustarles a las variables en cuestión modelos de distribución normal con las medias y desviaciones estándar calculadas con los datos anteriormente indicados.

Se calcularon las regiones de valores donde un espécimen se declara perteneciente al grupo de machos y, si cae en una zona complementaria al grupo de hembras. El valor crítico se obtuvo mediante la intersección de las curvas de distribución normal correspondientes a cada grupo; lo cual requirió una pequeña serie de manipulaciones algebraicas que corresponden a la resolución de ecuaciones cuadráticas, lo cual se presenta con mayor detalle a continuación.

Obtención del criterio de clasificación. Bajo la suposición de normalidad de dos poblaciones cuyos individuos quieren distinguirse mediante las mediciones de una sola variable para cada uno de ellos, se puede adoptar una técnica de tipo « análisis discriminante » que en el presente caso corresponde esencialmente a la determinación del punto de intersección de las curvas de densidad en las distribuciones normales que intervienen. Mas específicamente, si una población tiene distribución normal con parámetros μ_1 , σ_1^2 , y función de densidad $f(x)$ y, análogamente, la segunda población, parámetros respectivos μ_2 , σ_2^2 y densidad $g(x)$, entonces la intersección entre las curvas correspondientes ocurre para aquellas x 's que satisfagan la condición $f(x) = g(x)$. Después de algunas manipulaciones algebraicas se llega a una ecuación de segundo grado, la cual admite dos soluciones reales distintas dependiendo de los valores que asuman los parámetros μ_1 , σ_1^2 , μ_2 , σ_2^2 .

Para propósitos de discriminación, se escoge la solución mas grande de las dos. Denótese tal con x_0 . Entonces el criterio de clasificación es como sigue (ver gráfica también).

CRITERIO: Si $X < x_0$ clasifíquese al individuo como perteneciente a la población 1; Si $X \geq x_0$ clasifíquese como perteneciente a la población 2.

Por supuesto, con el criterio anterior, existen probabilidades de clasificar erróneamente. Estas son las de clasificar un individuo en la población 1 cuando en realidad proviene de la población 2 y la probabilidad de clasificar un individuo en la población 2 dado que proviene de la población 1. Es decir,

$$\Pr(X < x_0 | X \text{ proviene de } 2)$$

y $\Pr(X \geq x_0 | X \text{ proviene de } 1).$

Las probabilidades de clasificación correcta, son las complementarias a las anteriores, en cada caso.

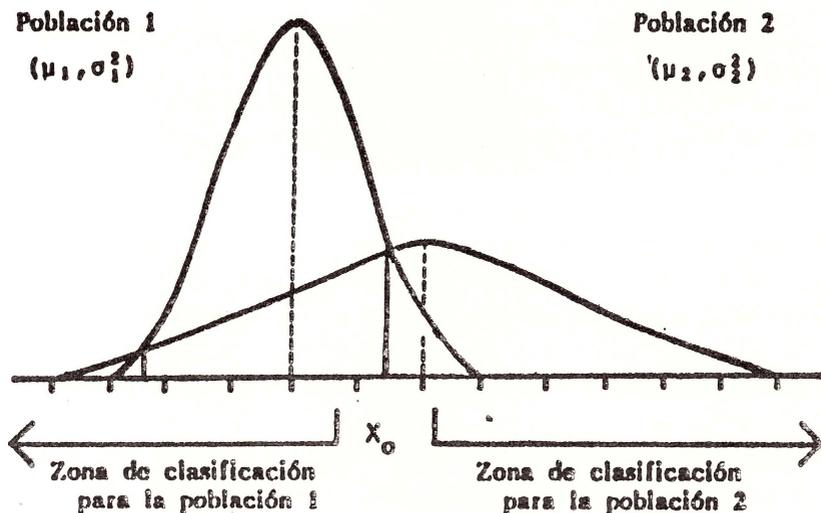
Para nuestros propósitos específicos, se toma la población 1 igual a la de hembras y la población 2 corresponde a la de machos. Los cálculos se harán dos veces: una vez para la variable « PROMEL » y otra para « CANT ».

