

V. Análisis Fenético de las Especies del Género *Senna*, Sección *Chamaefistula* de la Argentina

Las Relaciones fenéticas o de similitud se basan en el parecido entre los organismos sin considerar el proceso genealógico por el cual aparecieron esas propiedades. Estas relaciones se expresan como proporción de las similitudes y diferencias existentes entre los organismos (Crisci & López Armengol 1983).

En el presente capítulo se intentará determinar las relaciones de similitud entre las 20 especies del género *Senna*, sección *Chamaefistula* estudiadas, con la finalidad de establecer la proximidad que existe entre las especies empleadas en medicina vernácula y las restantes especies pertenecientes a la misma sección.

Metodología

Para establecer las relaciones fenéticas se empleará el camino de la taxonomía numérica que es la evaluación numérica de la afinidad o similitud entre unidades taxonómicas basándose en el estado de sus caracteres (Sokal & Sneath 1963).

La taxonomía numérica comprende dos aspectos: uno filosófico, basado en la teoría clasificatoria denominada "feneticismo" y el otro el de las técnicas numéricas, que son el camino operativo para aplicar dicha teoría.

De acuerdo con Crisci & Lopez Armengol (1983) la teoría del feneticismo tiene en cuenta:

- a) las clasificaciones deben llevarse a cabo utilizando un gran número de caracteres, tomados de todas las partes del cuerpo del organismo y en cualquier momento de su ciclo vital. No existe una respuesta absoluta sobre el número de caracteres a utilizar, pero se estima que no debe ser inferior a 50 (Sneath 1978).
- b) Todos los caracteres tienen el mismo peso o significación al comenzar la clasificación. Rechaza la significación o peso *a priori* y reivindica la significación *a posteriori*, es decir, reconocer el o los caracteres que mejor discriminan o diagnostican los grupos formados, una vez construida una clasificación.
- c) La clasificación no tiene en cuenta las relaciones genealógicas o filogenéticas.
- d) La clasificación se basa en **similitudes fenéticas**. Se entiende por fenético cualquier tipo de carácter utilizable en la clasificación, incluyendo los morfológicos, fisiológicos, ecológicos, anatómicos, citológicos, geográficos, etc.
- e) No es necesario conocer la historia evolutiva del grupo de organismos en estudio.

Se denomina técnicas numéricas a la rama de la taxonomía numérica que mediante operaciones matemáticas calcula la afinidad entre unidades taxonómicas en base al estado de sus caracteres. El uso de la taxonomía numérica en el establecimiento de las relaciones taxonómicas en diversos grupos de

plantas es ampliamente conocido (Sneath & Sokal 1973; Clifford & Stephenson 1975; Duncan & Baum 1981; Crisci 1974; Crisci et al. 1979).

Para la aplicación de la taxonomía numérica se siguen los siguientes pasos:

- I. Acumulación de los datos
- II. Procesamiento de los datos

I. Acumulación de datos

Este paso comprende:

1. Elección de las unidades de trabajo u OTU (Operational Taxonomic Unit, en el sentido de Sneath & Sokal 1973).
2. Elección de los caracteres.
3. Construcción de la matriz básica de datos (MBD).

1. Elección de las OTU

Las unidades operacionales taxonómicas elegidas son las 20 especies del género *Senna* estudiadas, a saber: OTU 1: *S. araucarietorum*; OTU 2: *S. arnottiana*; OTU 3: *S. birostris* var. *hookeriana*; OTU 4: *S. burkartiana*; OTU 5: *S. corymbosa*; OTU 6: *S. hilariana*; OTU 7: *S. hirsuta* var. *puberula*; OTU 8: *S. hirsuta* var. *streptocarpa*; OTU 9: *S. leiophylla*; OTU 10: *S. morongii*; OTU 11: *S. nana*; OTU 12: *S. oblongifolia*; OTU 13: *S. obtusifolia*; OTU 14: *S. occidentalis*; OTU 15: *S. pendula* var. *eriocarpa*; OTU 16: *S. pendula* var. *missionum*; OTU 17: *S. pendula* var. *paludicola*; OTU 18: *S. pilifera*; OTU 19: *S. scabriuscula*; OTU 20: *S. subulata*.

Los datos correspondientes a cada especie fueron tomados del material estudiado que se ha citado en las descripciones de cada especie.

1. Elección de los caracteres

Para cada OTU se registraron 60 caracteres (53 morfológicos y 7 químicos). De los 53 caracteres morfológicos 40 corresponden a las partes vegetativas (15 de morfología externa, 25 de anatomía) y 13 a las partes reproductivas (8 de fruto y 5 de semilla); 12 son cuantitativos (6 continuos y 6 discontinuos) y 48 cualitativos (11 son multiestado y 37 doble estado). De los 37 doble estado 19 son estados excluyentes y 18 son presencia/ausencia.

Los diferentes estados que presentan los caracteres cualitativos fueron codificados. La codificación consiste en otorgarle a cada uno de ellos un valor numérico ordinal. Los caracteres doble estado se codificaron con los números 1 (presencia) y 0 (ausencia) e igual codificación se empleó para los caracteres doble estado excluyentes y para los multiestado se codificó como 0-1-2, de acuerdo a la secuencia de variación observada (Tabla 5).

Tabla 5. Caracteres usados con sus respectivos estados

CARÁCTER	ESTADOS	CODIFICACIÓN
1. Hábito	Hierba o subfrútice	0
	Subarbusto/arbusto	1
	Arbolito	2
2. Hoja: longitud (cm)	-----	-----
3. Hoja: folíolos longitud (cm)	-----	-----
4. Hoja: número de folíolos	-----	-----
5. Hoja: margen del folíolo	Plano	0
	Revoluto	1
6. Hoja: indumento	Ausente	0
	Ausentes y presente	1
	Presente	2
7. Estípulas foliáceas	Presente	1
	Ausente	0
8. Tipo de tricomas	Glandular y no glandular	0
	No glandular	1
9. Ubicación del/los nectario/s	Pecioar	0
	Raqueal	1
10. Ubicación del nectario sobre el peciolo	Basal	0
	Distal	1
11. Margen del folíolo	Grueso	0
	Normal	1
12. De 4-8 pares de venas secundarias	Presente	1
	Ausente	0
13. De 8-11 pares de venas secundarias	Presente	1
	Ausente	0
14. De 12-18 pares de venas secundarias	Presente	1
	Ausente	0
15. Modelo de venación terciaria	Percurrente	0
	Reticulado al azar	1
16. Venación marginal	Incompleta	0
	Subojalada	1
17. Modelo de pared anticlinal	Rectas	0
	Curvadas y Onduladas en U	1
	Onduladas en U	2
18. Estomas: longitud (μm)	-----	-----

