

## Tesis de Posgrado

# Estudio de la anatomía ecológica de 14 especies de Astragalus de IRAN

Zarrinkamar, Fatemeh

1994

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias  
Biológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

**Cita tipo APA:**

Zarrinkamar, Fatemeh. (1994). Estudio de la anatomía ecológica de 14 especies de Astragalus de IRAN. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.  
[http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_2656\\_Zarrinkamar.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2656_Zarrinkamar.pdf)

**Cita tipo Chicago:**

Zarrinkamar, Fatemeh. "Estudio de la anatomía ecológica de 14 especies de Astragalus de IRAN". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1994. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_2656\\_Zarrinkamar.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2656_Zarrinkamar.pdf)

**EXACTAS** UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



**UBA**

Universidad de Buenos Aires



**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

Tema :

**Estudio de la Anatomía Ecológica de 14 Especies  
de Astragalus de IRAN**

Autora : **Fatemeh Zarrinkamar**

Directora : **Dra Elena Ancibor**

Co-Director : **Dr A. A. Maassoumi**

Lugar de Trabajo: **Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Departamento de Ciencias Biológicas,  
Universidad de Buenos Aires**

Tesis Presentada para optar por el título de  
Doctor en Ciencias Biológicas.

Buenos Aires

- 1994 -

**A mi Esposo, Hadi Soleimanpour y**

**mi Hija, Saide Soleimanpour**

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi gratitud, en primer lugar, a mi Directora, Dra Elena Ancibor ya que a ella le debo mi formación botánica, anatómica y su constante estímulo y valiosos y críticos consejos.

Al Dr Maassumi por la sugerencia del tema y la determinación de los materiales.

A la Dra Marilyn Castro por su cálido apoyo y generosa ayuda brindada en el transcurso del presente trabajo.

Al Ministerio de Jahad Sazandegi y al Instituto de Investigación Forest & Rangelands, y a los ingenieros Soleimanpour, Saffar y Razawi, que me acompañaron en el trabajo de campo.

Al servicio de Microscopía de Barrido de la Facultad de Odontología, de la U.B.A. y CITEFA.

Al Sr Alfredo Gonzalez, a cargo de la División de Microscopía Óptica y Electrónica de Transmisión del Departamento de Ciencias Biológicas, por su eficiente y siempre cordial disposición.

A mi colega del laboratorio, Dra B. Galanty y a todas aquellas personas que de una manera u otra han colaborado para que este trabajo llegara a su término.

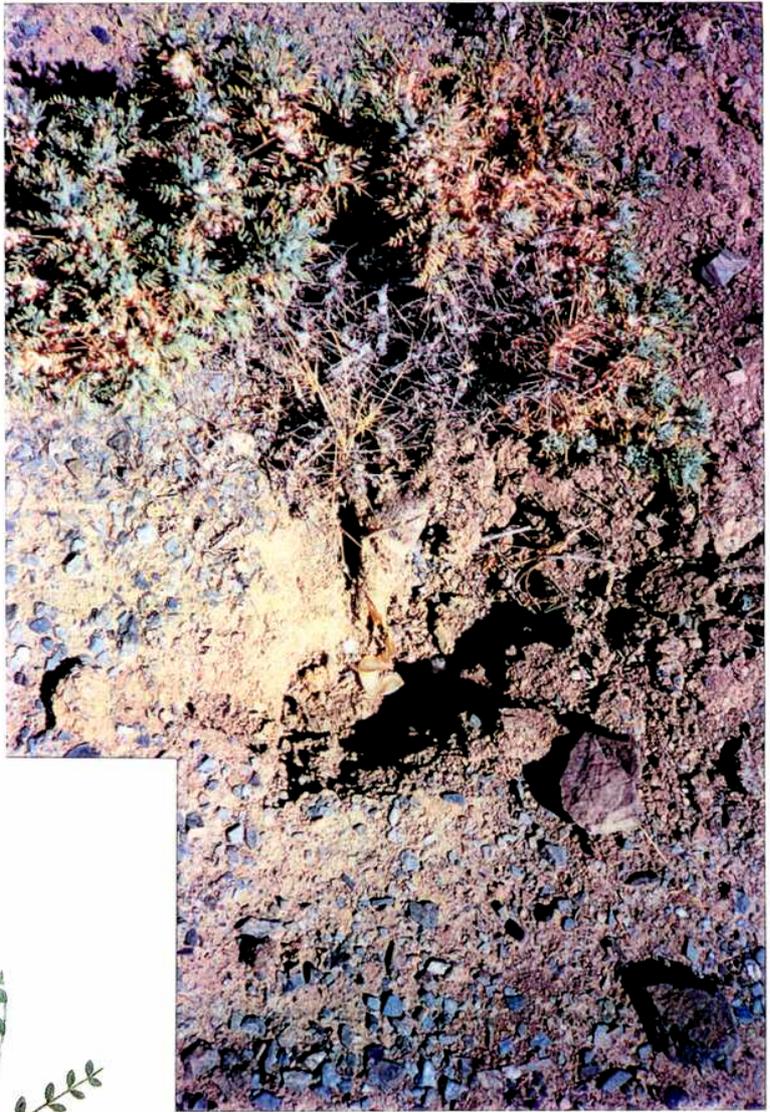
A mi esposo y a mis padres por su constante apoyo y estímulo.

## INDICE

<b>CAPITULO 1</b> .....	1
<b>Introducción</b> .....	2
-Objetivos .....	2
-Ambiente: Clima y Suelos .....	4
-Mapa .....	7
-Lámina .....	8
-Revisión Bibliográfica .....	9
<b>CAPITULO 2</b> .....	13
<b>Materiales y Métodos</b> .....	14
-Materiales .....	14
-Métodos .....	17
-Abreviaturas Usadas .....	18
<b>CAPITULO 3</b> .....	20
<b>Descripción de las Hojas</b> .....	21
-Morfología y Caracteres Generales .....	21
-Caracteres Específicos por Grupo .....	26
-Láminas .....	36
<b>CAPITULO 4</b> .....	51
<b>Estructura del Eje</b> .....	52
-Tallo .....	52
-Morfología y Caracteres Generales .....	52
-El Disociado del Xilema .....	55
-Caracteres Específicos .....	56
-Raíz .....	56
-Caracteres Generales .....	57
-Láminas .....	60

<b>CAPITULO 5</b> .....	69
-Goma en los tallos de las ssp de <b>Astragalus</b> .....	70
-La sustancia .....	71
-Aplicaciones Prácticas .....	72
-Estructura y Ultraestructura de Espacios Secretores .....	72
-Caracteres Microscópico de la Goma .....	74
-Láminas .....	75
<b>CAPITULO 6</b> .....	79
-Discusión y Conclusiones .....	80
-Recomendaciones .....	86
<b>CAPITULO 7</b> .....	89
-Bibliografía .....	90

CAPITULO 1



نام فارسی: گون  
*Astragalus glaucanthes* Fisch.  
Fam: Papilionaceae

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

El tema del presente trabajo es un estudio anatomo-ecológico de las especies más características del **Astragalus** (Leguminosaeae-Papilinoideae) de Irán.

Los motivos que impulsan la realización de este estudio se deben al hecho de que **Astragalus** es el género más representativo de la flora de Irán, con amplia distribución en todo el país, y además de gran importancia económica.

Es relevante su utilidad para pastoreo de ovejas y cabras. Se extrae su jugo de floema para la fabricación de caramelos artesanales. Además, es de gran valor para el país por ser el productor natural de **goma tragacanto**, de amplio uso medicinal, alimenticio y cosmético, desde tiempos muy antiguos.

Por primera vez se lleva a cabo un estudio anatómico de 14 especies del género, distribuidas en diferentes secciones taxonómicas, como también se interpretan sus posibles adaptaciones al medio ambiente. Por otro lado, se aportan datos anatómicos completamente inéditos y de valor taxonómico a la clasificación del género.

Se estudia la morfología, la anatomía ecológica y la ultra estructura de las hojas, los tallos y, donde fue posible, de las raíces de estas plantas.

El nombre **Astragalus**, etimológicamente, deriva del griego - Astra = Estrella - Gala = Goma-. Esto explica que existía desde muy antiguo el conocimiento del uso de la **goma de tragacanto**.

El género comprende unas 2.000 especies que viven, en su mayoría, en el sudeste de Asia, además se encuentran distribuidas en Europa,

América y Africa (Burkart, 1952). En Irán existen más de 900 especies distribuidas en 83 secciones taxonómicas (Maassumi, 1989).

Se han estudiado las siguientes especies:

**A. cordathus**

**A. chrysostachys**

**A. yodotropis**

**A. cornu-caprae**

**A. camphylanthus**

**A. gussypinus**

**A. keyserlingii**

**A. vanillae**

**A. microphysa**

**A. horridus**

**A. dactylocarpus**

**A. glancacanthus**

**A. leiocladus**

**A. ebenoide**

## AMBIENTE: Clima y Suelo

El Irán es un país que comprende montañas, bosques, estepas y salinas, y tiene una superficie total de 1.648.000 Km<sup>2</sup>, con alturas que superan, a veces, los 5.650 metros sobre el nivel del mar.

El clima es muy variable en diferentes zonas del país. Las amplitudes térmicas oscilan entre -30°C y +50°C.

En Irán la mayoría de las especies del género **Astragalus** habitan en las zonas áridas y semiáridas, región Irano-Turany, (MAPA) entre los 1.500 y los 4.000 msm; con un régimen de precipitaciones anuales promedio variable entre 200 y 400 milímetros y temperaturas que oscilan, en general, entre -10°C y 36°C, con registros ocasionales de -30°C.

### PRECIPITACIONES: (Tabla I)

Mes	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
mm	50.7	50.9	10.2	0.07	0.06	0.04	0.02	7.9	27.2	43.6	56.2	49.6
	Primavera			Verano			Otoño			Invierno		

### TEMPERATURAS: (Tabla II)

Mes	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
T °c	-4	4	7	9	11	10	7	5	0	-5	-6	-4
T °c	18	22	27	34	35	35	32	27	22	17	13	15
	Primavera			Verano			Otoño			Invierno		

Estas tablas se presentan como datos estimativos que corresponden a la provincia de Esfahan, para las especies **Astragalus gussypinus**, **Astragalus keyserlingii** (Fig 1 A, B, E) y son el resultado de observaciones meteorológicas realizadas durante 25 años por la estación Pol Zamanjan. los datos parciales de temperaturas y las precipitaciones que se conocen de otras provincias de la región Irano-Turkany son, a grandes rasgos, semejantes.

En esta región la vegetación es de altura reducida y nunca logra cubrir totalmente el suelo. Este es generalmente esquelético y no formado, muy pobre en nutrientes, principalmente nitrógeno, por falta de microorganismos o formadores del suelo, Assadi (1988), Safaar y Razavi (1993), Zargar, Salehy, Ainechy (1991).

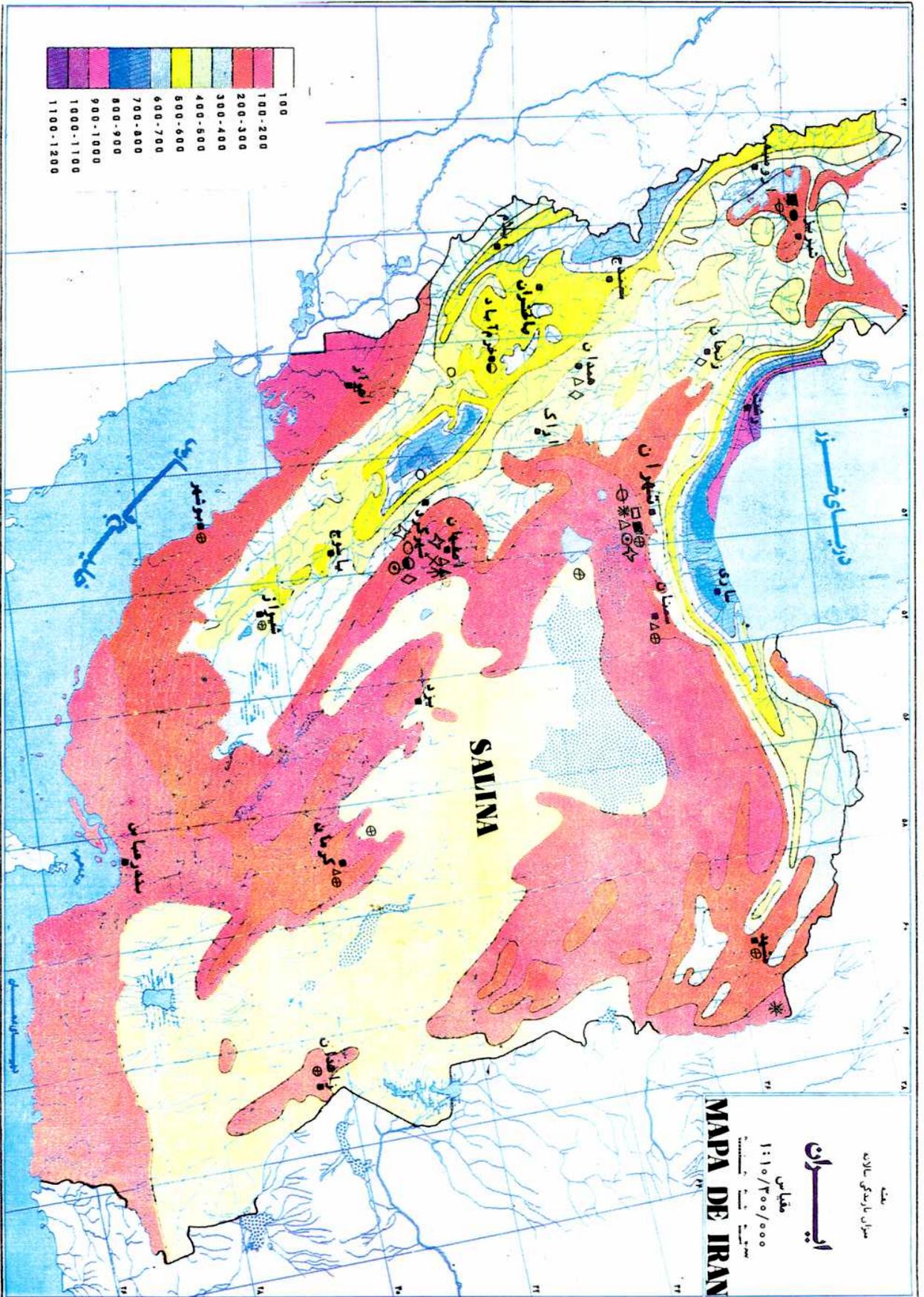
Hay un ambiente particular que ocupa el centro del país y es una extensa salina. En este lugar el suelo es salado (NaCl) con 50% de componentes calcáreos y el resto formado por pedregullo y arcillas (MAPA).

Las plantas que viven bajo la acción de los mencionados factores presentan caracteres morfológicos como el acortamiento de los entrenudos y reducción de la parte aérea de la planta y un considerable aumento del sistema radicular.

Las especies de **Astragalus** estudiadas crecen acompañadas de vegetales de porte bajo como *Amygdalus*, *Capparis*, *Berberis*, *Atraphaxis*, entre otros, cuya anatomía fue estudiada por Zarrinkamar (1993) y se encuentra actualmente en prensa.

**Mapa de la República Islámica del Irán: Precipitación anual y distribución de especies estudiadas de Astragalus:**

- |                           |                             |                           |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| ○ A. <i>microphysa</i>    | ● A. <i>cordatus</i>        | □ A. <i>chrysostachys</i> |
| ○ A. <i>yodotropis</i>    | △ A. <i>vanillae</i>        | ▲ A. <i>cornu-caprae</i>  |
| * A. <i>glancacanthus</i> | ◐ A. <i>horridus</i>        | ◇ A. <i>ebenoides</i>     |
| ⊙ A. <i>camphylanthus</i> | ⊕ A. <i>dactylocarpus</i> ; | ⊖ A. <i>gussypinus</i>    |
| × A. <i>keyserlingii</i>  | ✧ A. <i>Leiocladus</i>      |                           |



مقیاس  
 1:10/200/000  
 مقیاس  
 1:10/200/000  
**ایران**  
 نقشه  
 ایران تاریخی-جغرافیایی  
**MAPA DE IRAN**

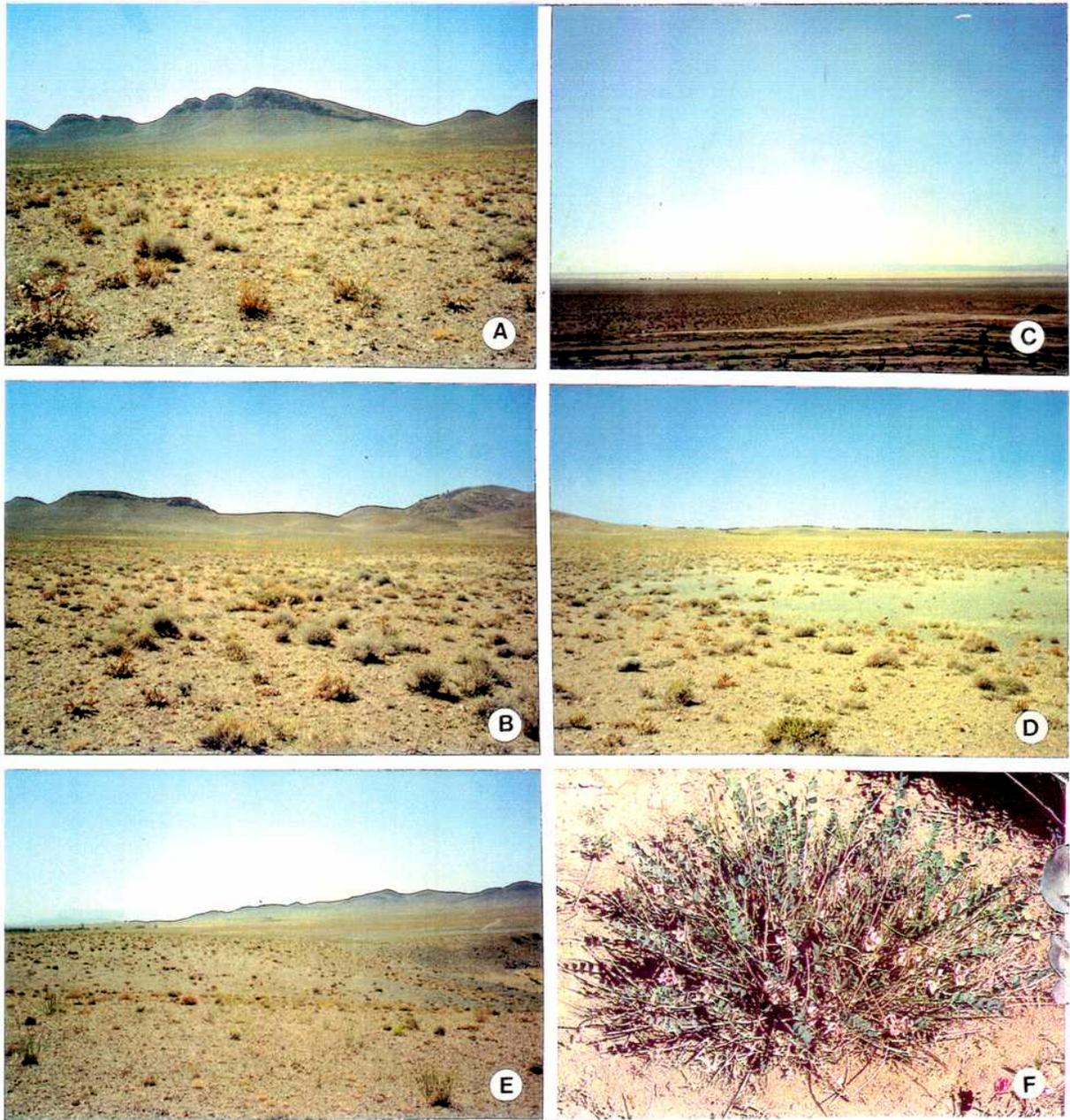


Figura 1. A, B, E: Paisaje a 80 Km de Isfahan con plantas de *A. gussypinus*, *A. keyserlingii*; C, D, Salina de Gom con *A. dactilocarpus*; F, Planta de *A. cornu-caprae* en su medio natural.