CRITERIO DE CLASIFICACION PARA LA VARIABLE « CANT »

Aquí, los datos son:

Población 1 (Hembras) $\mu_1 = 40.3, \sigma_1 = 16.1311$

Población 2 (Machos) $\mu_2 = 120.4, \sigma_2 = 30.678.$



CLASIFICACION		SEXO REAL			
		MACHO		HEMBRA	
VARIABLE "CANT"	MACHO	147	(97 %)	6	(6 %)
	HEMBRA	3	(3 %)	144	(94 %)
VARIABLE "PROMEL"	MACHO	125	(85 %)	14	(8 %)
	HEMBRA	25	(15 %)	136	(92 %)

Tab. 7 - Probabilidad de clasificación y número de casos clasificados para las variables « PROMEL » y « CANT » (las celdas « macho-macho » y « hembra-hembra » corresponden a clasificaciones correctas y, las otras dos, a incorrectas).

Mediante la solución de la ecuación cuadrática implicada por $f(x) = g(x)$, se obtiene $x_0 = 71.67$. Así que,

clasifíquese como « hembra » a todo individuo que produzca una medición menor que 71.67 y como « macho » si es mayor o igual que 71.67.

Las probabilidades de clasificación errónea se calculan de las tablas de la distribución normal mediante las estandarizaciones correspondientes. Se obtiene

$$\text{Pr}(\text{clasificar como « macho » una hembra}) = 0.0571$$

$$\text{Pr}(\text{clasificar como « hembra » un macho}) = 0.0262$$

CRITERIO DE CLASIFICACION PARA LA VARIABLE «PROMEL»

Ahora, los datos son:

$$\text{Población 1 (Hembras)} \mu_1 = 0.2490, \sigma_1 = 0.0581$$

$$\text{Población 2 (Machos)} \mu_2 = 0.4231, \sigma_2 = 0.0881.$$

De manera similar al caso de la variable « CANT », se encuentra que $x_0 = 0.3301$. Con lo cual,

clasifíquese como « hembra » a todo individuo que produzca una medición menor que 0.3301 y como « macho » si ésta es mayor o igual que 0.3301.

Las probabilidades de clasificación errónea son como sigue.

Pr (clasificar como « macho » una hembra) = 0.0823

Pr (clasificar como « hembra » un macho) = 0.1469.

Todo ésto se resume en la Tabla N° 7, incluyéndose además las probabilidades de clasificaciones correctas para cada variable.

DISCUSION

La morfología de cada una de las estructuras presentes entre los individuos de la población de *Ceratozamia mexicana* en estudio presentan variaciones, algunas de las ya mencionadas anteriormente están relacionadas con el sexo.

Examinando las variaciones en las plantas maduras, resulta que existen características distinguibles en la morfología de los folíolos que permiten la separación de sexos en éstas plantas, tales como número de bifurcaciones de las venas, cantidad de venas en la parte media y cantidad de venas en la parte más ancha que pueden utilizarse por sí solas para detectar sexo. Pero que hacen ver la necesidad de proceder con bastante precaución, ya que por la naturaleza de las variables, se podría caer en sesgos asociados principalmente al estado de maduración de la fronda y del folíolo, a las características del microambiente evaluadas de una manera subjetiva sobre las bases de la exposición del folíolo a la radiación directa del sol, a los efectos de la temperatura o relaciones con el agua.

Por tales circunstancias el valor discriminante otorgado a estas variables podrían no tener el significado esperado para tal propósito, además de considerar que el conteo de venas en el campo no resulta un método altamente práctico, ya que para su manipulación certera se requieren procedimientos más meticulosos.