Tabla 5. (Continuación)

19. Estomas: latitud (μm)	-----	-----
20. Lámina: estructura	Bifacial	0
	Equifacial	1
21. Tipo de mesofilo	Dorsiventral	0
	Isolateral o indiferenciado	1
	Indiferenciado	2
22. Espesor del mesofilo en capas de células	-----	-----
23. Estomas: distribución	Anfistomáticas	0
	Hipostomáticas	1
24. Epidermis adaxial (capas)	Uniestratificada	0
	Uni y Biestratificada	1
	Biestratificada	2
25. Epidermis abaxial papilosa	Presente	1
	Ausente	0
26. Estomas: ubicación respecto al nivel de la epidermis	A nivel o ligeramente elevados	0
	Ligeramente hundidos	1
	Muy hundidos	2
27. Forma de la costilla media en la cara adaxial	Cóncava o hundida	0
	Plano-Convexa	1
	Convexa	2
28. Casquetes de fibras esclerenquimáticas	Presente	1
	Ausente	0
29. Lámina: margen	Colenquimático	0
	Parenquimático	1
30. Pecíolo: contorno del dorso	Redondeado	0
	Trilobado-redondeado	1
	Pentalobado	2
31. Pecíolo: número de haces vasculares medulares	Tres o cinco	-----
32. Raquis: tipo de estela	Subsifonostela o sifonostela	0
	Arco	1
	Eustela	2
33. Tallo: contorno	Costillado	0
	Terete a subcostillado	1
34. Tallo: distribución del colénquima	Continuo	0
	Discontinuo	1
35. Tallo: fibras pericíclicas	Fascículos	0
	Anillo	1

Tabla 5. (Continuación)

36. Tallo: esclereidas pericíclicas	Presentes	1
	Ausentes	0
37. Esclereidas en fascículos corticales	Presentes	1
	Ausentes	0
38. Esclereidas en el floema	Presentes	1
	Ausentes	0
39. Tallo: médula	Maciza	1
	Hueca	0
40. Número de óvulos por carpelo	-----	-----
41. Fruto: posición	Ascendente	0
	Descendente	1
42. Fruto: forma	Subcilíndrico	0
	Lateralmente comprimido	1
43. Número de series de semillas por carpelo	Uniseriadas	0
	Biseriadas	1
44. Fruto: longitud total (mm)	-----	-----
45. Fruto: dehiscencia	Dehiscente	1
	Indehiscente	0
46. Fruto: indumento	Glabro	0
	Pubescente	1
47. Semilla: posición en el fruto	Oblicua respecto al fruto	0
	Longitudinal respecto al fruto	1
	Transversal al fruto	2
48. Semilla: longitud (mm)	-----	-----
49. Semilla: aréola	Presente	1
	Ausente	0
50. Semilla: capa interna de esclereidas	Presente	1
	Ausente	0
51. Embrión con cotiledones plegados	Presente	1
	Ausente	0
52. Drusas	Presentes	1
	Ausentes	0
53. Drusas en el mesofilo foliar	Ausentes	0
	Escasas	1
	Abundantes	2
54. Drusas en el floema de la vena media	Presentes	1
	Ausentes	0

Tabla 5. (Continuación)

55. Drusas en el floema del tallo	Presentes	1
	Ausentes	0
56. Drusas en el pericarpo	Presentes	1
	Ausentes	0
57. Maclas en las venas marginales	Presentes	1
	Ausentes	0
58. Cristales en la epidermis	Presentes	1
	Ausentes	0
59. Indice estomático en la cara abaxial (%)	-----	-----
60. Indice en empalizada	-----	-----

3. Construcción de la matriz básica de datos (MBD)

Una vez obtenida la información sobre los estados de los 60 caracteres de las 20 especies bajo estudio, se construyó una matriz denominada Matriz Básica de Datos donde los datos están ordenados en filas que representan las OTU y las columnas los caracteres (Tabla 6). Para los datos no obtenibles, por ejemplo valores perdidos, variable aún no obtenida o atributo ausente en la OTU, se empleó el símbolo 999 (no comparable); éstos son descartados durante el procesamiento de los datos.

La matriz básica de datos se puede estudiar desde dos puntos de vista (Cattell 1952): el de la asociación de las OTU, llamada técnica Q y el de la asociación de caracteres, llamada técnica R.

Tabla 6. Matriz Básica de Datos de *Senna*: 20 OTU's por 60 caracteres

CARACTERES																					
OTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<i>S. araucarietorum</i>	1	15	9	6	0	1	0	0	1	999	1	0	0	1	1	0	2	27.5	22.5	0	0
<i>S. arnottiana</i>	1	3.5	1.5	8	0	1	0	1	1	999	1	1	0	0	1	0	0	32.5	27.5	1	1
<i>S. birostris hookeriana</i>	1	8	2	12	0	2	0	1	1	999	1	1	0	0	1	0	1	27.5	22.5	1	1
<i>S. burkartiana</i>	2	15	5.5	10	1	2	0	1	1	999	1	0	0	1	0	0	0	27.5	25	0	0
<i>S. corymbosa</i>	2	5	3.5	6	0	1	0	1	1	999	1	1	0	0	1	0	2	25	22.5	0	0
<i>S. hilariana</i>	1	4.5	2	16	0	0	0	1	1	999	1	1	0	0	0	0	2	30	22.5	0	0
<i>S. hirsuta puberula</i>	1	10.5	6.5	12	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	25	22.5	1	2
<i>S. hirsuta streptocarpa</i>	1	12.5	4	12	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	25	20	1	2
<i>S. leiophylla</i>	0	4	1.5	6	0	1	0	1	1	999	1	0	0	1	0	1	1	22.5	17.5	0	0
<i>S. morongii</i>	1	9	4	8	1	2	0	0	1	999	1	1	0	0	0	0	1	25	18.5	0	0
<i>S. nana</i>	0	4.5	2.5	2	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	25	22.5	0	0
<i>S. oblongifolia</i>	1	14	4	8	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	27.5	22.5	0	0
<i>S. obtusifolia</i>	0	10	4	8	0	1	0	0	1	999	1	0	1	0	0	0	1	27.5	20	0	0
<i>S. occidentalis</i>	1	7.5	4.5	12	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	27.5	21	0	0
<i>S. pendula eriocarpa</i>	1	10	2.5	8	0	2	0	0	1	999	1	1	0	0	0	0	2	23.5	17.5	0	0
<i>S. pendula missionum</i>	1	10	3.5	8	0	1	0	1	1	999	1	1	0	0	0	0	2	27.5	22.5	0	0
<i>S. pendula paludicola</i>	1	8	3.5	8	0	1	0	0	1	999	1	0	1	0	0	0	1	22.5	17.5	0	0
<i>S. pilifera</i>	0	9	4	4	0	2	0	0	1	999	1	0	1	0	0	1	2	22.5	17.5	0	0
<i>S. scabriuscula</i>	0	15	5	16	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	30	18.5	1	1
<i>S. subulata</i>	1	8.5	2	8	0	2	1	0	1	999	1	0	1	0	0	0	1	25	21	0	0