## Revisión Bibliográfica

La taxonomía del género **Astragalus** de Irán fue extensivamente estudiada por Maassumi (1986; 1990; 1993).

En cambio, los trabajos sobre anatomía de **Astragalus** de Irán no existen o son muy escasos.

En el monumental trabajo de Soledreder (1908), sobre la anatomía de las Dicotiledóneas, hay referencias bastante detalladas y completas sobre los caracteres generales de este género tanto foliares como de los ejes.

Metcalfe y Chalk (1950) hacen una referencia interesante, entre otras cosas, que en los tallos jóvenes de los **Astragalus** el xilema está poco desarrollado respecto al floema que ocupa gran parte de la corteza.

Numerosos autores han realizado estudios sobre el ambiente xerófito y las adaptaciones de las plantas, como Maximov (1929), Ijlin (1957), Cloudsleye Thompson (1964), Woodel (1973), Fahn y Cutler (1992) quienes mencionan la gran influencia de los cambios bruscos de temperatura sobre el desarrollo de las plantas en este medio.

Haberland (1928), Thoday (1931), Shields (1950), Lemce (1961), Migahid (1961), Dell (1977), (1978), Holloweay (1982) afirman que las plantas xerófitas se caracterizan, en general, por una notable capacidad para regular su transpiración y evitar el desequilibrio hídrico que sufren las plantas durante las estaciones secas.

Wylie (1949); Oppenheimer (1960), Pyykko (1966), Grleve & Hellmut (1970), Kummerow (1973), Ancibor (1972; 1980; 1992) describen diferentes caracteres adaptativos como reducción de las superficies externas al respecto de internas y notable cambio en la estructura foliar de las plantas adaptadas a medios áridos.

Mothes (1932); Ehleringer (1976), Saintmartin (1976) Mott (1982) afirman que los vegetales que crecen en regiones con alta radiación tienen gran intensidad de fotosíntesis y eficaz aprovechamiento del agua en comparación con plantas mesófitas.

Lundkvist (1956), Beadle (1966), mencionan que los caracteres adaptativos en plantas de medios áridos son semejantes a las que encontramos en los casos de déficit de nutrientes en los suelos.

En particular, Bubolo (1981), Riads (1987) mencionan entre otras plantas, una sp de **Astragalus** que crece con temperaturas muy bajas y presenta caracteres parecidos a las plantas que se desarrollan en medios áridos.

Autores como Turrell (1936), Rauh (1939), , Loveless (1961), (1962), Bocher (1979), Lyshede (1974; 1977; 1978; 1979), Robichaux y Morse (1990), Zimmermann (1978; 1982; 1983), Zweypfenning (1978) y otros dan una mayor incidencia a la organización interna y a la plasticidad de los vegetales, como requisito principal para sobrellevar con éxito la adversidad del medio. Hay que tomar en cuenta siempre toda la suma presente de los caracteres, siendo éstos diferentes en cada especie que se encuentra en equilibrio positivo con el medio ambiente.

Ranukiaer (1934) define la forma de vida característica de distintos habitats.

Hay una serie de trabajos detallados sobre la estructura foliar, principalmente en las plantas xerófitas de ambiente semejante al medio en que viven las ssp de **Astragalus**. Volkens (1887), Schimper (1903), Weaver & Clements (1929), Shall (1934), Evenari (1949), Pizzolato (1976), Ihlenfeldt (1982), Fahn (1964; 1986; 1992), mencionan la reducción de la superficie

foliar y el desarrollo de un mesófilo compacto como carácter predominante de la vegetación adaptada a medios secos y pobres en nutrientes.

Autores, como Meidner (1950), han realizado estudios sobre la incidencia de los pelos en las plantas, en forma general, Up Hof (1962) menciona, entre otros, los pelos de las ssp de **Astragalus**. La presencia de los pelos muertos que forman una capa densa disminuyen la transpiración y reflejan la fuerte radiación, bajando así mismo la temperatura de la superficie de la hoja.

Entre otros autores, Baas (1976; 1983; 1985), Margaris & Papadogianni (1978), Zweypfenning (1978), Zimmermann (1982; 1983), Lipschits (1981; 1986), Carlquist (1975; 1985; 1989) están de acuerdo en que la actividad cambial en la mayoría de las plantas, en regiones áridas, durante la estación lluviosa, es muy intensa. Además, hicieron hincapié sobre las características de los elementos del xilema de estas plantas que generalmente son cortos, de diámetro reducido y con refuerzos espiralados del S3.

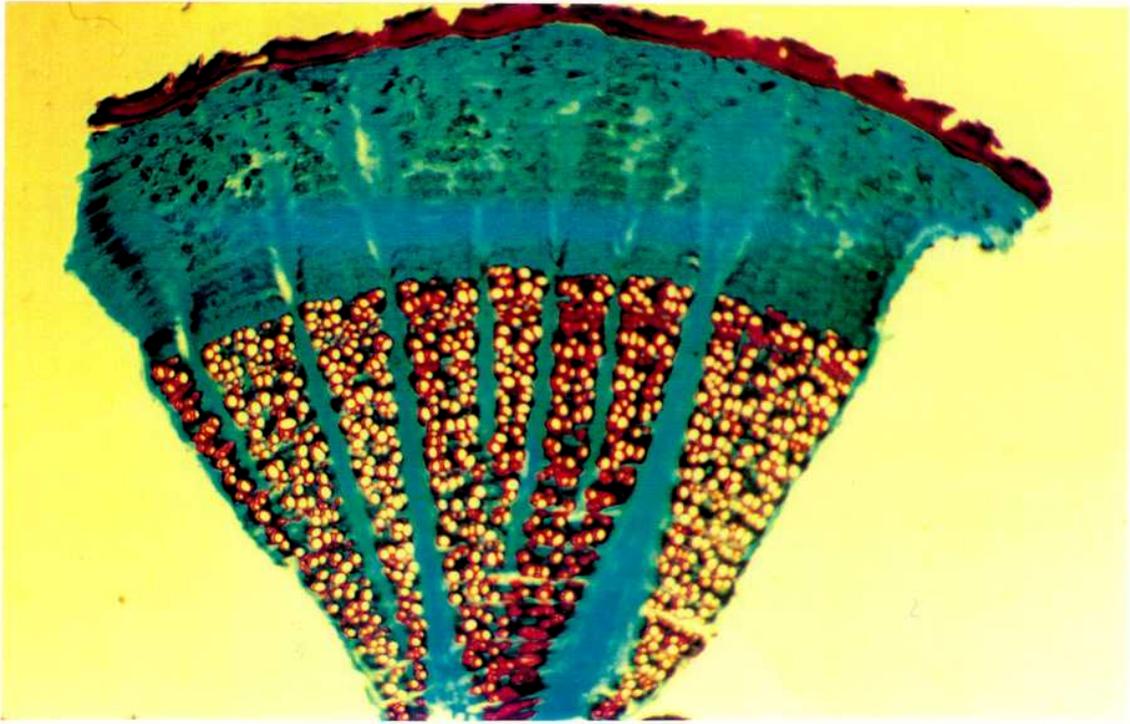
Sobre la raíz de **Astragalus** hay pocas informaciones, Glover & Gwyne (1962), Henslow (1983) mencionan que en ssp de **Astragalus** el largo de las raíces tiene más de 2 metros y generalmente llega a la napa friática.

En realidad, el largo del sistema radical de las ssp estudiadas depende de la profundidad del agua subterránea.

Entre los trabajos sobre el desarrollo y la función de los canales secretores, se pueden mencionar los de Tschirch (1889), Butler (1911), Groom (1926), Fahn (1979), Maksymovych & Ledb (1987) Se destacan las definiciones de finales del siglo XIX de Mohl (1857) quien describe el fenómeno de la transformación de la pared celular en gomas.

Trabajos detallados sobre la estructura química de la goma se deben principalmente a **Mc Nair (1918)**, **Whistler & Corbett (1957)**, **Amin (1991)**.

CAPITULO 2



## CAPITULO 2

### MATERIALES Y METODOS

#### **Materiales Estudiados:**

**Astragalus cordatus Bge**, Irán, Azarbayejan, 24 Km camino a Mianeh a Gharah-chaman, 1350 msm, Maassumi 64887 (TARI); Azarbayejan: 7 Km camino a Tabriz-Jolfa, 1600 msm, Assadi, Taheri 68519 (TARI); Azarbayejan camino a Khalkhal 1500 msm, Abouhamzeh 56897 (TARI), Alamout, Akbarabad 3040 msm, Foroughi 2643 (TARI).

**Astragalus chrysostachys Boiss**, Irán, 96 Km Firouzkuh camino a Abassabad. 1800 msm, Bazargan 15432 (TARI); Teherán, 13 Km a Firouzkah a Semnan; 2000 msm; Assadi Mozaffarian, 35267 (TARI); Teherán, Jajrood, 1550 msm, Dini Arazm 15912 (TARI).

**Astragalus yodotropis Boiss**, Irán, Teherán, Ghazvin, Alamout, 2800 - 3300 msm Assadi, Maassouni, 51112: (TARI), Teherán, Firouzkuh, 2400 - 3400 msm, Mozaffrian 54309 (TARI); Damavand, 2500 - 2700 msm, Mozaffarian, 37299 (TARI); Azarbayejan, Kuhe Sabalan, 3600 msm Foroughi, 7507 (TARI).

**Astragalus cornu-caprae Sirj**, Irán, 10 Km a Natauz Ardestan 1550 msm, Assadi & Bazjosh, 5795 (TARI), Esfahan camino a Nathaus, 1380 msm Wendelbo 5796 (TARI); Esfahan, 25 Km a Shahreza, 1750 msm, Faroughi 5797 (TARI).

**Astragalus camphylanthus Boiss**, Irán, Chaharmajul - C Bakhtiari boroujen, Ganduman, 2300 msm, Mozaffarian, 54766 (TARI), Teherán, Arak, Shahzand, Kuh - e Alvand 2100 - 2800 msm. Mozaffarian, 63915 (TARI); Chaharmahal - C Bakhtiari, camino a Lordejana Yassuj 1750 msm, Mozaffarian, 54476, (TARI); Brojen, 2120 msm, Mozaffarian 54390 (TARI).

**Astragalus gussypinus Fischer**: Irán, Chaharmahal-e Bakhtiari, Shahr-e Kord, 2120 - 2800 msm, MOZaffarian, 57877 (TARI); Gilan, Manjil, Loushan, 1000 msms, Foroughi & Assadi 13968 (TARI).

**Astragalus keyserlingii Bge**: Irán, Esfahan, Chadegan, Zayandehrood 1900 - 2150 msm, Nowroozi, Khajedin & Etemadi 892 (TARI)

**Astragalus vanillae Boiss**: Irán, Hamadan, camino a Nahavand a Malayer 2000 msm, Maassoumi & Mirhosseini 59364 (TARI); Teherán, 80 Km desde Teherán a Ghom, 900 msm, Djahan - Beglon 32203 (TARI). Teherán, Firuzkuh, Simindasht, 1500 msm, Mozaffarian 54337 (TARI). Isfahan: Zarrin-Shahr, 1700 msm, Mozaffarian 54838 (TARI).

**Astragalus microphysa Boiss**: Irán, Esfahan, 3500 - 4000 msm, Assadi & Abouhamzeh, 46184 (TARI), Chaharmahal-e Bakhtiari, 2850 Mozaffarian 58077 (TARI). Fars, 10 Km desde Ardakan a Komehr 2600 - 3300 msm, Assadi & Abauhamzeh 46332 (TARI); Chaharmahal-e Bakhtiari, Kah-e Mili, 2850 msm, Mozaffarian 58069 (TARI), Bahtiari, Kah-e Mili, 2850 msm, Mozaffarian 58069 (TARI), Bakhtiari, Zard Kuh. Haftanan, 3600 msm, Riazi 10237 (TARI).

**Astragalus horridus Boiss:** Irán, Kohgiluyeh Boirahmud, Kuh-e Saverz 2200 - 3200 msm, Assadi & Abouhamzeh, 46399, (TARI); Lorestan, 58 Km en el camino a Aligodarz, 2900 msm Runemark & Lazari, 26188 (TARI); Chaharmahal-e Bakhtiari 2350 - 2950 msm, Mozaffarian, 54874 (TARI).

**Astragalus dactilocarpus Boiss:** Irán, Seman, 900 - 1300 msm. Freitag & Mazaffarian, 28525 (TARI). Ghom, 950 msm. Foroughi, 1095 (TARI), Alamout, Shirkuh, 1230 msm, Forougi, 658 (TARI).

**Astragalus leiocladus Boiss:** Irán, Azarbayejan, Nroumiyeh, Dalanper, 2700 msm, Amini, 1766 (TARI); Uroumiyeh, 1800 msm, Mozaffarian 70036 (TARI). Teherán, Firuzkuh, Arjmand, 2200 msm Mozaffarian, 54123 (TARI).

**Astragalus glancacanthus Fischer:** Irán, Teherán, entre Teherán y Karaj Kuh-e Garm Darreh, 1700 msm, Assadi & Mazaffarian, Nowroozi, 33356 (TARI). Teherán, 1600 msm, Assadi, Mazaffarian & Nowroozi 33622 (TARI), Teherán - Karaj 1500 msm, Assadi 27522 (TARIO. Teherán, Sorkhehesar, 1700 msm, Dini & Arazm 15831 (TARI).

**Astragalus ebenoides Boiss:** Irán, Zanzan entre Toghai a Mianeh, 1750 msm, Maassoumi 64871 (TARI); Hamadan, 20 Km camino a Malayer, Echatan-Sud, Maassoumi 52096 (TARI), Zanzan 1450 msm, Maassouni, 64871 (TARI), Hamedan, Yalpan, 2030 msm Riazii 6241 (TARI).

Los materiales de herbario están conservados en el Herbario del Instituto Darwinion, Buenos Aires, Argentina. Los materiales fijados en FAA se encuentran en la colección de material fijado del Laboratorio de Anatomía

Vegetal de la facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, bajo los N° 544 y 545. Los preparados histológicos están incorporados en la histoteca del laboratorio arriba mencionado bajo Ns 1736 hasta 1750.

## **Métodos**

Para las observaciones de laboratorio se usó material fresco, fijado en FAA, (formaldehído, ácido acético, alcohol y agua destilada) y material de herbario previamente rehidratado por un breve hervor en agua con algunas gotas de detergente comercial.

Se hicieron los cortes transversales y longitudinales de folíolo, raquis-espina, tallo y raíz en distinto estado de desarrollo, con micrótopo de deslizamiento, y a mano alzada. Así mismo, se hicieron las inclusiones en parafina con el método habitual, D'Ambrogio (1986), de los folíolos, tallos y raquis-espina.

Se realizaron cortes seriados de los folíolos desde la base hasta el extremo distal con el micrótopo rotativo tipo Minot.

Se diafanizó el material de hoja por el método de Strittmatter (1973).

Se disoció el raquis-espina y el xilema por el método de Boodle (1916).

Las coloraciones usadas han sido: safranina diluída, safranina fast-green y azul de cresilo.

Para la identificación de contenidos celulares se emplearon los siguientes "tests" microquímicos:

- .- Cloruro de Zn yodado - para celulosa
- .- CLH, fluoglucina - para ligninas
- .- Cloruro férrico al 10% y carbonato de sodio - para taninos

- .- Eosina, Reactivo de Millón, Acido pícrico - para proteínas
- .- Lugol - para almidón
- .- Azul de cresilo - para musilagos
- .- Sudan - para lípidos

Todos los dibujos fueron hechos por la autora con el tubo de dibujo de lupa y microscopio. Se usaron los signos convencionales de Metcalfe y Chalk (1950) para representar a los tejidos en los esquemas.