El esclarecimiento y diferenciación de sexos con un método práctico y con márgenes de confianza bastante elevados, resulta al contar y mediar a las espinas presentes en los peciolos de frondas maduras en plantas adultas, que para individuos machos

es mayor que en hembras, aunque en lo que corresponde a la variable longitud de las espinas, los resultados deben manejarse con las debidas precauciones ya que ésta es susceptible a mayores variaciones en cambios ambientales que podrían pasar desapercibidos al tomar muestras. Fuera de lo anterior estos caracteres revelan altos niveles de confianza para propósitos discriminantes.

Sobre la ocurrencia de un caracter vegetativo utilizado para distinguir sexos en términos prácticos, se proporciona una herramienta que sugiere la necesidad de repetir esta misma operación en otras poblaciones de la misma especie y poder determinar si es un caracter constante y que de ser positivo; permitiría reconocer el sexo de toda una población para una mejor comprensión de la estructura y dinámica en la ecología de poblaciones vegetales principalmente.

Las perspectivas prácticas de la aplicación de este hallazgo podrían enfocarse hacia las especies dioicas de importancia biológica, especial o comercial, que determinan su productividad en función de una mayor o menor densidad de individuos de cierto sexo; siendo así se buscarían caracteres hasta ahora ignorados, mediante un sistematizado criterio de muestreo con las debidas aplicaciones estadísticas.

CONCLUSION

Las características morfológicas que presentan mayores niveles de confianza para la distinción de sexos son el tamaño y la cantidad de las espinas presentes en los pecíolos de frondas maduras de individuos adultos; cuyos valores para el grupo de hembras para la variable relativa al promedio en la longitud de las espinas es de 0.0700-0.4300 mm con \bar{X} de 0.2490 y S de 0.0581 y para el grupo de machos de 0.2250-0.6800 mm con \bar{X} de 0.4231 y S de 0.0881. El cálculo univariado de la estadística « t » de Student produjo un valor de 20.21 con 298 grados de libertad, probabilidad menor a 0.0001, que es altamente significativo. La cantidad de espinas para el grupo de hembras es de 8-85 con \bar{X} de 40.3 y S de 16.1311, para el grupo de machos es de 66-203 con \bar{X} de 120.1400 y S de 30.6780; el valor de la estadística « t » de Student fué de 28.21 también con 298 grados de libertad, con

lo que la diferencia detectada se declara altamente significativa, (probabilidad menor que 0.0001). El criterio univariado de clasificación es $X < 71.67$ según la variable cantidad de espinas declárese que el espécimen es « hembra » y si $X \geq 71.67$ declárese « macho ». Para la variable longitud de espinas, si $X < 0.3301$ clasificar como « hembra » y si $X \geq 0.3301$ clasifíquese como « macho ». Bajo este criterio las probabilidades de error estimadas para la muestra son de aproximadamente el 8% de clasificar una hembra como macho y una probabilidad de 15% aproximadamente de clasificar un macho como hembra con la variable longitud de las espinas. Similarmente para la variable cantidad de espinas, la probabilidad de clasificar una hembra como macho es de aproximadamente 6% y de clasificar un macho como hembra es de 3% en ausencia de estructuras reproductoras.

La validez de estos datos se da únicamente para la población de *Ceratozamia mexicana* muestreada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la valiosa colaboración del Dr. Luis Cruz Kuri del Instituto de Ciencias Básicas, U.V. por su paciente y decidido apoyo en el trabajo estadístico y computacional, así como a los Dres. Sergio Sabato y Aldo Moretti del Orto Botánico de la Universidad de Nápoles, sus atinadas sugerencias y comentarios.

Resumen

Las Cycadales vivientes son todas dioicas; los sexos se distinguen con facilidad por la presencia de los estróbilos; sin embargo, en el campo la mayoría de los individuos de la población adulta no poseen ese carácter en un momento dado, lo que dificulta la separación de sexos con fines demográficos. Se partió de la hipótesis de que caracteres morfológicos aparentes también tuvieran significación para propósitos de discriminación en el dimorfismo sexual en *Ceratozamia mexicana* Brongn.