Tabla 6. (Continuación).

CARACTERES																					
OTU	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
<i>S. araucarietorum</i>	9	1	0	0	0	0	1	0	2	3	0	1	0	0	1	0	0	1	38	1	0
<i>S. arnottiana</i>	16	0	0	0	2	1	1	1	0	3	1	1	0	0	0	0	0	1	10	1	1
<i>S. birostris hookeriana</i>	9	0	0	1	1	0	0	1	1	3	0	1	999	0	1	1	1	1	15	0	0
<i>S. burkartiana</i>	8	1	0	1	1	0	0	0	0	3	0	1	0	0	1	0	0	1	28	1	0
<i>S. corymbosa</i>	7	1	0	1	0	2	1	1	1	3	0	1	0	0	0	0	0	1	30	1	0
<i>S. hilariana</i>	5	0	1	1	1	2	1	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	1	28	1	0
<i>S. hirsuta puberula</i>	12	0	0	0	0	0	1	1	1	5	0	0	1	1	0	0	0	1	75	1	1
<i>S. hirsuta streptocarpa</i>	7	1	0	1	0	0	0	0	1	3	0	0	1	1	1	0	0	1	55	1	1
<i>S. leiophylla</i>	8	0	1	0	1	2	1	0	1	3	2	0	1	0	0	0	0	1	999	0	1
<i>S. morongii</i>	8	1	1	0	0	1	0	0	1	3	0	1	0	0	1	0	0	1	60	0	0
<i>S. nana</i>	8	0	0	0	2	1	0	0	1	3	999	0	1	1	0	0	0	1	20	999	0
<i>S. oblongifolia</i>	8	0	1	0	0	2	1	0	1	3	2	1	0	0	1	0	0	1	65	0	0
<i>S. obtusifolia</i>	9	0	0	1	1	2	1	0	1	4	2	0	0	1	0	0	0	1	35	0	1
<i>S. occidentalis</i>	9	0	0	0	0	1	1	1	2	5	0	1	0	1	1	0	0	1	10	0	1
<i>S. pendula eriocarpa</i>	5	1	0	1	1	1	1	0	1	3	0	1	0	1	0	0	0	0	80	1	0
<i>S. pendula missionum</i>	5	1	2	1	1	1	1	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	90	1	1
<i>S. pendula paludicola</i>	7	1	2	1	1	1	1	0	1	3	0	1	0	0	1	0	0	0	78	1	0
<i>S. pilifera</i>	5	0	0	0	1	2	1	0	1	3	2	0	1	0	1	0	0	1	20	0	0
<i>S. scabriuscula</i>	11	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	1	0	1	1	0	0	1	35	0	1
<i>S. subulata</i>	7	0	0	0	1	2	1	0	1	3	0	1	1	1	1	0	0	1	40	1	0

Tabla 6. (Continuación).

CARACTERES																				
OTU	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60		
<i>S. araucarietorum</i>	0	10.5	0	0	2	3.5	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	19.8	8		
<i>S. arnottiana</i>	0	9.5	0	0	2	9.5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	8.9	4		
<i>S. birostris hookeriana</i>	0	7.5	0	0	0	5.5	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	14.3	4		
<i>S. burkartiana</i>	0	15.5	0	0	0	4.5	0	1	0	1	2	1	1	0	0	0	6.9	10		
<i>S. corymbosa</i>	0	12.5	0	0	2	5	0	1	0	1	2	1	1	0	1	0	19.4	13		
<i>S. hilariana</i>	0	8.5	0	0	2	999	0	0	0	1	2	0	1	1	1	1	26.7	19		
<i>S. hirsuta puberula</i>	0	25.5	999	1	0	2.5	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	22.9	5		
<i>S. hirsuta streptocarpa</i>	0	15	999	1	0	2.5	1	0	0	1	2	1	1	1	0	0	22.5	5		
<i>S. leiophylla</i>	0	9.5	999	1	2	5	1	0	1	1	2	0	1	1	1	0	23.8	7		
<i>S. morongii</i>	1	8.5	0	1	2	4	0	0	0	1	2	0	1	1	0	0	10.8	5		
<i>S. nana</i>	0	6.5	1	1	0	3.5	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	25	6		
<i>S. oblongifolia</i>	0	9	0	0	2	4	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	21.3	14		
<i>S. obtusifolia</i>	0	16.5	1	1	0	5	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	27.8	6		
<i>S. occidentalis</i>	0	13.5	1	1	2	4	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	26.7	10		
<i>S. pendula eriocarpa</i>	1	8	999	0	2	4.5	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	15.6	8		
<i>S. pendula missionum</i>	1	8.5	999	0	2	999	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	20.9	9		
<i>S. pendula paludicola</i>	1	14.5	0	0	2	4.5	0	0	0	1	2	1	1	1	1	0	18.9	11		
<i>S. pilifera</i>	0	8.5	0	1	1	5.5	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	18.9	7		
<i>S. scabriuscula</i>	0	15	1	1	0	4	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	21.1	8		
<i>S. subulata</i>	1	6.5	0	0	2	4	0	0	0	1	2	1	1	0	1	0	14.5	11		

II. Procesamiento de los datos

La Matriz Básica de Datos representada en este estudio es de 20 OTU por 60 caracteres y fue analizada por las técnicas numéricas tipo Q y R [Análisis de Agrupamientos (cluster analysis)] y la técnica ACP [Métodos de Ordenación (ordination)] siguiendo las técnicas de análisis multivariado propuestas por Rohlf (1998) en el programa de computación Numerical Taxonomy System and Multivariate Statistical Programs (NTSYS-pc), versión 2.02f.