El estudio de las superficies foliares y los caracteres del xilema, se realizaron con el Microscopio Electrónico de Barrido, previa preparación de los materiales con métodos clásicos (O'Brian 1981). Se deshidrataron los materiales de hoja y los cortes de tallo en serie ascendente de alcoholes, luego los materiales fueron fijados sobre soportes metálicos por medio de cinta adhesiva doble faz, metalizados con "oro-paladio", y observados y fotografiados con MEB.

Para las observaciones con Microscopio Electrónico de Transmisión, se eligieron partes de tallos y trozos hidratados de gomas. Estos fueron fijadas con glutaraldehido y luego refijados con tetróxido de Osmio al 1%. Luego fueron incluidos en resinas Spurr, medio de inclusión de baja viscosidad. Se usó la cuchilla de diamante y los cortes fueron montados sobre grillas de ojal, recubierto con membrana y coloreados con permanganato de potasio y acetato de uranilo o con Reynolds (O'Brian 1981).

Se calculó la densidad media de los estomas y pelos por unidad de superficie y se midieron los elementos de xilema 2º (Tabla III)

### **Abreviaturas Usadas**

adx Adaxial

**abx : Abaxial**

**hv/s : Haz/es vascular/es**

**xl : Xilema**

**ct Corte transversal**

**cl Corte Longitudinal**

**cltg : Corte longitudinal tangencial**

**clrd : Corte longitudinal radial**

**fl Floema**

**pq Parenquima**

**ssp Especies**

**Nm Nervio medio**

**msm: Metros sobre nivel del mar**

**Lm : Laminilla Media**

CAPITULO 3



## CAPITULO 3

### DESCRIPCION DE LAS HOJAS

#### **Morfología**

#### **Caracteres Generales:**

Las especies de **Astragalus** generalmente viven en suelos arenoso-pedregosos o rocosos, en laderas secas con inclinación pronunciada, o en lugares llanos y áridos. Las plantas son pequeños arbustos o subarbustos, espinosos de 12 cm a 90 cm de altura sobre el suelo y cojines de 5 a 6 cm de altura. La porción epígea es sumamente ramificada, y generalmente presenta en su base un xilopodio (rootstock) de grosor variable. Es de forma subesférica que podría ser una adaptación para disminuir la transpiración por reducción de superficie externa. La gran longitud de sus raíces, relativamente finas, que pueden tener hasta 2 metros, indica que éstas llegarían hasta el agua subterránea.

Las hojas de las especies estudiadas son compuestas, paripinadas, rígidas y dispuestas en ángulo agudo, con respecto al tallo.

El número de folíolos varía de 5 - 6 hasta 28 pares. Los folíolos son subovalados, de color grisáceo y pueden ser desplegados y rígidos o finos y doblados longitudinalmente. Presentan pulvínulos bien desarrollados, que son las transformaciones de un corto peciolulo de cada folíolo, y asegurarían los movimientos debido a estímulos internos como el cambio de turgencia de sus células provocado por los factores ambientales. Los pulvínulos hacen cerrar un folíolo contra otro. Cada hoja presenta, además, estípulas que son la transformación de la base foliar, de forma y tamaño diferentes.

El raquis, con el tiempo, por pérdida temprana de los folíolos, se transforma en una agresiva espina y en sus axilos se forman cortas ramas con nuevas hojas que son importantes para la fotosíntesis.

## **ANATOMIA FOLIAR**

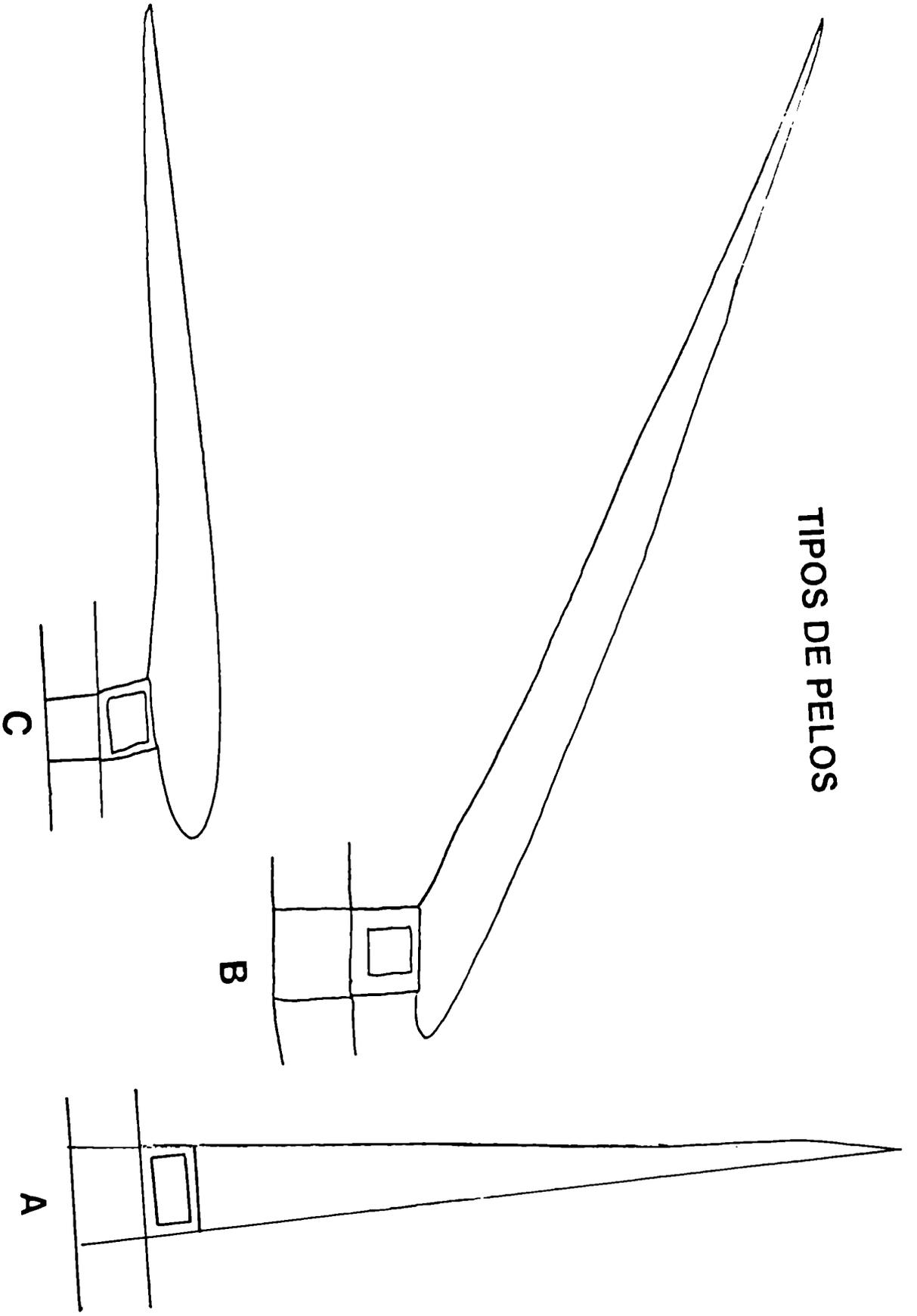
### **Caracteres generales en vista superficial en folíolo diafanizado.**

La epidermis es de células cuadrangulares alargadas, de contorno ligeramente ondulado, con estomas y pelos, generalmente en ambas caras. La cutícula es lisa. Los estomas pueden estar hundidos en ambas caras, o superficiales sólo en cara adx de los folíolos doblados. Su densidad es variable. Generalmente son de tipo tetracítico, anomocítico y anisocítico, el último en mayor proporción. (Tabla III).

Los pelos son en general simples y muertos a la madurez, y forman un fieltro denso. Son tricelulares con la célula basal cuadrangular de pared delgada y con mucílagos; la célula media es corta de pared engrosada y lignificada y una célula distal presenta la cutícula estriada con incrustaciones de sílice en sus paredes (Fig 10, C). Por sus caracteres, los pelos que se observaron pueden ser clasificados en:

**Tipo a:** Con la célula distal larga de posición vertical con pared de grosor variable (Figura A). **Tipo b y c:** Pelos con tendencia a malpigiáceos que presentan la célula distal unida a la célula media, con una porción de largo variable sobresaliente; célula distal inclinada, **tipo b**; célula distal horizontal, **tipo c** (Fig B, C). **Tipo d:** Pelos malpigiáceos, dispuestos en forma paralela al nervio medio (Fig D).

# TIPOS DE PELOS



## La vascularización

Los nervios medios pueden ser engrosados o no. La red vascular puede ser muy densa o laxa. Según la clasificación de (Hickey, 1974), la vascularización de estas especies se puede definir como CAMPTODROMA, BROQUIDODROMA con un tipo de venación última marginal incompleta. Las areolas son generalmente cuadrangulares y más escasas pentagonales y triangulares. Las vénulas se presentan simples, lineales a curvadas, ramificadas de una a tres veces.

## Hoja en CT

### Caracteres generales

La hoja de las especies **Astragalus**, estudiadas, es compuesta. Por esta razón se estudiará primero la estructura de los folíolos y luego del raquis:

**a) Folíolos:** Epidermis uniestratificada con células cuadrangulares más grandes en cara adx. Cutícula lisa y de grosor variable. Los estomas son ligeramente hundidos con repliegue cuticular externo notable. El mesófilo es isolateral formado por un número variable de capas del clorenquima en empalizada y más o menos denso (Fig 11, B, F, J; 12 C, D, J, K; 13, E, F). Hay generalmente tejido acuífero en la porción media del mesófilo que merge con las notables vainas parenquimáticas de los hvs.

Los haces vasculares son colaterales, están formados por escasos elementos del xilema y del floema y un importante casquete esclerenquimático abx. Este casquete está compuesto por esclereidas lignificadas, intercaladas con fibras gelatinosas con las capas S1 y S2 lignificadas y la S3 no lignificada (Fig 6, 1; 7, E).

## Contenidos celulares

Se comprobó la presencia de los siguientes contenidos en cantidad variable en el mesófilo de los folíolos: taninos, bastante abundantes en las vainas de los hvs; almidón; mucílagos, principalmente en células de epidermis y células basales de los pelos. Las proteínas y los pequeños cristales de Oxalato de Ca son escasos (Tabla III).

## Pulvínulos

Son pecíolulos de los folíolos responsables de los movimientos de los mismos. Presentan una epidermis uniestratificada de células pequeñas con pq subepidérmico de células grandes isodiamétricas de paredes delgadas con espacios intercelulares. En la parte central se observa un haz vascular sin tejido mecánico (Fig 5 C, J; 13,D).

**b) Raquis - Espina:** Generalmente la forma es subcircular a subtriangular. Se observa una epidermis uniestratificada con células cuadrangulares de pared tangencial externa, más engrosada, y cutícula lisa. Los pelos son del mismo tipo que generalmente se observan en los folíolos. Los estomas se presentan hundidos. Una hipodermis de una o más capas es interrumpida por las cámaras subestomáticas voluminosas. Esta característica persiste hasta en la espina madura. El parenquima cortical está compuesto por células pequeñas no lignificadas y presenta un número variable de capas. Se observa la presencia de clorenquima en empalizada, luego ausente en las espinas maduras. El pq interfascicular y medular está compuesto por células isodiamétricas, grandes, lignificadas con puntuaciones simples.

Los haces vasculares son colaterales y se disponen en un ciclo. Su número y tamaño varían considerablemente entre diferentes especies. generalmente se observan 1 o 2 haces más grandes que corresponden al

nervio medio y cada haz vascular muestra un importante casquete de esclerenquima formado igual que en los folíolos por esclereidas y fibras gelatinosas de lado de floema (Fig 5. F, I; 3, E,J; 6, E, J; 7, F; 9, D, E, L; 10, F, L; 12, E, L; 13, G).

En los disociados de raquis-espina se observaron los siguientes caracteres: Elementos de conducción del xilema: los elementos vasales son de largo variable, con placas de perforación simple, terminal, horizontal o subterminal inclinada, con apéndices cortos o largos. Las puntuaciones son areoladas con disposición alterna y ornadas (Fig 14, B 1-7). Los elementos de vasos de proto y meta xilema presentan engrosamientos espiralados laxos a compactos respectivamente.

Hay presencia de traqueidas vasicéntricas de largo variable con puntuaciones levemente rebordeadas y abertura interna expandida (Fig 14, A 1-3). El parenquima axial se presenta disyunto, en el caso de pq vasicéntrico; y no disyunto cuando no se halla en contacto con los vasos. Las puntuaciones son simples en ambos casos (Fig 14, E 1-2; F 1-3)

Los elementos de sostén son: esclereidas de paredes gruesas y lignificadas, de tamaño variable con grandes puntuaciones simples; fibras gelatinosas largas de paredes gruesas con capa G no lignificada, extremos agudos y ocasionalmente bifurcados por crecimiento intrusivo (Fig 14, C1-5; D 1-2).

## **CARACTERES ESPECIFICOS POR GRUPO**

En base a los caracteres de los folíolos analizados, se han podido establecer 3 grupos de especies:

## GRUPO I

Está compuesto por las siguientes especies:

**A. cordatus**

**A. chrysos pachys**

**A. yodotropis**

**A. cornu-caprae**

**A. camphylanthus**

**A. gussypinus**

**A. keyserlingii**

En este grupo, los folíolos se presentan planos, rígidos con una espina distal de largo variable que es la prolongación del nervio medio. En **A. camphylanthus** la espina distal es excepcionalmente corta, muestra, además, una alta densidad de pelos en ambas caras. En este grupo los raquis-espina son cortos. La red vascular es gruesa de densidad variable.

### **Caracteres Ambientales y Morfológicos:**

**A. cordatus:** Es un subarbusto de 20 - 30 cm de altura sobre el suelo, vive entre 1350 - 3040 sobre el nivel del mar. La hoja tiene 5 cm de largo y posee 7 pares de folíolos. El folíolo es de 20 mm de largo por 5 mm de ancho.

**A. chrysolachys:** (Fig 2, A) Es un subarbusto de altura 25 - 35 cm sobre el suelo, vive entre 1550 - 2000 metros sobre el nivel del mar. La hoja tiene 7

cm de largo y posee 5 pares de folíolos. Cada folíolo mide 11 - 12 mm de largo y 5 - 6 mm de ancho.

**A. yodotropis:** Son cojines de 7 - 8 cm de altura sobre el suelo. Vive entre 2400 - 3600 metros sobre el nivel del mar. La hoja mide 5 cm de largo y tiene 4 - 5 pares de folíolos, cada folíolo mide 9 mm de largo y 3 mm de ancho.

**A. cornu caprae:** (Fig 1, F) Cojín laxo de 5 - 6 cm de altura sobre el suelo. Vive entre 1380 - 1750 metros sobre el nivel del mar. La hoja es de 8 - 10 cm y está formada por 5 - 6 pares de folíolos. Cada folíolo mide entre 11 y 15 mm de largo y entre 7 y 10 mm de ancho.

**A. camphylanthus:** Es un subarbusto de 12 - 15 cm de altura sobre el suelo. Vive entre 1750 - 2800 metros sobre el nivel del mar. La hoja mide 7 - 9 cm de largo y tiene 15 pares de folíolos. Cada folíolo mide de 4 - 5 mm de largo y 2 mm de ancho.

**A. gussypinus:** Es un cojín de 4 - 5 cm de altura sobre el suelo. Vive entre 2120 - 2800 metros sobre el nivel del mar. La hoja es de 3 cm de largo y tiene 4 - 7 pares de folíolos. Cada folíolo mide de 3 - 4 mm de largo y 2 - 3 mm de ancho.

**A. keyserlinggi:** Es un cojín de 5 - 8 cm de altura sobre el suelo. Vive entre 1900 - 2300 metros sobre el nivel del mar. La hoja es de 3 - 4 cm de largo y tiene 5 - 6 pares de folíolos. Cada folíolo mide 3 mm de largo y 1 - 2 mm de ancho.

## CARACTERES ANATOMICOS

**Folíolo en vista superficial:** La epidermis es simple de células grandes, de

**A. keyserlingii:** Es un cojín de 5 - 8 cm de altura sobre el suelo. Vive entre 1900 - 2300 metros sobre el nivel del mar. La hoja es de 3 - 4 cm de largo y tiene 5 - 6 pares de folíolos. Cada folíolo mide 3 mm de largo y 1 - 2 mm de ancho.

## CARACTERES ANATOMICOS

**Folíolo en vista superficial:** La epidermis es simple de células grandes, de contorno ondulado en **A. cordatus** y de contorno recto en **A. keyserlingii**, sinuoso en **A. chrysolachys** y formada de células pequeñas y onduladas en el resto del grupo.

La cutícula es lisa y excepcionalmente estriada a la altura del nervio medio en **A. gussypinus** y **A. keyserlingii**.

Los estomas, presentes en ambas caras, son de tipo anisocítico y tetracítico (Fig 7, C). En **A. chrysolachys** se observaron también algunos de tipo anomocítico. En **A. gussypinus** se encontraron estomas de tipo anomocítico y tetracítico. La proporción de los tipos mencionados es variable.

Los pelos son simples, numerosos de **tipo a** (Fig 2, H, L; 4, H, K, P) ordenados en forma paralela al nervio medio; de paredes gruesas en **A. cordatus** (Fig 3, A, B), algo desordenados y retorcidos, de pared delgada en **A. camphylanthus**, **A. gussypinus**, **A. keyserlingii** (Fig 6, A, B; 7, A, B, D), y más densos sobre nervio medio y borde del folíolo en **A. camphylanthus** (Fig 6, F, G).

Los pelos **tipo c** se vieron en **A. chrysochastes** (Fig 3, F, G; 2, D) y de **tipo d** en **A. cornu-caprae**.