Para determinar la diferenciación sexual vegetativa, se buscaron variables entre los caracteres tales como: longitud del tallo, diámetro del tallo, número de frondas en la corona, longitud de la fronda, ancho de la fronda, longitud del peciolo, longitud del raquis, pares de folíolos en la fronda, longitud de los folíolos, ancho de los folíolos, bifurcaciones de las venas en el folíolo, venas en la parte media del folíolo, distancia de la base a la última bifurcación en el folíolo, distancia de la base a la parte más ancha del folíolo, tamaño de las espinas en el peciolo y abundancia de espinas en el peciolo.

Mediante el cálculo de estadísticas básicas de medias y desviaciones estándar, para comparaciones preliminares; análisis estadísticos mediante la prueba « t » de Student y análisis multivariados por medio del cálculo de las estadísticas « T » cuadrada de Hotelling, « D » cuadrada de Mahalanobis, el valor « F » de la estadística de Fisher, con sus respectivos grados de libertad y la obtención de la matriz de correlación, se hizo una búsqueda de aquellas combinaciones de variables que tuvieran mayor poder discriminante para los propósitos de este estudio. Como consecuencia de ello y en particular, se encontró que las variables que mostraron mayores niveles de confianza para diferenciar individuos machos de individuos hembras fueron el tamaño y la cantidad de las espinas presentes en los pecíolos de frondas maduras de individuos adultos, detectándose una diferencia altamente significativa entre las medias para cada una de las variables, con una probabilidad menor que 0.0001.

Abstract

All living Cycadales are dioecious; sex is distinguished easily by the strobilus presence; however, in the natural habitat, the majority of individuals of the adult population do not possess that characteristic at a given time, thereby making difficult the separation of the sexes for demographic purposes. The starting point was the hypothesis that the apparent morphological characters have significance as well for effects of discrimination in the sexual dimorphism of *Ceratozamia mexicana* Brongn.

In order to determine the vegetative sexual differentiation, a search for variables was made among such characteristics as: stem length, stem diameter, number of fronds at the crown, frond length, frond width, petiole length, rachis length, number of leaflets pairs at the frond, length and width of leaflets, vein bifurcations at the leaflet, veins in the middle portion of the leaflet, distance from the base to the last bifurcation in the leaflet, distance from the base to the widest part of the leaflet, spine size in the petiole and spine abundance in the petiole.

By calculations of the essential statistics, such as, means and standard deviations, the preliminary comparisons were done; subsequent statistical analysis such as the Student's « t » Test and multivariate techniques involving the computation of Hotelling's « T-square », Mahalanobis' « D-square » and Fisher's F-value, including the respective degrees of freedom, as well as the construction of correlation matrices, were some of the more specialized tools used. A search was made for those combinations of variables having the maximal discriminant power in order to reach the goals of this work. As consequence and in particular, it was found that the variables showing the highest levels of confidence for differentiation purposes of males from females were the spine and the amount of spines present at the petioles of mature fronds in adult individuals, having detected a highly significant difference between the means for each one of these variables, with a probability smaller than 0.0001.

BIBLIOGRAFIA

- ALEJANDRE-ROSAS J.A., 1989. *Algunos aspectos de la demografía de Ceratozamia mexicana Brongn. (Zamiaceae) en un bosque mesófilo de montaña*. Tesis Profesional. Facultad de Biología, U.V. Xalapa, Veracruz, México. p. 154.
- ALOR-APANGO R.C., 1987. *Un estudio citológico en cicadáceas, satélites como indicadores del sexo en Ceratozamia hildae Landry & Wilson y C. microstrobila Vovides & Rees*. X Congreso Mexicano de Botánica. Septiembre 27 - Octubre 3. Guadalajara, Jalisco, México.