El procesamiento de los datos se realizó mediante las técnicas de análisis de matrices de similitud (Sneath & Sokal 1973) que permiten el reconocimiento de las relaciones entre la totalidad de las OTU.

Antes de ser sometida al análisis mediante técnicas numéricas la MBD debió ser estandarizada por caracteres. La estandarización consiste en expresar los datos de la matriz original en unidades de desviación estandar, con el objeto de evitar el desigual peso de los caracteres, debido al uso de diferentes escalas de medida (Sneath & Sokal 1973).

A. Análisis de Agrupamientos

TECNICA TIPO Q: clasificación de OTU (asociación de especies)

Incluye las siguientes etapas:

- a. Obtención del coeficiente de similitud de "distancia taxonómica" (Taxonomic Distance, Average Euclidean Distance; Sneath & Sokal 1973) para cada par posible de las 20 OTU, cuya fórmula es la siguiente:

"Taxonomic Distance"

$$TD = \left(\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2 \right)^{1/2}$$

donde:

x_{ij} es el valor del carácter i en la OTU j

x_{ik} es el valor del carácter i en la OTU k

n = número de caracteres

Los valores que se obtienen varían entre 0 e ∞ (cero e infinito), siendo 0 (cero) el valor de máxima similitud.

- b. Construcción de la matriz de similitud sobre la base de los valores anteriores. En esta matriz las OTU ocupan las filas y las columnas, siguiendo el mismo orden en ambas; de esta manera se compara cada OTU consigo misma y con las restantes. La diagonal principal de la matriz representa a cada OTU comparada consigo misma, correspondiendo este valor al de la máxima similitud (cero en este caso).

- c. Agrupamiento de las 20 OTU en un fenograma de distancia entre individuos, mediante la aplicación del método de ligamiento promedio, UPGMA (unweighted pair-group method using arithmetic average, Sokal & Michener 1958).

El **fenograma** es un diagrama en forma de árbol que muestra la relación en grado de similitud (fenética) entre dos OTU o grupos de OTU. Los valores de similitud se expresan en una escala que acompaña al gráfico. El diagrama está formado por líneas horizontales donde se ubican las OTU. Estas líneas horizontales se unen mediante líneas verticales que expresan en relación con la escala el valor de similitud entre las OTU o conjuntos de OTU. Un grupo de OTU está formado por todas las paralelas a la escala que nacen de una misma línea vertical y las ramificaciones que contiene (**Fig. 51**).

- d. Cálculo del "coeficiente de correlación cofenético" (CCC) de Sokal & Rohlf (1962), para medir la distorsión que se produce al realizar el fenograma a partir de la matriz de similitud. Los valores de este coeficiente comúnmente varían entre 0,6 y 0,9 siendo los valores superiores a 0,8 indicadores de escasa distorsión (**Figs. 53 y 54**).

TECNICA TIPO R: clasificación de caracteres o variables (asociación de caracteres)

Incluye los mismos pasos que la técnica Q pero en este caso los caracteres fueron considerados como OTU; el gráfico resultante es un fenograma de distancia entre caracteres (**Fig. 52**).

Esta técnica se aplica con el propósito de establecer cuáles caracteres se hallan agrupados y cuáles no. Esto significa que los primeros están altamente correlacionados y que los no agrupados son relativamente independientes entre sí.

B. Métodos de Ordenación

TÉCNICA DE ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP): ordenación de las OTU

A diferencia del Análisis de Agrupamientos, estos métodos no trazan límites en el espacio que separen a los grupos (Moss 1967; Harman 1967; Boyce 1969; Jensen & Eshbaugh 1976). Las relaciones entre las OTU o entre los caracteres están reflejadas en la posición en que se disponen en ese espacio. Se realiza a partir de la matriz de correlación entre OTU o entre caracteres y sus resultados están expresados en modelos geométricos bi o tridimensionales (**Figs. 55 y 56**).

Partiendo de una matriz de similitud entre las OTU (técnica Q), se establece la relación entre las especies (OTU) por su proximidad en el espacio: cuanto más próximas se encuentran, más relacionadas están entre sí [**Fig. 55** (es un gráfico tridimensional de las OTU. Los puntos llevan etiqueta y están unidos al origen de coordenadas por los vectores de línea cortada.)]. Partiendo de una matriz de similitud entre caracteres (técnica R), la representación gráfica final se refiere a la relación entre caracteres [**Fig. 56** (los puntos están etiquetados con los números de los caracteres o variables que representan.)].

Resultados

Descripción del fenograma de distancia entre OTU

(Técnica Q: 20 OTU por 60 caracteres)

En el fenograma de distancia (**Fig. 51**), obtenido mediante la técnica tipo Q se reconoce a un bajo nivel de similitud una especie aislada (*Senna birostris* var. *hookeriana*). En el nivel siguiente de similitud se ubica una segunda especie aislada (*Senna nana*). En el tercer nivel de similitud una tercera especie aislada (*Senna arnottiana*). En el cuarto nivel de similitud se ubica el núcleo formado por las especies (*Senna leiophylla*, *S. obtusifolia* y *S. pilifera*). Al quinto nivel de similitud se ubica un gran grupo formado por *Senna hirsuta* var. *streptocarpa*, *S. scabriuscula*, *Senna occidentalis*, *S. hirsuta* var. *puberula*, *S. morongii*, *S. subulata*, *S. pendula* var. *paludicola*, *S. pendula* var. *missionum*, *S. pendula* var. *eriocarpa*, *S. oblongifolia*, *S. hilariana*, *S. corymbosa*, *S. burkartiana* y *S. araucarietorum*.