### **Vascularización:**

Tanto el NM como toda la red vascular son robustos. Esta característica es notable en **A. keyserlingii**, **A. yodotropis**, **A. gussypinus** y **A. camphylanthus** (Fig 15, A-G). Las areolas son pequeñas con pocas terminaciones libres (Fig 2, I, M; 4, E, I, Q), cortas en **A. chrysostachys**, **A. cornu-caprae** y **A. gussypinus** (Fig 2, E; 4, E, M).

### **El folíolo en CT:**

La epidermis simple está compuesta por células cuadrangulares grandes en cara adx y más pequeñas en abx (Fig 2, C, G, K; 4, C, G, L, O). La cutícula es gruesa, se la observó estriada a la altura de los NM en **A. yodotropis** (Fig 5, G-L). Los estomas están generalmente hundidos. Se vieron excepcionalmente superficiales en **A. gussypinus**. Las cámaras subestomáticas en este grupo son grandes. Se presentan algo reducidas en **A. camphylanthus**.

El mesófilo es isolateral denso. Las células de clorenquima en empalizada son relativamente cortas y se disponen a la altura de los haces vasculares en 3 capas hacia la epidermis adx y 1 a 2 hacia la epidermis abx (Fig 3, C, D, H, J; 2, B, F, J; 4, A, F, J, N; 6, C, D, H; 7, E).

En **A. cornu-caprae** el casquete fibroso que acompaña a los hvs muestra, en forma curiosa, las capas de la pared S1 y S3 lignificadas, e intercalado entre ellas la S2 no lignificada, gelatinosa (Fig 5, E; 4, B).

## **GRUPO II**

Está compuesto por las siguientes especies:

**A. vanillae**

**A. horridus**

**A. microphysa**

**A. dactylocarpus**

Las hojas presentan folíolos plegados a lo largo del nervio medio sin espina distal, con pelos en la cara abx (Tabla III). La cara adx es generalmente glabra (Fig 9, G; 10, G). Los raquis-espina son muy largos.

### **Caracteres Ambientales y Morfológicos**

**A. vanillae:** Es un subarbusto de 30 - 40 cm de altura sobre el suelo. Vive entre 900 - 2000 metros sobre el nivel del mar. La hoja mide entre 10 y 17 cm y tiene de 23 a 28 pares de folíolos. Cada folíolo mide de 5 a 8 mm de largo y entre 3 y 5 mm de ancho (Fig 8, A).

**A. horridus:** Es un cojín laxo de 10 a 20 cm de altura sobre el suelo. Generalmente vive entre los 2200 - 3200 metros sobre el nivel del mar. La hoja es de 3 - 4 cm de largo formada por 5 - 8 pares de folíolos. Cada folíolo mide 3 - 4 mm de largo.

**A. microphysa:** Es un cojín laxo de 8 - 10 cm de altura sobre el suelo. Vive entre 3600 - 4000 metros sobre el nivel del mar. La hoja es de 3 - 4 cm de largo y tiene 5 - 6 pares de folíolos. Cada folíolo mide 4 mm de largo y entre 1 y 2 mm de ancho.

**A. dactylocarpus:** Es un subarbusto de 15 - 30 cm de altura sobre el suelo (Fig 1, C, D). Vive entre los 900 y los 1300 metros sobre el nivel del mar, al borde de salinas. La hoja es de 13 - 15 cm de largo, es algo suculenta y posee de 18 a 21 pares de folíolos. Cada folíolo mide entre 3 y 7 mm de largo y entre 2 y 4 mm de ancho.

**Caracteres anatómicos:**

**Foliolo en vista superficial:** La epidermis está formada por células alargadas a cortas (Fig 8, C, K, O; 9, H; 10, B, I), de contorno algo sinuoso en *A. microphysa* (Fig 8, G). La cutícula es estriada a la altura de NM en *A. dactylocarpus* y *A. vanillae* (Fig 10, J, K; 9, J).

Los estomas generalmente son anisocíticos y tetracíticos, y se observaron sólo de tipo anomocíticos en *A. vanillae* (Fig 8, C).

Los pelos son simples de **tipo a**, presentes solo en cara abx y en menor densidad que en el grupo I (Fig 8, D, H, L, P; 9, A, B, F, G; 10, A, C, G, H).

### **Vascularización:**

En este grupo, generalmente, el NM es muy débilmente ramificado, con la red vascular poco densa (Fig 16, A-D). Se notó una red más densa en *A. dactylocarpus*. Las areolas en todas las especies son poligonales, grandes con vénula ramificada varias veces (Fig 8, E, I, M, Q).

### **Foliolo en CT:**

La epidermis es de células cuadrangulares y notablemente grandes, con cutícula fina y algo estriada a la altura de NM, excepcionalmente más gruesa en *A. dactylocarpus*. Los estomas están hundidos y protegidos por el tamaño grande de células epidérmicas vecinas (Fig, 9, K).

El mesófilo es isolateral. Las células de clorenquima en empalizada son relativamente cortas con disposición muy densa. A la altura de hvs forman 2 y 3 capas, tanto en cara abx como en la adx (Fig 8, B, F, N; 9, C, I, J; 10, J). Excepcionalmente, el clorenquima es más laxo en *A. horridus* (Fig 8, J; 10, D, E). Los hvs presentan casquetes reducidos de fibras (Fig 10, E, K).

### **GRUPO III**

Está compuesto por las siguientes especies:

**A. glancacanthus**

**A. ebenoides**

**A. leiocladus**

Los folíolos son pequeños, levemente plegados sin espina distal y muy baja densidad de pelos en ambas caras, excepto en **A. leiocladus** que son completamente glabros (Fig 13, A-C).

#### **Caracteres Ambientales y Morfológicos:**

**A. glancacanthus:** es un subarbusto que vive entre 1500 - 1700 metros sobre el nivel del mar. La hoja es de 5 -6 cm de largo y tiene 5 - 7 folíolos. Cada folíolo mide 6 mm de largo y 3 mm de ancho.

**A. ebenoide:** es un subarbusto de altura entre 30 y 35 cm sobre el suelo. Vive entre 1450 y 2120 metros sobre el nivel del mar. La hoja es de 8 a 12 cm de largo y tiene entre 12 y 20 folíolos. Cada folíolo mide 9 mm de largo y 3 mm de ancho (Fig 11, A).

**A. leiocladus:** es un arbusto de altura entre 35 y 50 cm sobre el suelo. Vive entre los 1800 y los 2200 metros sobre el nivel del mar. La hoja es de 5 cm de largo y tiene 10 - 11 folíolos. Cada folíolo mide 7 mm de largo y 3 mm de ancho.

### **Caracteres anatómicos:**

**Folíolo en vista superficial:** La epidermis está formada por células poligonales relativamente cortas de contorno ligeramente ondulado, semejante en ambas caras (Fig 11, C, G; 12, H, I) y excepcionalmente de paredes rectas en **A. leiocladus**. La cutícula es lisa. Los estomas son pequeños de tipo exclusivamente anisocítico, más abundantes en cara adx (Fig 12, I). En **A. glancacanthus**, se observaron dos tipos de estomas: el anomocítico y anisocítico, en cantidad igual.

Los pelos de **A. ebenoide** son de **tipo b** con parte gruesa y más abundantes en la cara abx (Fig 11, D; 12, F, G). En **A. glancacanthus**, los pelos son simples de **tipo a**, con pared delgada y distribuidos en forma desordenada y poco densa en ambas caras del folíolo (Fig 11, H; 12, A, B). (Tabla III). La epidermis está totalmente glabra en ambas caras en **A. leiocladus**.

### **Vascularización:**

La red vascular es poco engrosada y densa en todos los folíolos (Fig 11, E, I, L; 16, E-G).

### **Folíolo en CT:**

La epidermis es de células cuadrangulares grandes de tamaño semejante en ambas caras (Fig 13, E). La cutícula es generalmente gruesa ; se ve más fina en **A. glancacanthus**. Los estomas son superficiales en todo el grupo, pero se observan algo hundidos en **A. glancacanthus**. Los hvs presentan el tejido mecánico escaso (Fig 12, D, K; 13, F).

### TABLA III

ESPECIE	Densidad de Estomas por mm <sup>2</sup> en Epidermis		Densidad de Pelos por mm <sup>2</sup> en Epidermis		Cristal	
	adx	abx	adx	abx		
G 1	<i>A. cordatus</i>	250	400	300	100	+
	<i>A. chrysostachys</i>	250	350	100	100	
	<i>A. yodotropis</i>	250	350	200	100	
	<i>A. cornu-caprae</i>	200	430	260	200	+
	<i>A. camphylanthus</i>	430	490	280	270	
	<i>A. gussypinus</i>	380	560	250	520	
	<i>A. keyserlingii</i>	250	330	180	130	
G 2	<i>A. vanillae</i>	560	300	10	100	
	<i>A. microphysa</i>	360	290	180	230	
	<i>A. horridus</i>	430	290	10	200	+
	<i>A. dactylocarpus</i>	230	80	20	130	
G 3	<i>A. glaucacanthus</i>	290	230	90	110	
	<i>A. leiocladus</i>	190	150	10	10	+
	<i>A. ebenoide</i>	170	320	60	100	+

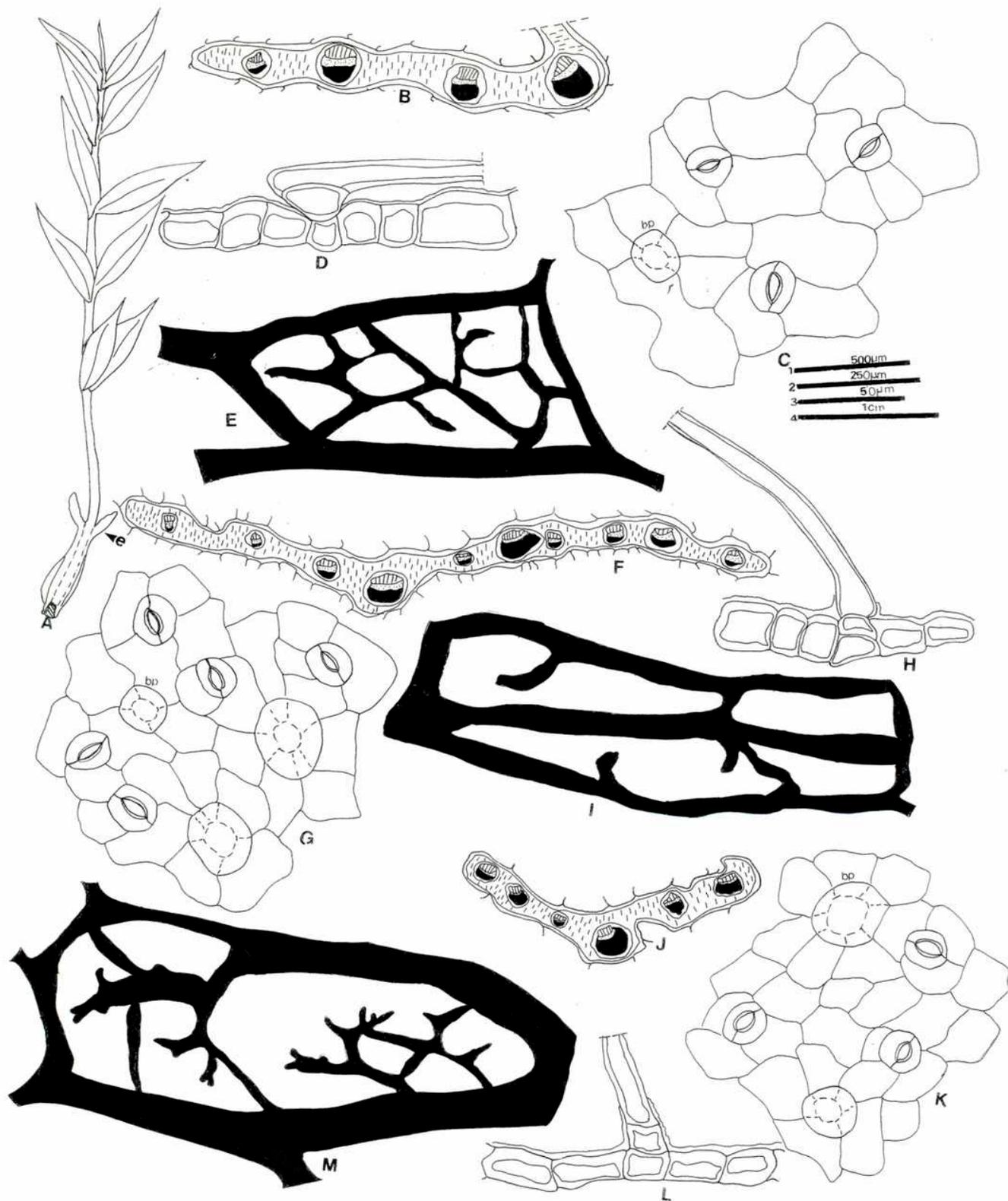
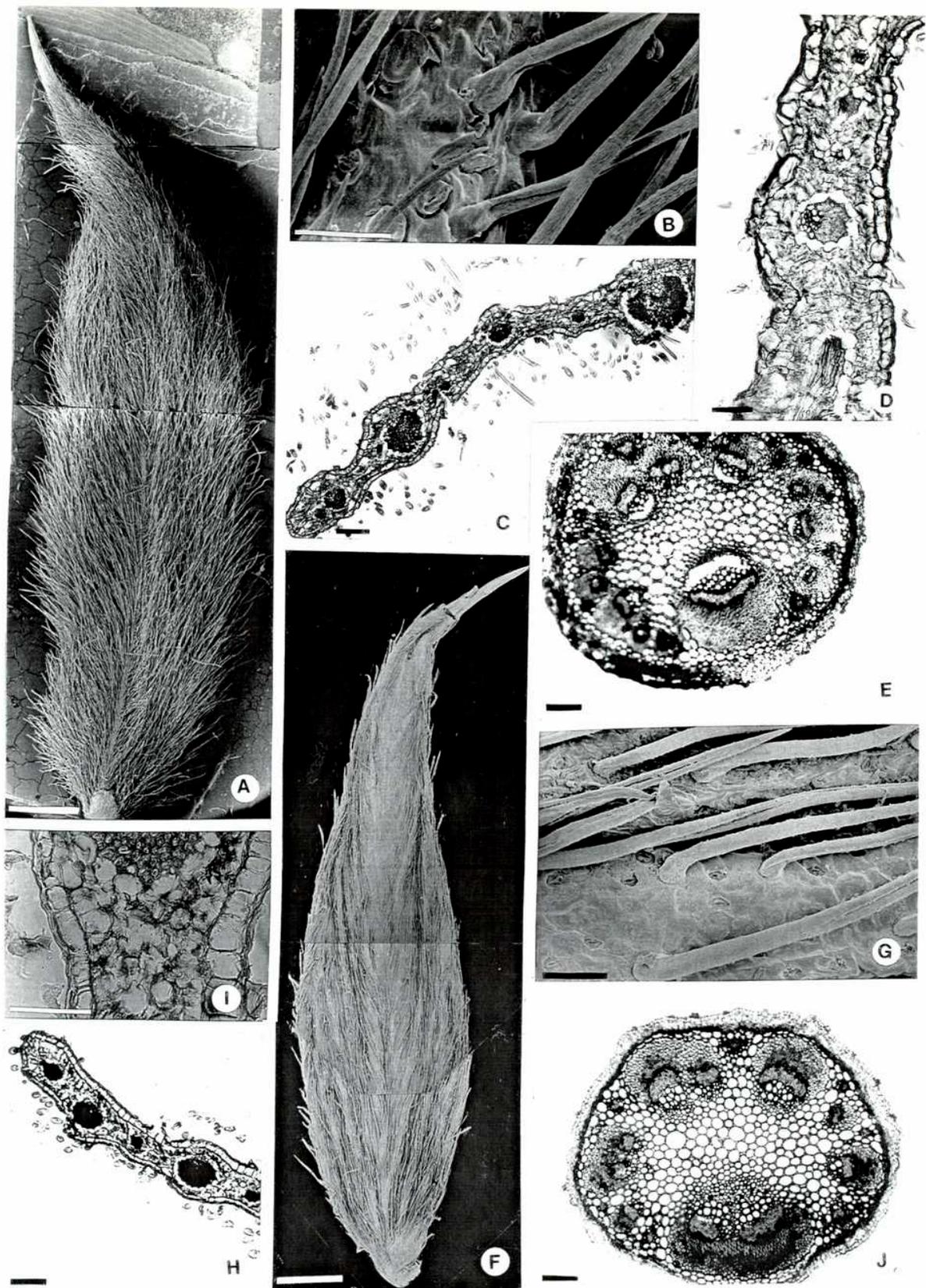


Figura 2. A - M, Anatomía foliar de las ssp de *Astragalus*: Grupo I, A - E: *A. chrysostachys*; F - I: *A. cordatus*; J - M, *A. yodotropis*; Aspecto general; B, F, J, Corte transversal; C, G, K: Epidermis abx; D, H, L, Pelo detalle; E, I, M: Areola detalle; bp: base de pelo; e, estípula; La reglilla 1 igual B, F, J; Reglilla 2, I, E, M; Reglilla 3, C, D, G, I, L, M; Reglilla 4, A



**Figura 3.** A - J, Anatomía foliar de **Astragalus**. Grupo I: A- E, **A. cordatus**: A y B, Observación con MEB, A, Aspecto general; B, Detalles, pelos y estomas; C - E, Hoja en CT: C, Aspecto general; D, Detalle de mesófilo y epidermis; E, Raquis - Espina; F - J, **A. chrysochachys**: F, G Observación con MEB; F, Aspecto general; G, Detalle, pelos y estomas; H - J: Hoja en CT; H, Aspecto general de folíolo; I, Detalle de mesófilo y epidermis; J, Raquis-espina. La Reglilla: A y F = 1mm; B y G = 0.05 mm; D, I = 50  $\mu$ m; H, J = 100  $\mu$ m.