- ARNOTT H.J., 1959. *Anastomoses in the venation of Ginkgo biloba*. Am. J. Bot., **46**: 405-411.
- BRITTON N.L. & WILSON P., 1926. *Descriptive flora of Porto Rico and the Virgin Islands. Cycadales*. In: *Scientific Survey of Porto Rico and the Virgin Islands*. New York Academy Sciences, New York, **6**: 329-330.
- CHAMBERLAIN C.J., 1935. *Gymnosperms: structure and evolution*. Chicago. University of Chicago Press. pp. 184-216.
- ECKENWALDER J.E., 1980. *Taxonomy of the West Indian Cycads*. J. Arnold Arbor., **61**: 701-702.
- GARCÍA E., 1983. *Apuntes de climatología*. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. p. 153.
- GÓMEZ-POMPA A., 1978. *Ecología de la vegetación del estado de Veracruz*. CECSA México D.F. p. 91.
- INEGI, 1984a. *Carta Edafológica*. 1:250,000. Veracruz. E14-3. S.P.P. México D.F.
- INEGI, 1984b. *Carta Geológica*. 1:250,000. Veracruz. E14-3. S.P.P. México D.F.
- INEGI, 1984c. *Carta Topográfica*. 1:150,000. Jalapa. E14 B27. S.P.P. México D.F.
- INEGI, 1984c. *Carta Uso del Suelo y Vegetación*. 1:250,000. Veracruz. E14-3. S.P.P. México D.F.
- JOHNSON G.L., 1970. *Morfogénesis y clasificación de algunos perfiles de suelos derivados de cenizas volcánicas del Pico de Orizaba, Puebla y Veracruz*. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- LEWIS D., 1942. *The evolution of sex in flowering plants*. Biol. Rev., **17**: 46-67.
- LI H.L., 1956. « *A horticultural and botanical history of Ginkgo* ». Morris Arbor. Bull., **7**: 3-12.
- LIOGIER H.A. & MARTORELL L.F., 1982. *Flora of Puerto Rico and adjacent Islands: a systematic synopsis*. Editorial de la Universidad de Puerto Rico, Rio Piedra, Puerto Rico.
- MORETTI A., SABATO S. & VÁZQUEZ-TORRES M., 1980. *The distribution of Ceratozamia (Zamiaceae)*. Delpinoa n.s., **21**: 13-21.
- NEWELL S.J., 1985. *Intrapopulation variational in leaflet morphology of Zamia pumila L. in relation to microenvironment and sex*. Amer. J. Bot., **72**: 217-221.
- NORSTOG K., 1980. *Chromosome numbers in Zamia (Cycadales)*. Caryologia, **33**: 401-409.
- NORSTOG K., 1981. *Karyotype of Zamia chigua (Cycadales)*. Caryologia, **34**: 255-260.
- READ R.W., 1967. *Taxonomy of the Cycads of the West Indies and Florida*. Fifth Conference on Cycad Toxicity, sponsored by NIH, Fairchild Tropical Garden and V. of Miami. pp. III-1 III-6.
- RZEDOWSKI J., 1978. *Vegetacion de México*. LIMUSA. México D.F., p. 432.
- SANCHEZ-TINOCO M.Y., 1988. *Estudio morfológico de una población de Ceratozamia mexicana Brongn. (Zamiaceae)*. Tesis Profesional. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. p. 238.

- STEVENSON D.W., 1981. *Observations on ptyxis, phenology and trichomes in the Cycadales and their systematic implications*. Amer. J. Bot., **68**: 1104-1114.
- STEVENSON D.W., SABATO S. & VÁZQUEZ-TORRES M., 1986. *A new species of Ceratozamia (Zamiaceae) from Veracruz, Mexico with comments on species relationships, habitats and vegetative morphology in Ceratozamia*. Brittonia, **38**: 17-26.
- VÁZQUEZ-TORRES M., 1987. *Las cicadas de norte y mesoamerica*. Current Research in the Cycadales. Nice, France. In press.
- VOVIDES A.P., REES J.D. & VÁZQUEZ-TORRES M., 1983. *Zamiaceae*. INIREB. Xalapa, Veracruz, México. Flora de Veracruz, **26**: 1-11.
- YAMPLOSKY C. & YAMPLOSKY H., 1922. *Distribution of sex forms in the phanerogamic flora*. Bibl. Genet., **3**: 1-62.