Este gran grupo comprende dos subgrupos: el primero de los subgrupos contiene las especies *Senna hirsuta* var. *streptocarpa*, *S. scabriuscula* y el núcleo formado por *Senna occidentalis* y *S. hirsuta* var. *puberula*. El segundo subgrupo comprende varias especies a diferentes niveles de similitud tales como: *Senna araucarietorum*, *S. burkartiana*, *S. morongii* y *S. subulata* y dos conjuntos. Un conjunto integrado por las variedades de *Senna pendula* (*S. p.* var. *paludicola*, *S. p.* var. *missionum* y *S. p.* var. *eriocarpa*) y el otro conjunto formado por *S. corymbosa* y el núcleo compuesto por *S. hilariana* y *S. oblongifolia*.

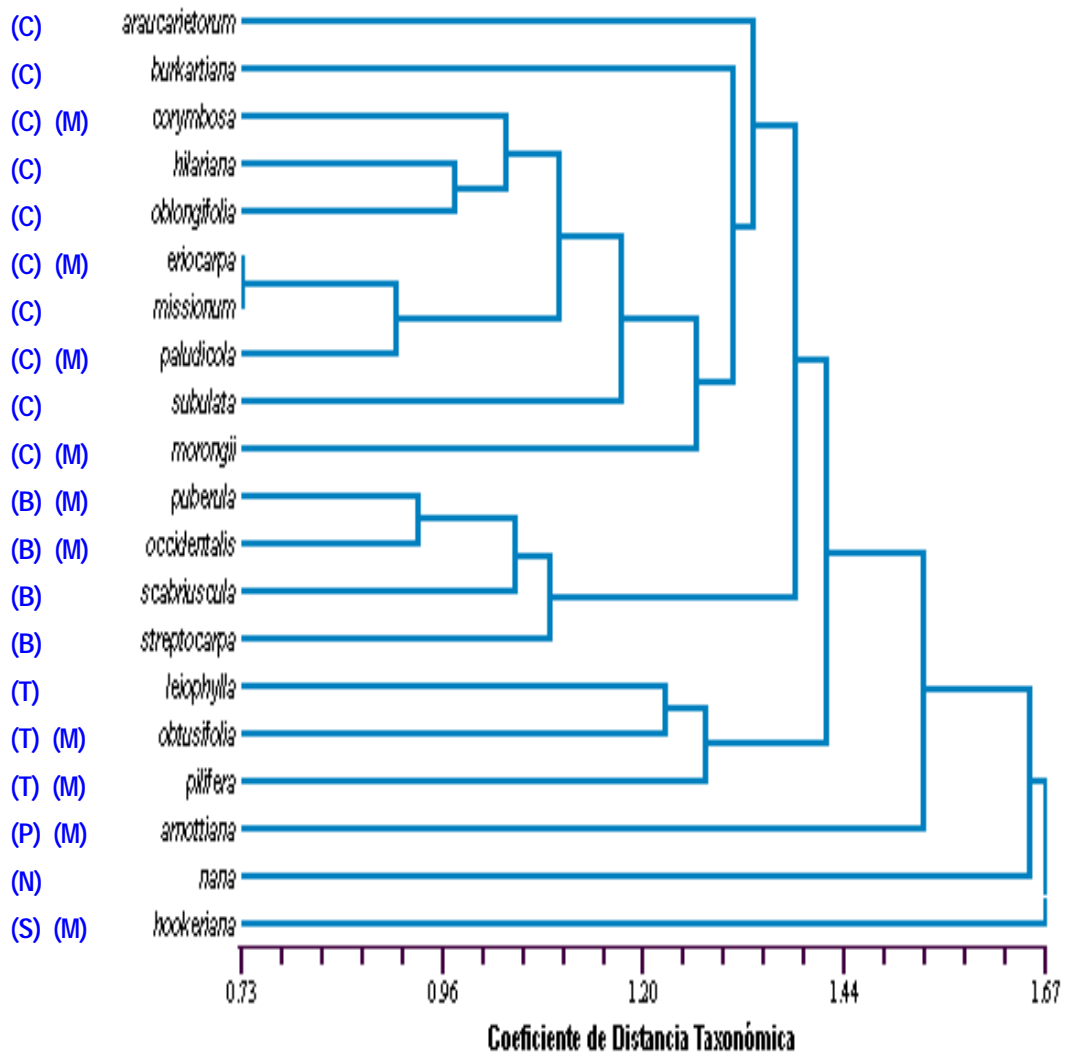


Fig. 51. Fenograma de distancia de las 20 especies de *Senna*, UPGMA. CCC = 0.895
 (B) serie *Basiglandulosae*, (C) serie *Coluteoideae*, (N) serie *Nanae*, (P) serie *Pachycarpae*, (S) serie *Stipulaceae*, (T) serie *Trigonelloideae*; (M) especies usadas en medicina popular.

Descripción del fenograma de distancia entre caracteres o variables

(Técnica R: 60 caracteres por 60 caracteres)

En el fenograma de distancia entre caracteres (**Fig. 52**) a un bajo nivel de similitud, se originan dos grandes grupos: un grupo (A) constituido por los caracteres vegetativos y reproductivos de todos los órganos estudiados incluidos los cristales en la epidermis foliar (4, 21, 22, 29, 31, 35, 42, 46, 49, 39, 50, 19, 26, 58, 32 y 41); el otro grupo (B) también está formado por caracteres vegetativos y reproductivos.

En el grupo (A) encontramos dos subgrupos.

El subgrupo (a) está formado por los caracteres (4, 21, 22, 29, 31, 42, 46, 49, 39 y 50) y

el subgrupo (a1) formado por los caracteres (19, 26, 58, 32 y 41).

En el subgrupo (a) se distinguen dos conjuntos,

el conjunto de los caracteres 39 y 50 que combinan caracteres del tallo con los de semilla y

el conjunto de los caracteres de hoja, tallo, fruto y semilla (4, 21, 22, 29, 31, 42, 46 y 49).

Dentro del grupo (B) se distinguen dos subgrupos:

el subgrupo (b) formado por caracteres de hoja, tallo, fruto y semilla (1, 33, 11, 23, 25, 54, 9, 10, 27, 28, 47, 57, 24, 43, 5, 48, 6, 36, 52, 53, 7, 13, 2, 59, 3, 30, 17, 18, 44, 45, 56, 14, 40, 16, 51 y 55)

y el subgrupo (b1) con caracteres de hoja y tallo (8, 12, 15, 20, 60, 34, 37 y 38).