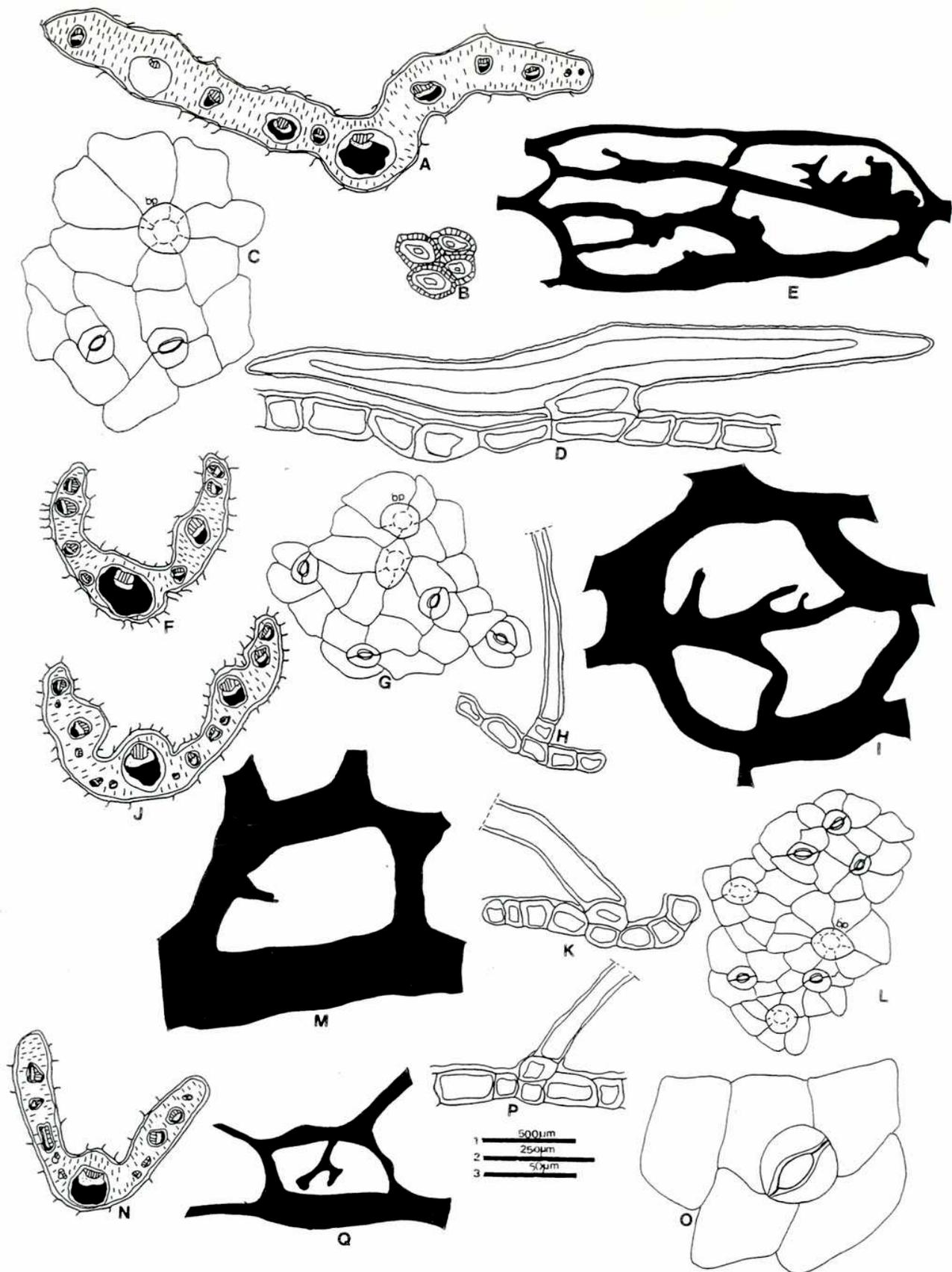
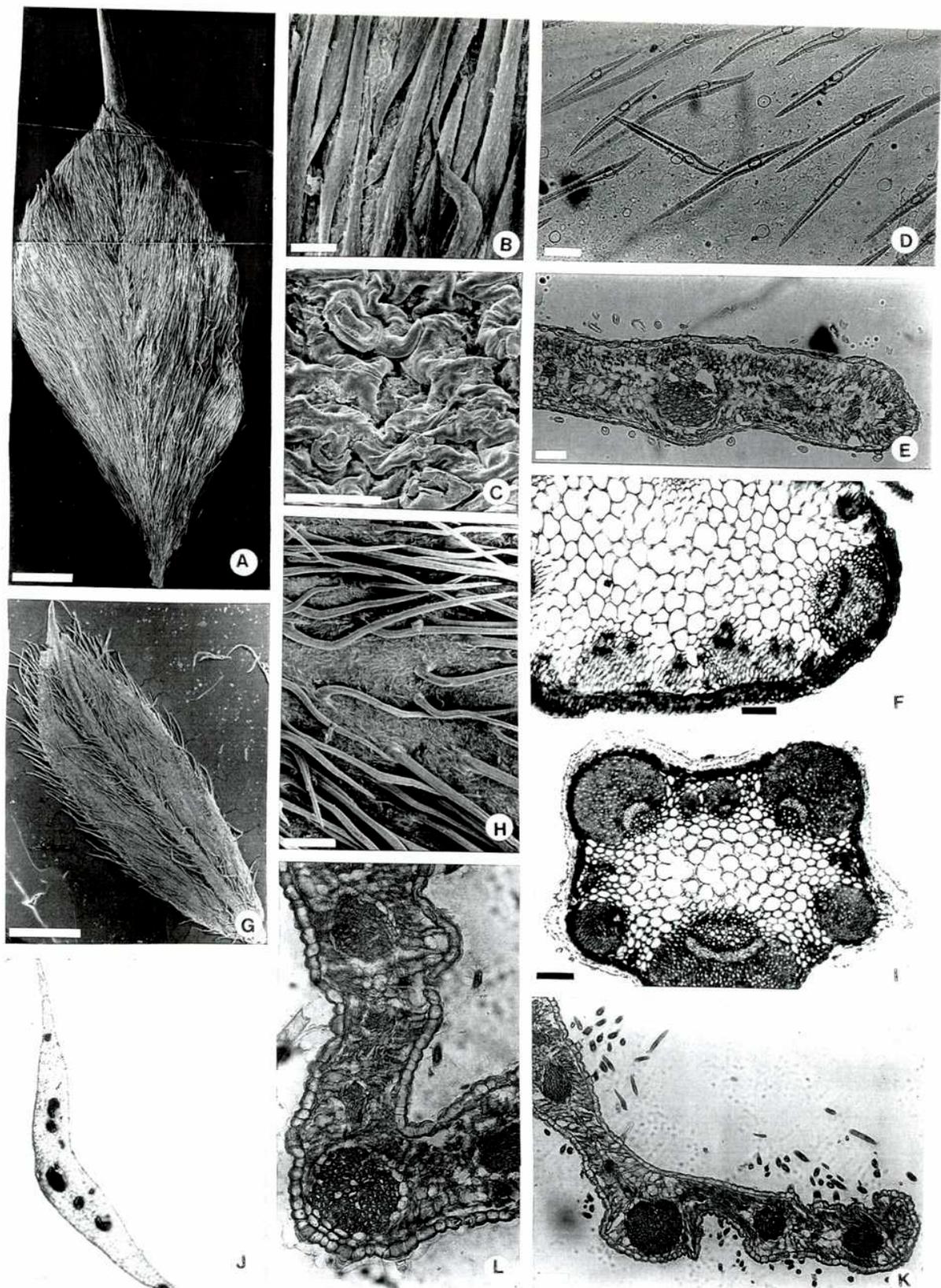
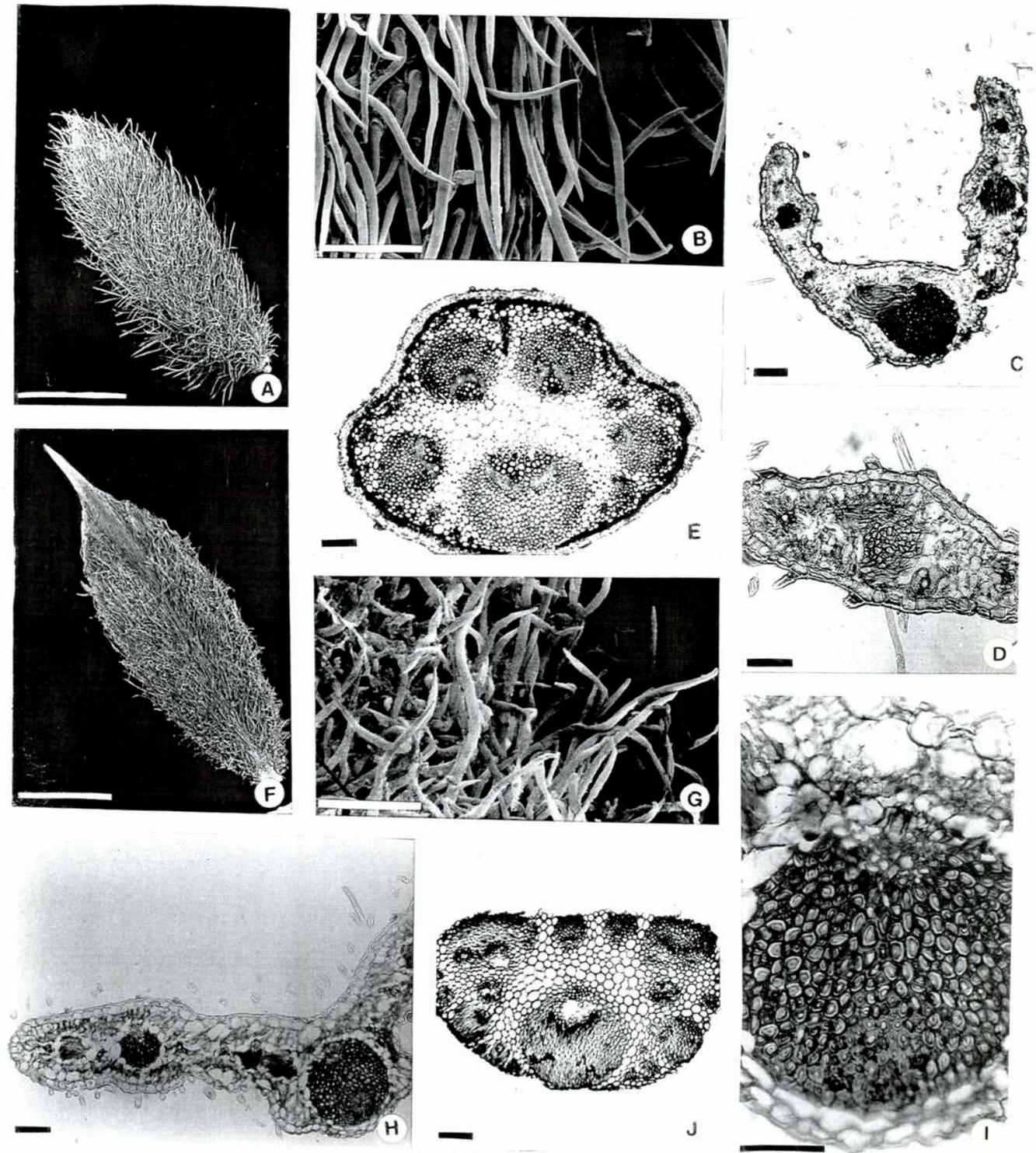


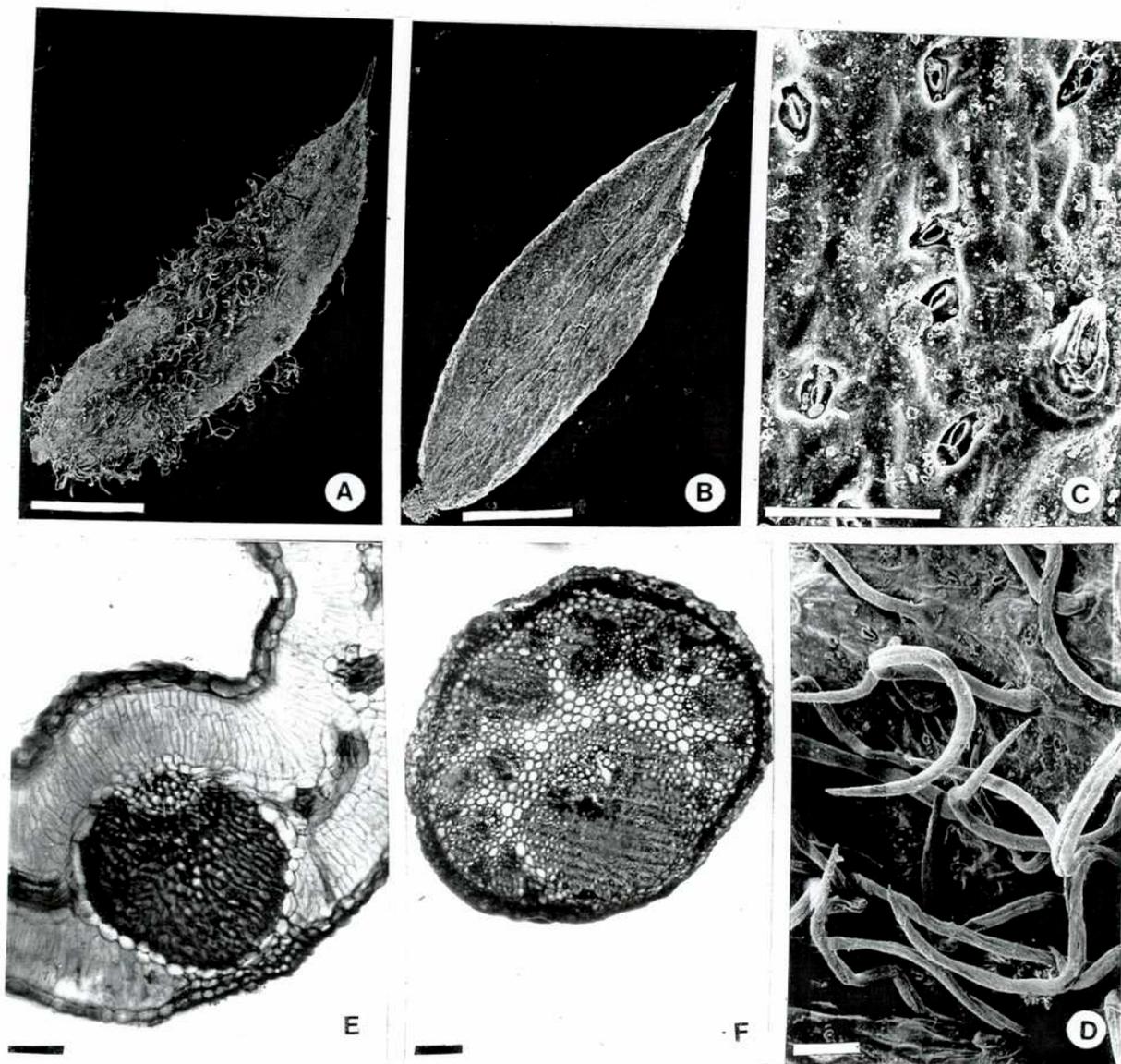
Figura 4. A - Q, Anatomía foliar de las ssp de *Astragalus*; Grupo I: A - E, *A. comu-caprae*; F - I, *A. camphylanthus*; J - M, *A. gussypinus*; N - Q, *A. keyserlingii*; A, F, J, N, CT esquema; B, Fibras gelatinosas; C, G, K, O, Epidermis abx en vista superficial; P, H, L, P, Pelo detalle; E, I, M, Q, Areola detalle; bp, base de pelo; Reglilla 1, A, F, G, N; Reglilla 2, E, I, M, Q; Reglilla 3, B, C, D, G, H, K, L, O, P.



**Figura 5.** A - L, Anatomía foliar de *Astragalus*, Grupo I; A - F, *A. cornu-caprae*: A - C, Observaciones con MEB: A, Aspecto general; B, Pelos malpigiaceo y estomas; C, Superficie del pulvínulo; D, Epidermis en vista superficial; Pelo malpigiaceo; E - F: Hoja en CT, E, Foliolo, F, Raquis-espina; G - L, *A. yodotropis*: G - H, Observaciones con MEB; G, Aspecto general; H, Pelos y estomas, detalle; I-L, Hoja en CT; I, Raquis-espina; J, Estípulo en CT; K - L, Foliolo; K, Aspecto general; L, Detalle de mesófilo y epidermis. La Reglilla A y G = 1mm; B v C = 0.05 mm; D, E, F, I, J, K, L = 100 $\mu$ m.; H = 0.1 mm



**Figura 6.** A - J, Anatomía foliar de **Astragalus**, Grupo I: A - B, **A. camphylanthus**: A, B, Observación con MEB; A, Aspecto general; B, Pelos, detalle; C - E, Hoja en CT, C, Aspecto general del folíolo; D, Mesófilo y epidermis, detalle; E, Raquis-espina; F - J, **A. gussypinus**: F, G, Observación con MEB; F, Aspecto general; G, Pelo, detalle; H, J, Hoja en CT; H, Aspecto general de folíolo; I, NM Detalle; J, Raquis-espina; La Reglilla A y F = 1mm; B y G = 0.1 mm; D, I = 50  $\mu$ m, C, E, H, J = 100  $\mu$ m.



**Figura 7:** A - F, Anatomía foliar de **Astragalus**, Grupo I, **A. keyserlingii**: A - D, Observación con MEB; A, cara abx; B, cara adx; C, D, Vista superficial: C, cara adx, estomas, D, cara abx, pelos, E - F, Hoja en CT; E, Detalle de mesófilo y epidermis del folíolo; F, Raquis-espina; La Reglilla: A y B = 1 mm; C y D = 0.05mm; E = 50  $\mu$ m, F = 100  $\mu$ m.