Dentro del subgrupo (b) se distinguen dos conjuntos: el conjunto (c) integrado por los caracteres predominantemente de hoja y semilla (1, 33, 11, 23, 25, 54, 9, 10, 27, 28, 47, 57, 24, 43, 5, 48, 6, 36, 52, 53, 7 y 13). y el conjunto (c1) integrado por caracteres del tallo, hoja, fruto y semilla (2, 59, 3, 30, 17, 18, 44, 45, 56, 14, 40, 16, 51 y 55).

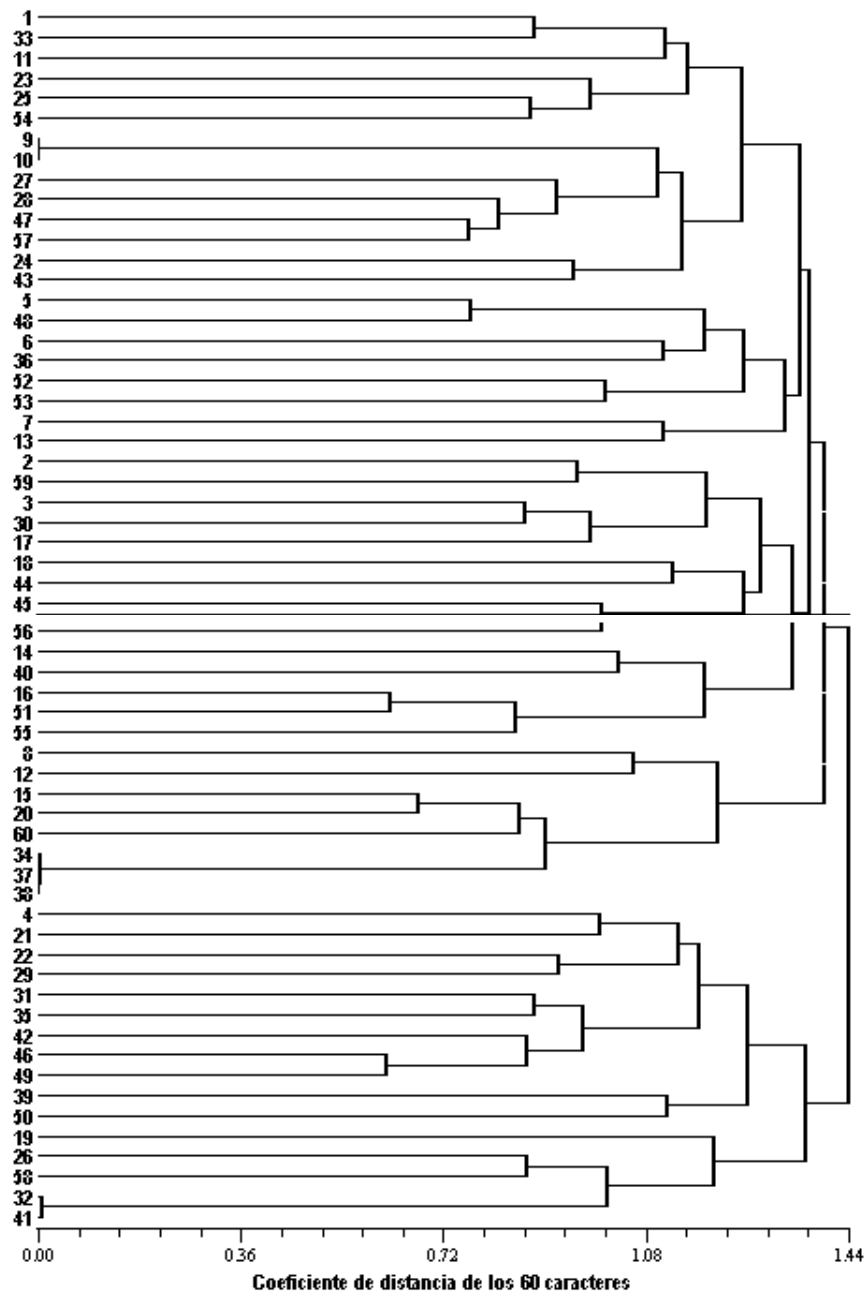
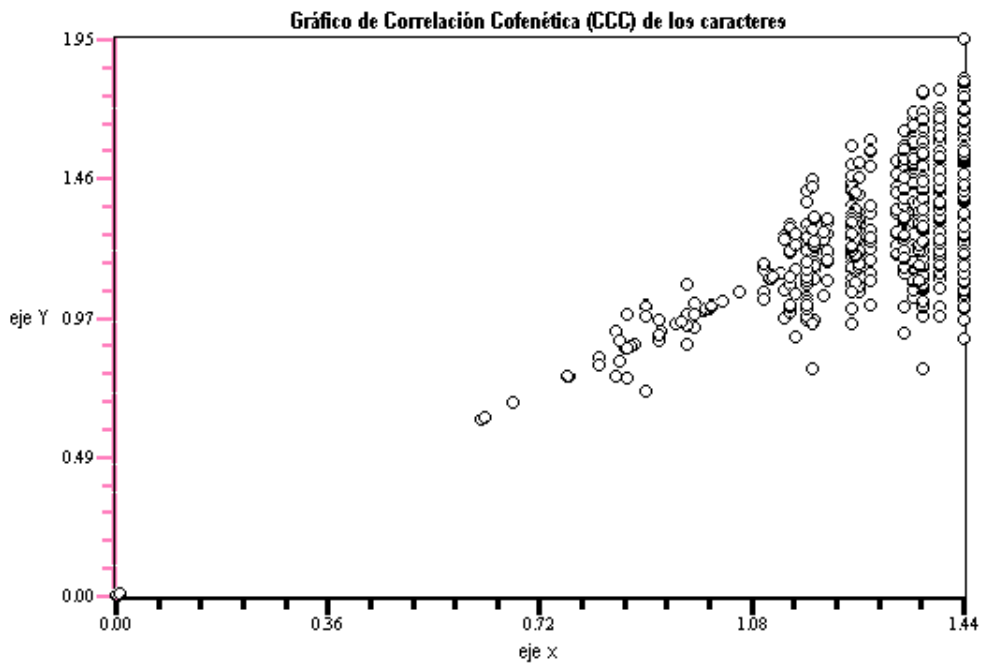
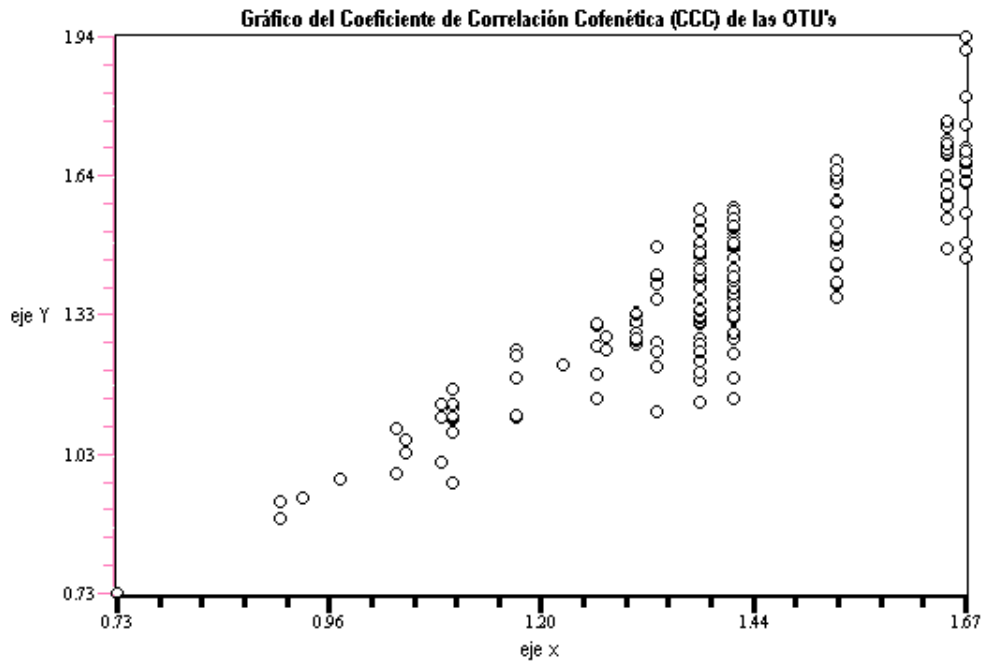


Fig. 52. Fenograma de distancia de los 60 caracteres de *Senna* UPGMA. CCC = 0.654.



Figs. 53, 54. Gráficos del Coeficiente de Correlación Cofenética (CCC).

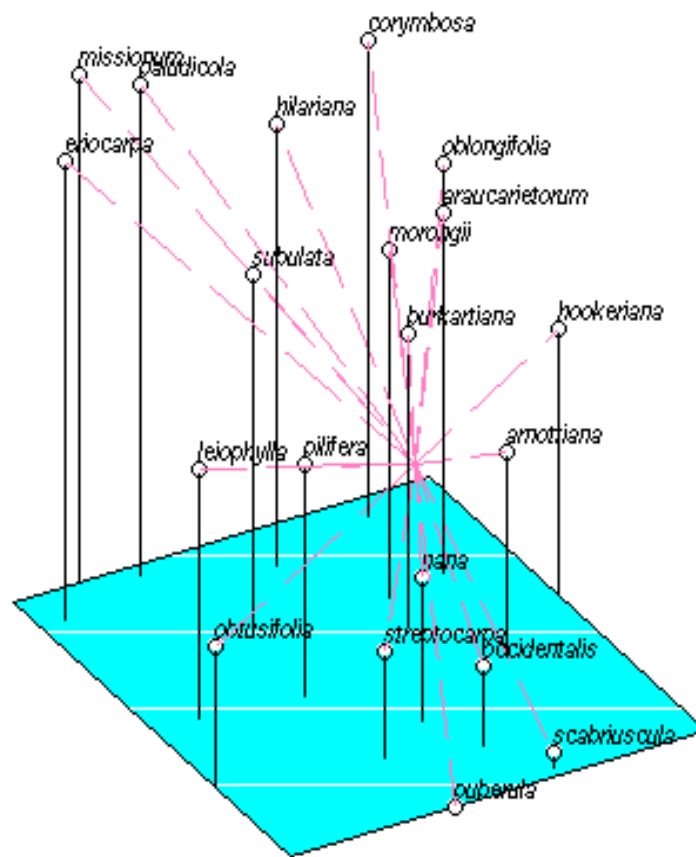


Fig. 55. Gráfico tridimensional del Análisis de Componentes Principales (ACP): ordenamiento de OTU's

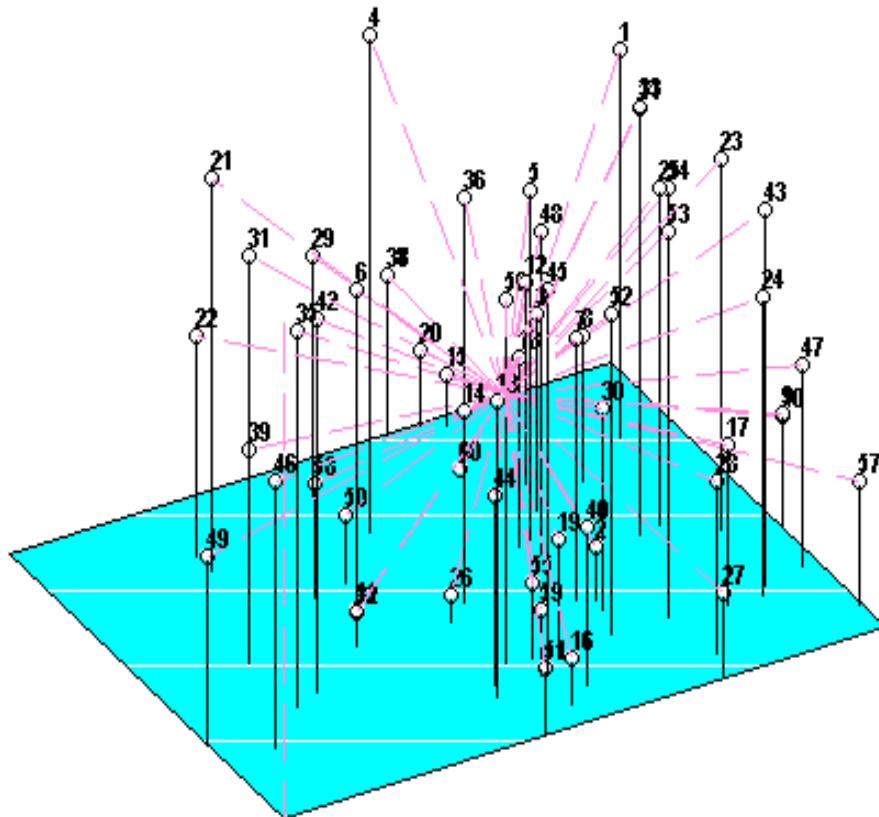


Fig. 56. Gráfico tridimensional del Análisis de Componentes Principales (ACP): ordenamiento de caracteres o variables.