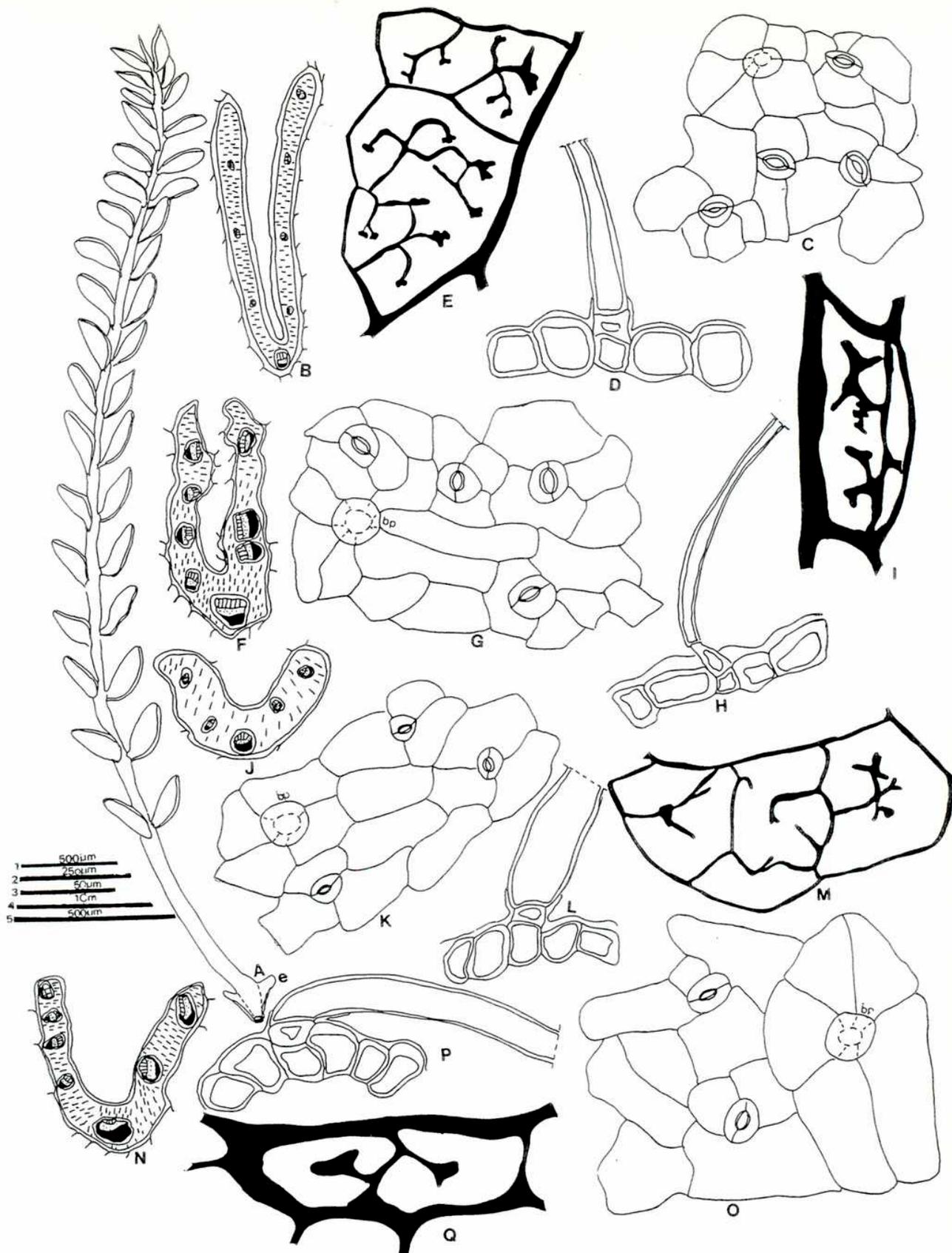
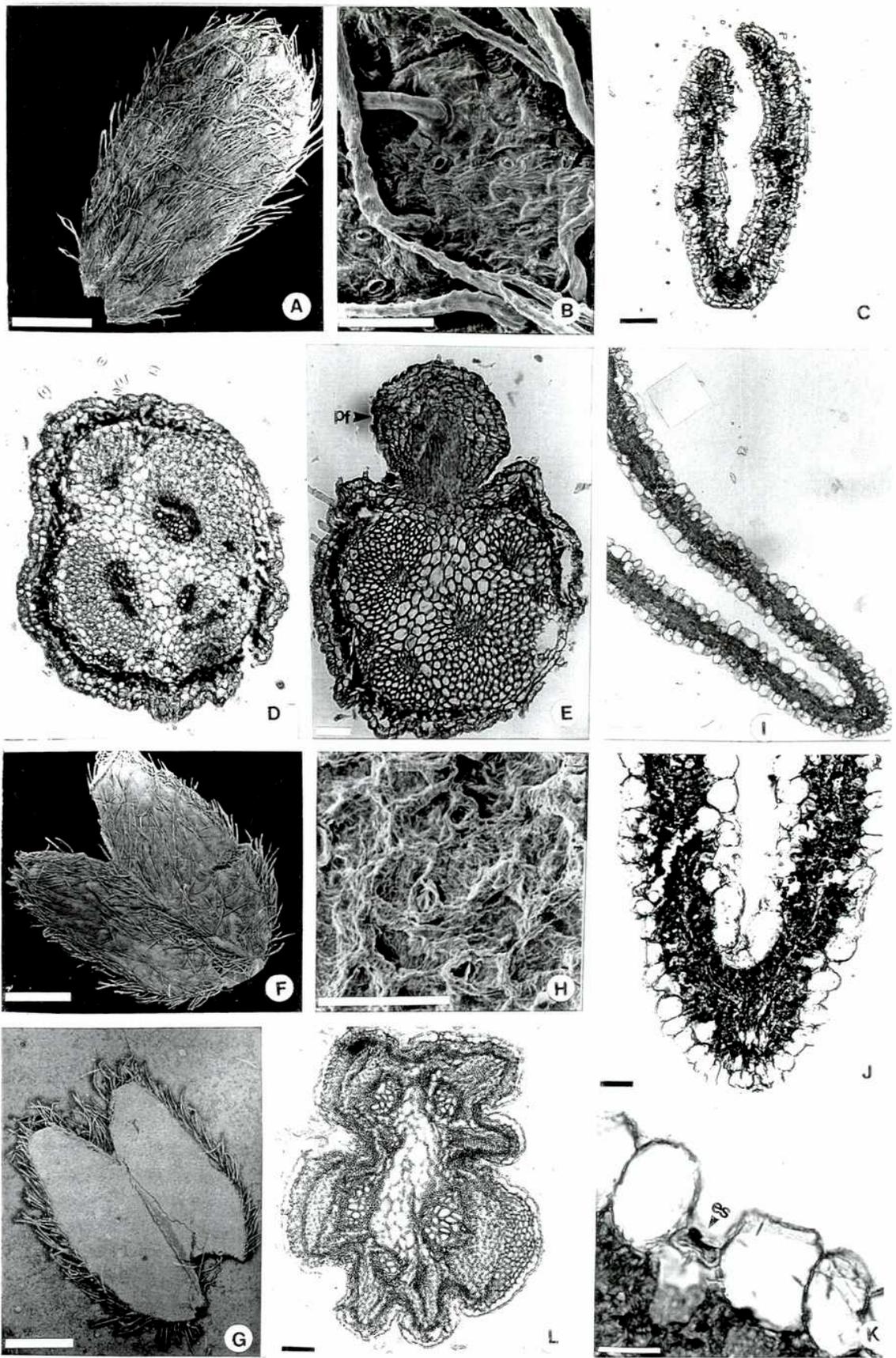
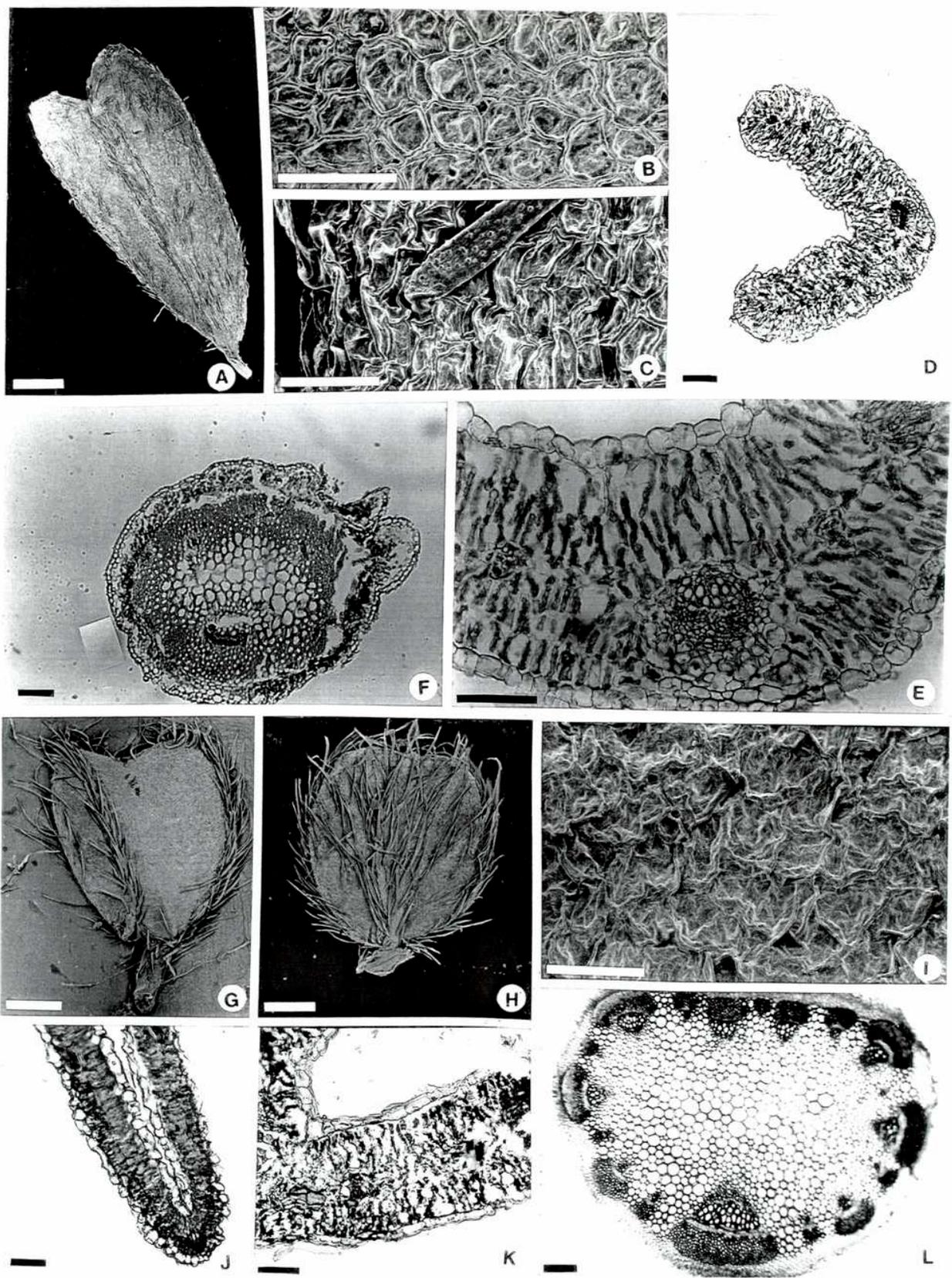


Figura 8: A - Q, Anatomía foliar de las ssp de *Astrogalus* Grupo II: A - E, *A. vanillae*; F - I, *A. microphysa*; J - M, *A. horridus*; N - Q, *A. dactylocarpus*; A, Aspecto general; B, F, J, N, Corte transversal esquema; C, G, K, O, Epidermis abx; D, H, L, P, Pelo detalle; E, I, M, Q, Areola detalle; bp, base de pelo; e, estípula, Reglilla 1, B, J, N; Reglilla 2, E, I, M, Q, Reglilla 3; C, D, G, H, K, L, P, O; Reglilla 4, A, Reglilla 5, F



**Figura 9.** A - L, Anatomía foliar de *Astragalus*, Grupo II: A, B, F, G, H, Observación con MEB; A - E, *A. microphysa*: A, Aspecto general; B, Estomas y pelos, detalle; C - E, Hoja en CT, C, Aspecto general del folíolo; D, Raquis-espina; E, Raquis con el pulvínulo de uno de los folíolos; F - L, *A. vanilla*: F, cara abx; G, cara adx; H, Epidermis adx con estoma; I - L, Hoja en CT; I, Aspecto general; J, Detalle; K, Estoma, detalle; L, Raquis; PF, Pulvínulo del folíolo; La Reglilla A = 0.5mm, B y H = 0.05 mm; G y F = 1 mm; J, K = 50  $\mu$ m; C, D, E, I = 100  $\mu$ m.



**Figura 10.** A - L, Anatomía foliar de *Astragalus*, Grupo II; A - C y G - I; Observación con MEB; A - F, *A. horridus* A, Aspecto general; B - C, Epidermis en vista superficial: B, adx; C, abx con pelo incrustado; D - E, Foliolo en CT: D, Aspecto general; E, Detalle de mesófilo y epidermis; F, Raquis-espina; G - L, *A. dactylocarpus*: G, H, Aspecto general: G, cara adx, H, cara abx; I, Epidermis adx en vista superficial; J, L, Hoja en CT: J, Aspecto general del foliolo; K, detalle; L, Raquis-espina; P, Pelo incrustado; La Reglilla: A, G, H = 0.5mm; B, C, I = 0.05 mm; E, K = 50  $\mu$ m; D, F, J, L - 100  $\mu$ m.