Conclusiones y Discusión

1. *Senna birostris* var. *hookeriana* es la única especie de la serie *Stipulaceae* que crece en la Argentina. En el fenograma se presenta aislada y posee caracteres morfológicos y anatómicos particulares, como la presencia de fascículos de esclereidas en el parénquima cortical y en el floema de los tallos y escasez de cristales de oxalato de calcio en sus órganos. Es una especie medicinal.
2. La especie aislada *Senna nana* que forma parte de la serie monotípica *Nanae*. Esta especie difiere de las restantes en los caracteres morfológicos y anatómicos: es una planta enana generalmente con sólo dos folíolos en sus hojas, el nectario está incluido en la parte distal del pecíolo, el margen de la lámina está engrosado con tejido colenquimático, la venación marginal de la lámina termina en "racimos" de traqueidas, etc. En la distribución se encuentra sólo ocasionalmente en la Argentina (Misiones).
3. *Senna arnottiana* es la única especie de la serie *Pachycarpae* que crece en la Argentina. En el fenograma se presenta aislada y posee características de adaptación a condiciones rigurosas, tales como la cutícula y la pared periclinal externa de las células epidérmicas gruesas, estomas hundidos y cubiertos por abundante cera. Los cristales de oxalato de calcio son abundantes pero prácticamente no se observan drusas (sólo ocasionalmente en la médula del tallo). Su distribución está restringida a la región de Mendoza, Neuquén y Río Negro. Es una especie medicinal.
4. El grupo formado por *Senna leiophylla*, *S. obtusifolia* y *S. pilifera* se corresponde con la serie *Trigonelloideae*. Poseen caracteres en común tales como los nectarios elíptico-lanceolados y con superficie papilosa, la vena media biconvexa y el haz con casquetes de fibras esclerenquimáticas, tanto el pecíolo como el raquis presentan los haces medulares en eustela, el tallo es de contorno subterete, la semilla es romboidal y el embrión presenta los cotiledones plegados. Dos de las tres especies son medicinales. *Senna pilifera* es de las tres especies la más distanciada y presenta características morfológicas y anatómicas exclusivas, por ejemplo en la morfología y estructura del fruto, esto coincide con Irwin & Barneby (1982) quienes señalan que es una especie polimórfica.
5. El grupo formado por *Senna hirsuta* var. *streptocarpa*, *S. scabriuscula*, *S. occidentalis* y *S. hirsuta* var. *puberula* se corresponde con la serie *Basiglandulosae*. El núcleo está formado por *Senna hirsuta* var. *puberula* y *S. occidentalis* ambas especies empleadas en medicina popular. En *S. scabriuscula* se encontraron caracteres similares a *S. hirsuta*, tales como el tipo y características de los tricomas y afines a *S. occidentalis* como los frutos y semillas. *Senna hirsuta* var. *streptocarpa* es una variedad de la especie *Senna hirsuta*. Sobre la base de la estrecha relación que existe entre las cuatro especies se supone la posible presencia de principios medicinales en todas ellas.

6. Dentro del amplio grupo correspondiente a la serie *Coluteoideae* se presentan:
- 6.a.-las especies aisladas *Senna araucarietorum* y *S. burkartiana*. De la primera de las especies sólo se sospecha su presencia en territorio argentino, ya que no ha sido coleccionada y posee distribución predominante en Brasil y Paraguay. *Senna burkartiana* posee un área de distribución reducida y por encima de los 1800 m sobre el nivel del mar.
- 6.b.-las especies aisladas *Senna morongii* y *S. subulata*. *Senna morongii* es la especie de más amplia distribución en el territorio argentino, fácil de diferenciar por su densa pubescencia, sus frutos oblongos con compresión dorsiventral y dentro de la serie es la que presenta mayor cantidad de drusas en el mesofilo foliar. Es una especie medicinal. *Senna subulata* se distingue de las restantes especies estudiadas por sus hojas con estípulas arriñonadas y en la anatomía por la abundancia de células taníferas.
- 6.c. el conjunto formado por las variedades de *Senna pendula* (*S. p. var. eriocarpa*, *S. p. var. missionum* y *S. p. var. paludicola*) está caracterizado por la médula fistulosa de sus tallos. Dos de las variedades poseen propiedades medicinales.
- 6.d. el conjunto formado por *Senna corymbosa*, *S. hilariana* y *S. oblongifolia* contiene a *Senna corymbosa* especie medicinal de amplia distribución. *Senna hilariana* con distribución predominante en Brasil y Paraguay y que no ha sido coleccionada en territorio argentino, sin embargo este resultado coincide con la cita de Irwin & Barneby (1982) sobre la afinidad existente con *S. corymbosa*. *Senna oblongifolia* que por las características de la ubicación y forma del nectario y los resultados del análisis fenético se estima sería la especie que ligaría las series *Coluteoideae* y *Basiglandulosae*, coincidiendo con Irwin y Barneby (1982) quienes señalan una posible relación entre *Senna oblongifolia* y *Senna neglecta*, esta última de la serie *Basiglandulosae*.

En resumen, los resultados del fenograma son coincidentes con la clasificación actual de Irwin & Barneby (1982) y muestran que las especies de *Senna* empleadas en medicina popular se agrupan con las restantes especies estudiadas, sobre la base de esta similitud fenética se postula que estas últimas podrían tener los mismos principios activos medicinales.