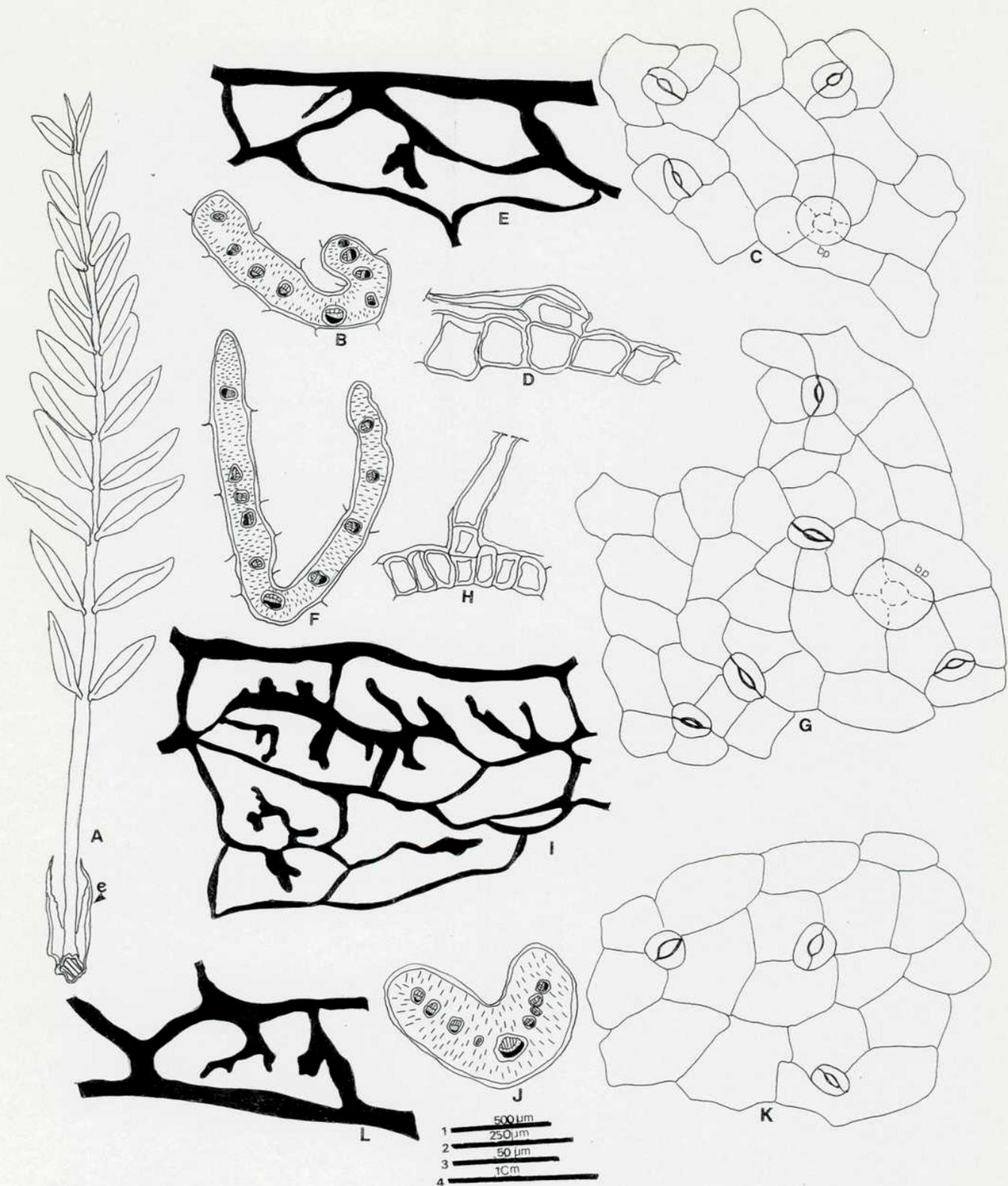
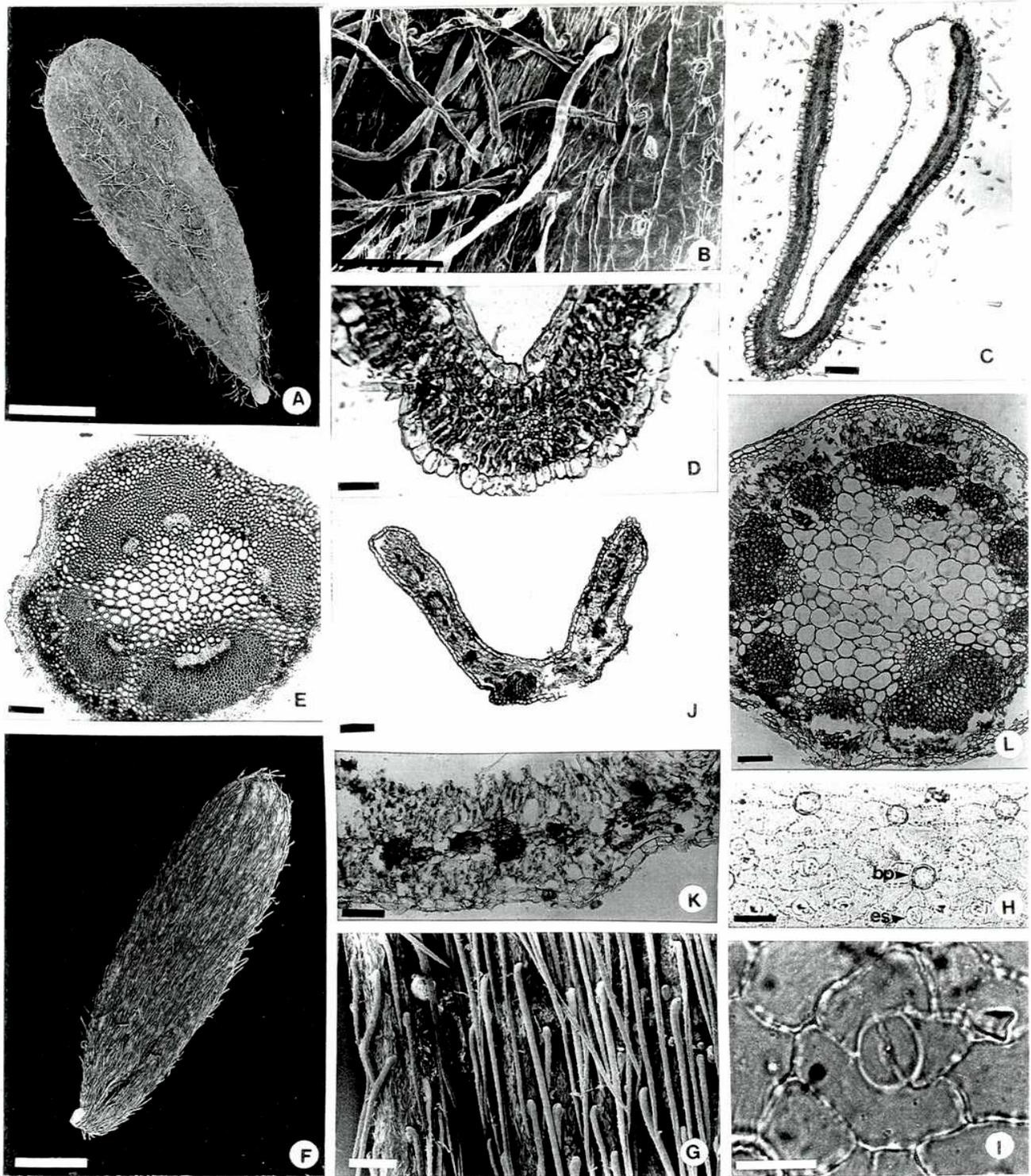
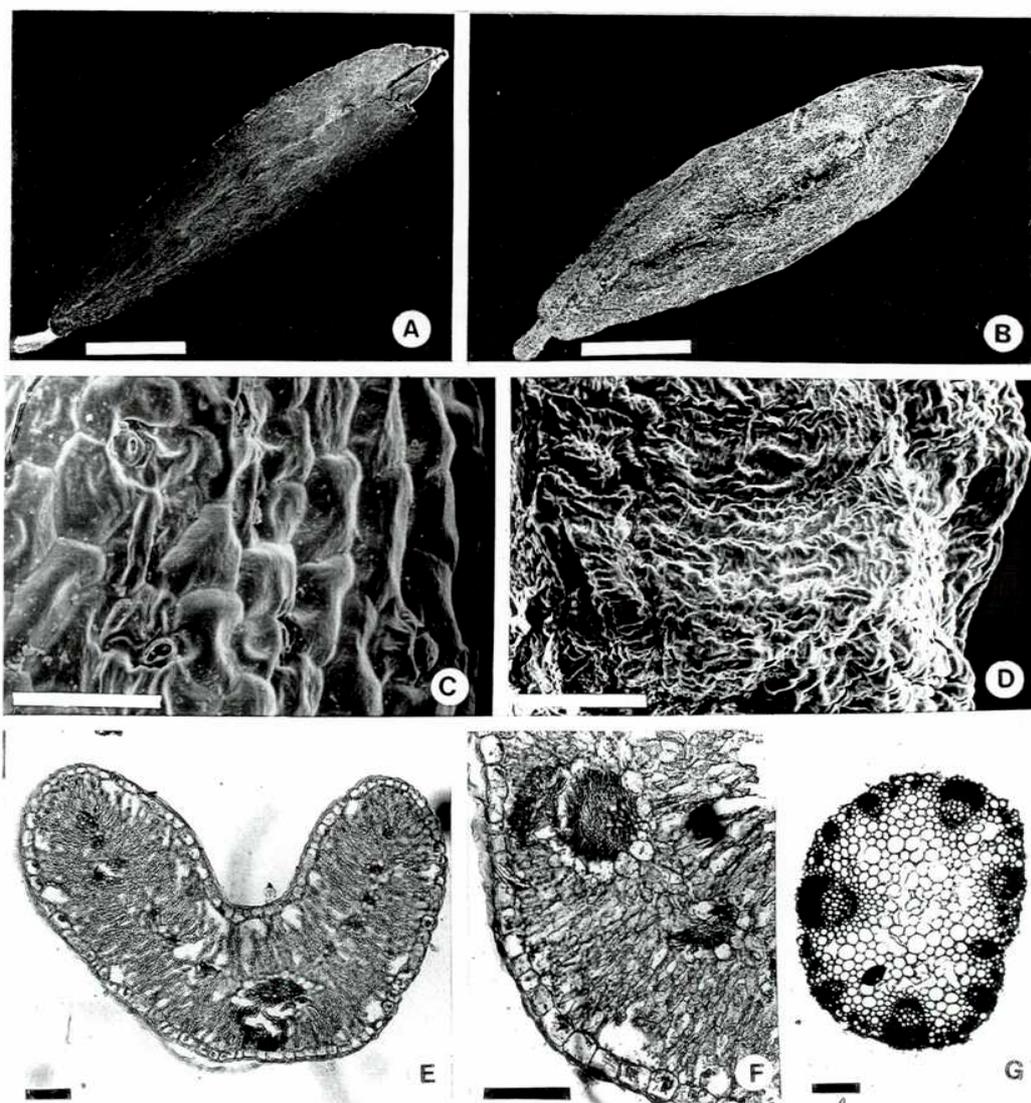


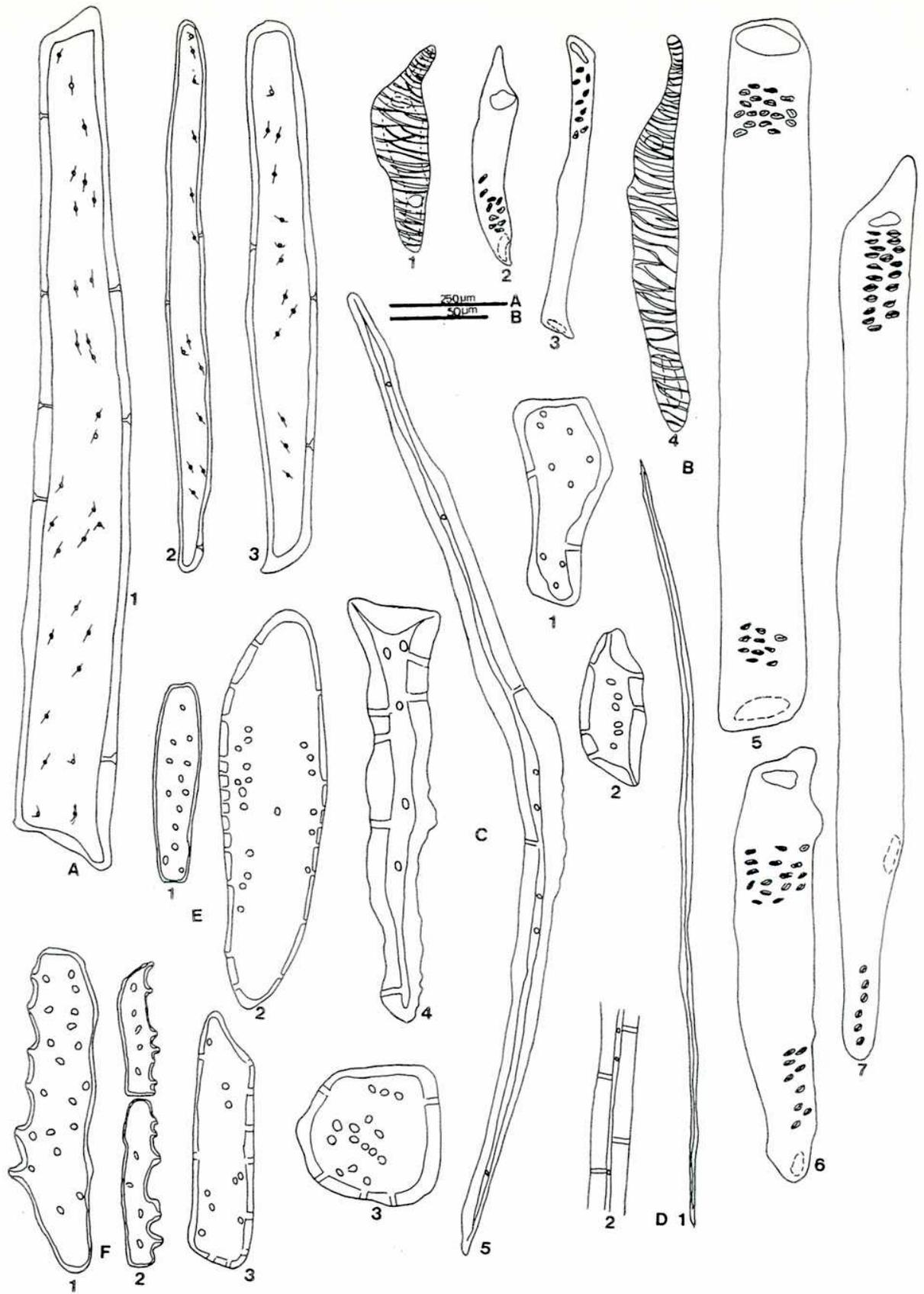
Figura 11. A - L, Anatomía foliar de las ssp de **Astragalus** Grupo III: A - E, **A. ebenoide**; F - I, **A. glaucacanthus**; J - L, **A. leiocladus**; A, Aspecto general; B, F, J, Corte transversal; C, G, K, Epidermis abx; D, H, Pelo detalle; E, I, L, Areola detalle; bp, base de pelo; e, estípula. Reglilla 1 = B, F, G; Reglilla 2 = E, I, L; Reglilla 3 = C, D, G, H, K; Reglilla 4 = A.



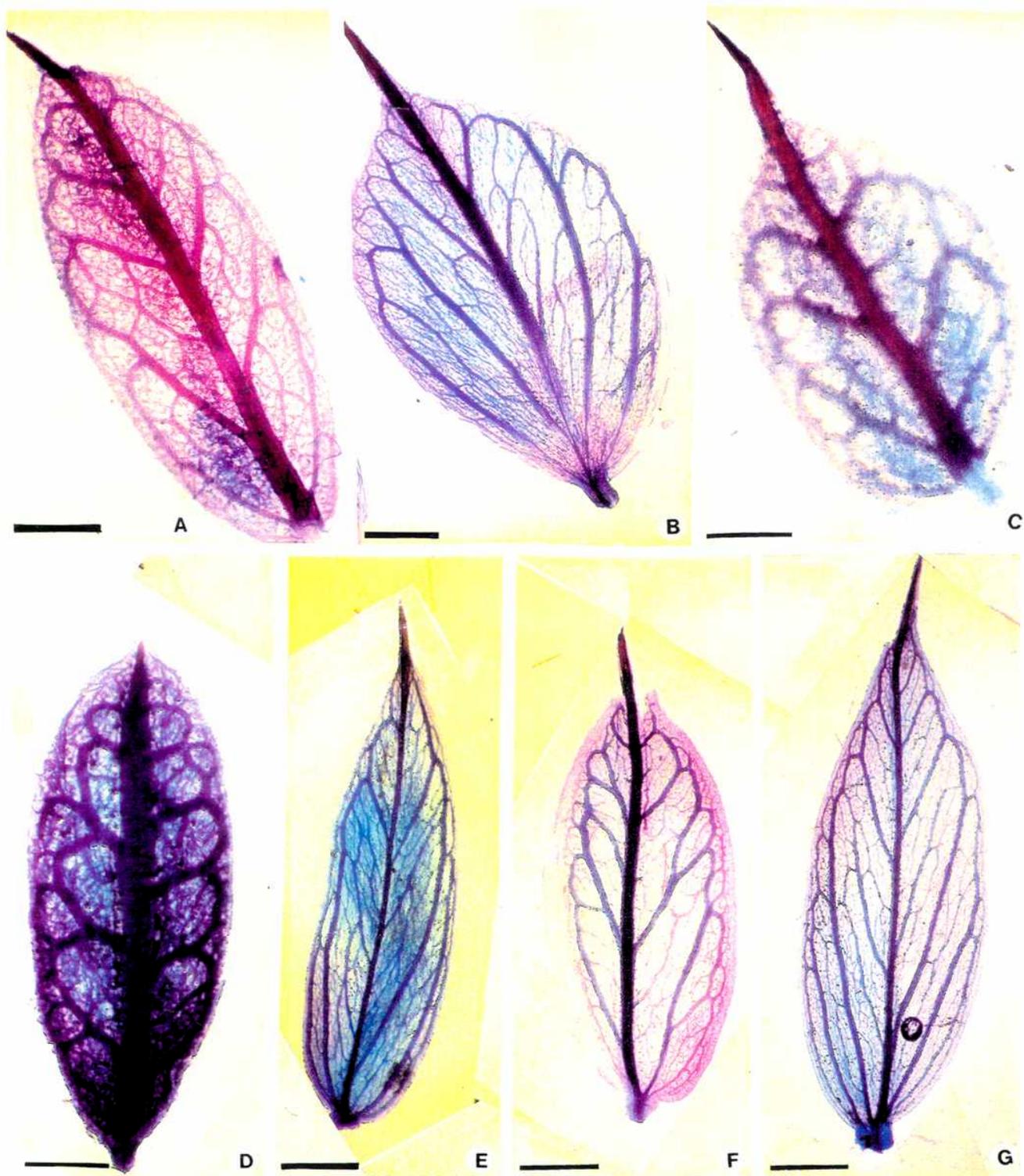
**Figura 12.** A - L, Anatomía foliar de **Astragalus**, Grupo III: A, B, F, G, Observación con MEB; A - E, **A. glaucacanthus**: A, Aspecto general del folíolo; B, Pelos y estomas, Detalle; C - E Hoja en CT; C, Aspecto general de folíolo; D, Detalle de mesófilo y epidermis; E, Raquis-espina; F - L, **A. ebenoide**: F, Aspecto general del folíolo; G, Pelos y estomas, detalle; H, I Epidermis en vista superficial; H, Aspecto general, I, detalle; J - L, Hoja en CL; J, Aspecto general del folíolo; K, Detalle de mesófilo y epidermis; L, Raquis-espina; bp, base de pelo; es, estoma; La Reglilla: A, F = 1mm; B, G = 0.1 mm; D, K, H, I = 50  $\mu$ m; C, E, J, L = 100  $\mu$ m.



**Figura 13.** A - G, Anatomía foliar de **Astragalus leiocladus** Grupo III: A - D, Observación con MEB; A, B, Aspecto general del folíolo; A, cara adx; B, cara abx; C, Epidermis abx, detalle; D, Pulvínulo, detalle; E - G, Hoja en CT; E, Aspecto general de folíolo; F, Detalle de mesófilo y epidermis; G, Raquis-espina; La Reglilla: A y B = 1 mm; C y D = 0.05 mm; F = 50  $\mu$ m; E, G = 100  $\mu$ m.



**Figura 14.** A - F, Elementos disociados del Raquis-espina A, 1 - 3; Parenquima axial con puntuaciones rebordeadas; B, 1 - 7; Elementos vascales; C, 1 - 5, Esclereidas: 1 - 4, Cortas; 5, Larga; D, 1 - 2, Fibra: 1, Aspecto general; 2, Detalle; E, 1 - 3, Parenquima; F, 1 - 2 Parenquima dysunto; Reglillas 1 = D; Reglilla 2 todos los demás elementos



**Figura 15.** A - G, Arquitectura foliar en folíolos diafanizada de las ssp de **Astragalus**, Grupo I: A, **A. keyserlingii**; B, **A. cornu-caprae**; C, **A. gussypinus**; D, **A. camphylanthus**; E, **A. chrysostachys**; F, **A. yodotropis**; G, **A. cordatus**; La Reglilla A, C y D = 0.5 mm y las demás=1 mm.

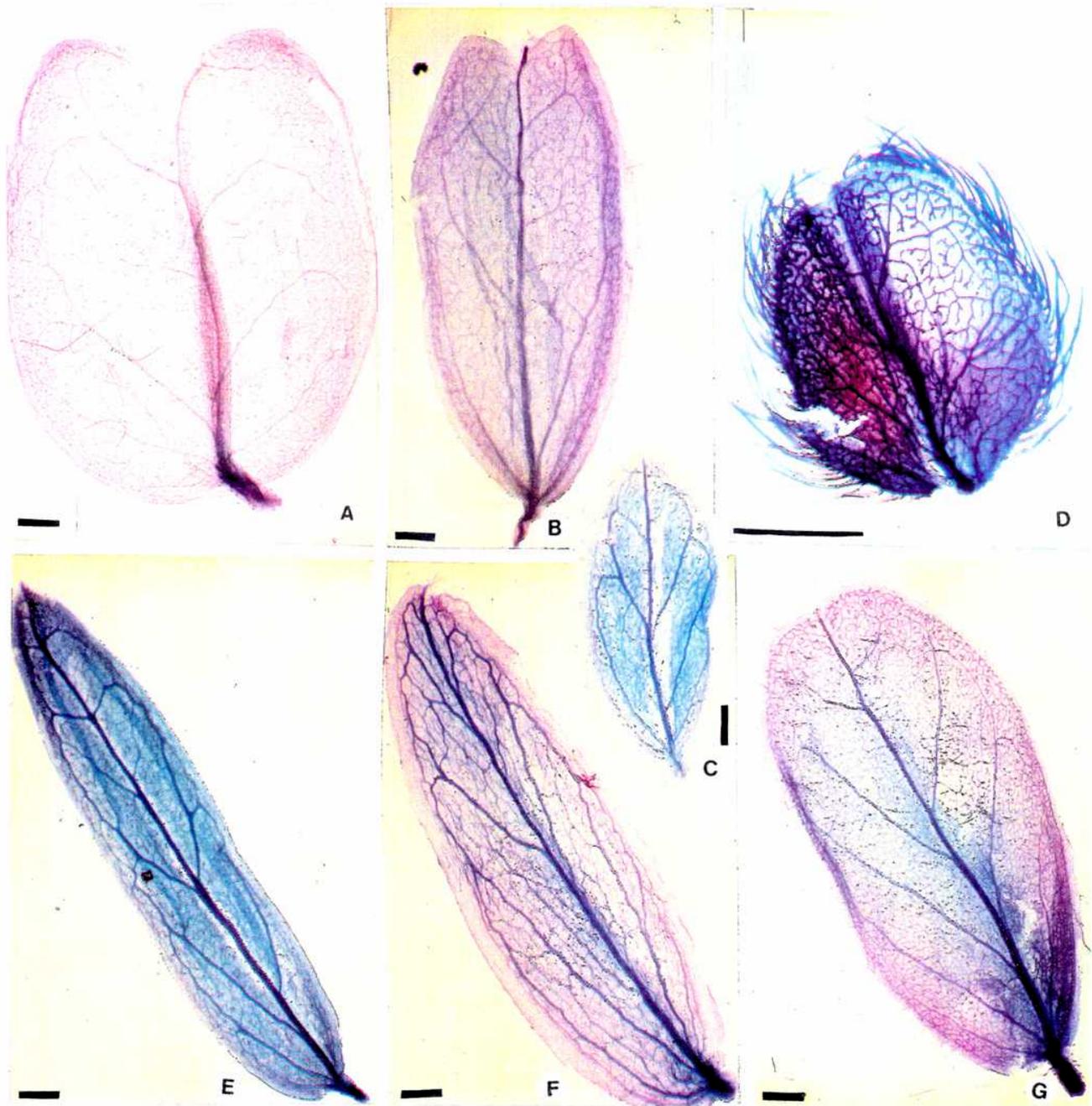
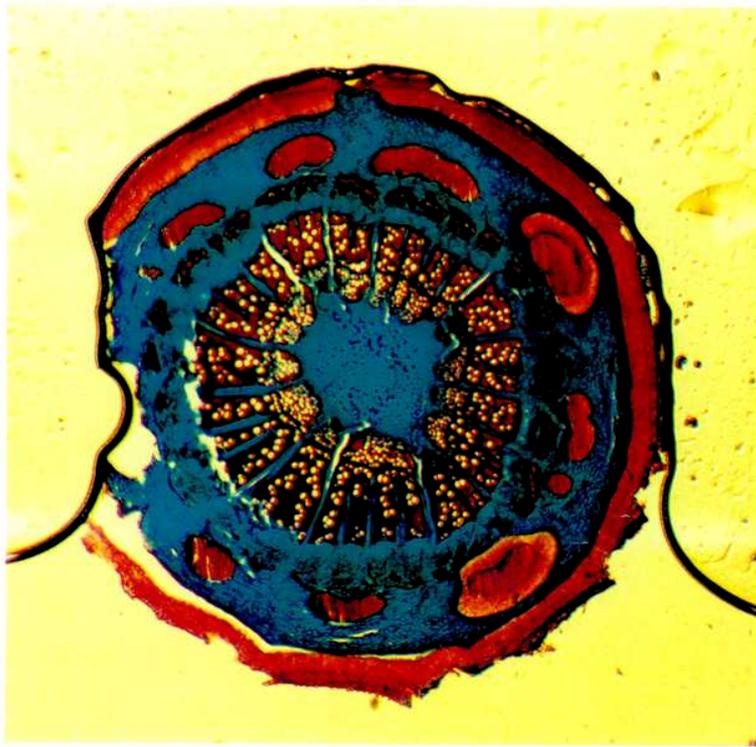


Figura 16. A - G, Arquitectura foliar en folíolos diafanizados de las ssp de *Astragalus*, Grupo II y III: A - D, Grupo I: A, *A. vanillae*; B, *A. horridus*; C, *A. microphysa*; D, *A. dactilocarpus*; E - G, Grupo II: E, *A. leiocladus*; F, *A. ebenoide*; G, *A. glaucacanthus*; La Reglilla: = 0.5 mm.

CAPTULO 4



## CAPITULO 4

### ESTRUCTURA DEL EJE

#### TALLO

La estructura de los tallos de las especies de **Astragalus** de Irán es particularmente interesante, y no existen estudios previos sobre el tema.

Los caracteres de los tallos se observaron mucho más uniformes que los de las hojas, pero para mantener el plan del trabajo se conservarán los tres grupos, como se hizo en el caso de las hojas.

Los tallos desarrollados son de diámetro reducido, cortos, leñosos, con ramificación basal densa. Normalmente las ramas no son muy gruesas (Fig 28, B-D). Están recubiertas por estípulas imbricadas y su suber no está muy desarrollado. Luego, con la edad, el tallo crece en grosor ya no recubierto de estípulas, sino presenta un suber muy grueso.

#### **Caracteres Generales en CT y CL:**

Estas plantas crecen muy lentamente, y por un recuento aproximado de los anillos anuales, podrían llegar a 50 - 100 años. Es una edad estimativa que la autora observó en el campo (Fig 17, A, B, D, E; 19, A; 20, A, 21, D, C).

Se pudo ver en tallos adultos con estructura secundaria un suber grueso de células pequeñas y de paredes finas que llegan hasta 30 capas (Fig 19, B). Este suber presenta rajaduras longitudinales causadas por tensión y torciones debidas al crecimiento en grosor (Fig 22,D). En algunas especies se observaron lenticelas de tipo 3 , con capas de cierre suberificadas (Fig 22, H).

El felógeno es de origen subepidérmico y la felodermis se presenta en capas de células ordenadas (Fig 18, A).

En los casos de tallos cubiertos por las estipulas, el suber es todavía discontinuo y se observa localmente la epidermis con pelos del mismo tipo a los vistos en las hojas. Luego se ve el pq cortical, generalmente de 5 - 6 capas de células, de pared fina intercaladas con los grupos de fibras levemente lignificadas y dispuestas en forma dispersa (Fig 22, A, I).

El cilindro vascular se presenta fracturado por la formación de porciones radiales conspicuas de pq correspondientes a los radios . En estas zonas se iniciarán los canales secretores de origen esquizogéno-lisigéno, tanto en el xilema como en el floema (Fig 21, A; 22, B, D; Fig 23, A, B, D, E).

La zona periférica del complejo cilindro vascular corresponde al floema. Se ven, en primer término, unos casquetes fibrosos. Luego se puede observar el floema compuesto por los tubos cribosos, células anexas y pq axial floemático, de células grandes llenas de almidón (Fig 19,C, E), y fibras floemáticas no lignificadas. La presencia de radios anchos con los canales en floema secundario es notable (Fig 17, C; 18, K , c; 22, C, F).

En CL los elementos de tubos cribosos se ven relativamente cortos , de placas cribosas simples o compuestas y se presentan estratificadas. (Fig 18, B, D, J). Este caracter se debe a la actividad del cambium también estratificado (Fig. 19, E).

El xilema presenta una porosidad difusa con tendencia a subcircular. Los anillos de crecimiento están marcados en la mayoría de las especies, por la presencia de fibras achatadas, terminales de otoño. (Fig 18, F, G; 22 E). Los poros son solitarios, en series tangenciales o radiales cortas y en racimos. Los vasos son de contorno circular, cuando se presentan solitarios, y poligonal cuando están agrupados (Fig 18 H; 19 F; 20 B). En CL, los

vasos presentan recorrido sinuoso y están formados por elementos muy cortos y anchos (Fig 17, F; 19 D, G; 20, D).

El pq axial es paratraqueal, bandeado, confluyente y apotraqueal, bandeado en menor proporción. Los vasos de xilema observados con MEB muestran sus puntuaciones ornadas. Los ornamentos son conspicuos, levemente coraloides y cubren parcialmente la abertura interna de la puntuación que puede ser elíptica o coalescente (Fig 19, J; 20, C).

Los radios son todos heterocelulares biseriados y pluriseriados, de ancho variable, altos o bajos (Fig. 27, A-Q); con escasa presencia de cristales tetraédricos de oxalato de calcio, en algunas células.

La médula, siempre presente en el centro de los tallos, es amplia. En su parte periférica se ven células grandes con paredes gruesas e hidratadas, contenidos densos y citoplasma reducido. En su centro, las células se hallan destruidas y se observa goma acumulada. Esto ocurre generalmente en los Grupos I y III (Fig 18, I; 23, F, G; 25, G, J). Excepcionalmente en el grupo II se observó médula con células de pared fina sin contenidos (Fig. 22, A, G, I).

### **Contenidos Celulares:**

Se comprobó la presencia de los siguientes contenidos celulares en cantidades variables en los pqs de tallo. Los contenidos son iguales en prácticamente todas las especies, sólo varían en cantidad.

Los taninos son escasos. Las sustancias pécticas son abundantes. Se pudo ver en las células parenquimáticas el almidón simple, con hilo central, marcadamente abundante (Fig 26, G). Asimismo, el microtest de las proteínas en los radios es positivo.

### **El disociado del xilema:**

Los elementos de vaso son de largo variable con placa de perforación simple horizontal a inclinada, terminal o subterminal, con o sin apéndices, éstos largos o cortos. En realidad podemos decir que son de dos tipos: a) elementos vasales cortos y anchos en mayor proporción; b) elementos vasales largos y angostos más escasos (Fig 24, A 1-10, Tabla IV). Las puntuaciones areoladas siempre presentan una disposición alterna.

Las células del parénquima axial se muestran diyuntas, en el caso del pq asociado a los vasos, y no diyuntas con el pq axial común (Fig 24, P 1-3; F ,1-6).

El pq radial está formado por células alargadas, cuadrangulares con paredes delgadas y puntuaciones simples (Fig 24, E 1-4).

Los elementos de sostén son: las fibras gelatinosas que son muy numerosas y largas, de pared gruesa y extremos agudos, con puntuaciones simples (Tabla IV). Las esclércidas son abundantes, de largo y forma variables, presentan paredes engrosadas y lignificadas con puntuaciones simples, grandes (Fig 24, B 1-4, C).

### **Caracteres específicos:**

Los tallos de diámetro reducido de **A. ebenoide** y **A. vanillae** no están recubiertos por estípulas persistentes. El suber es precoz y grueso, formado por células pequeñas, achatadas que llegan hasta 30 capas (Fig 23, C; 22 D).

El pq cortical de **A. yodotropis**, **A. cornu-caprae** y **A. leiocladus**, presenta paredes gruesas.

El pq cortical está levemente aerenquimatoso en **A. microphysa** y **A. leiocladus**.

El floema secundario de **A. vanillae**, **A. chrysostachys**, **A. cornu-caprae** muestra los elementos de tubos cribosos con las placas cribosas simples (Fig 18, B, D). Excepcionalmente las placas son compuestas en **A. yodotropis** (Fig. 18, E)

La porosidad de **A. camphylanthus** es circular a subcircular.

El pq axial es escaso en **A. cordathus**.

En corte longitudinal tangencial del tallo de **A. vanillae** y **A. horridus** se observaron los radios de 2 tipos diferentes: angostos de 3 a 4 células y anchos de 6 a 12 células, éstos últimas en mayor proporción (Fig 27, N, K).

En **A. yodotropis** la médula es muy amplia y marcadamente aerenquimatoso con células de paredes gruesas (Fig 18, C).

### **RAIZ**

La estructura de las raíces de las ssp de **Astragalus** es muy uniforme, como en el caso de los tallos. Es interesante señalar la existencia de las raíces de canales gomíferos muy precoces. Las raíces en general son de diámetro reducido y de largo conspicuo. También se vieron profusas raíces adventicias en los xilopodios y las ramas.

## Caracteres generales en CT:

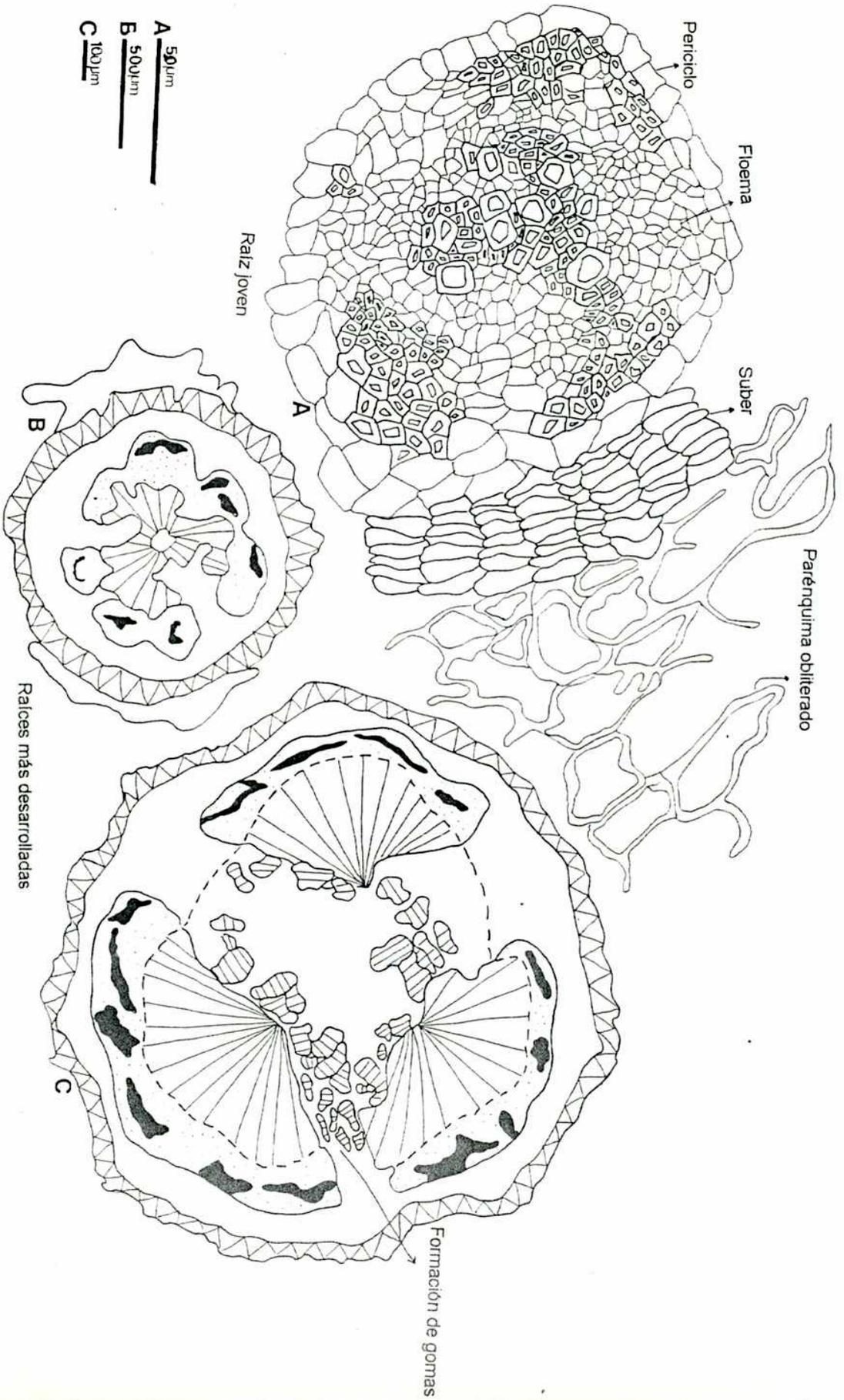
Las raíces muy jóvenes, generalmente adventicias, muestran estructura triarca. En estas raíces, muy tempranamente se forma la estructura secundaria. El flogeno es de origen pericíclico (Esquema A, B), quedando muerta y obliterada la porción cortical. A medida que aumenta el diámetro del órgano, se puede ver, desde afuera hacia adentro, un suber generalmente muy grueso de células pequeñas y paredes finas.

El floema está compuesto por los tubos cribosos, células anexas y parenquima axial floemático, fibras y radios pluriseriados. Las células del parénquima son grandes y llenas de almidón y corpúsculos de proteína. Las fibras floemáticas se presentan no lignificadas.

El xilema muestra radios anchos, vasos circulares grandes y relativamente poco numerosos; se presentan solitarios o en series tangenciales cortas y racimos, intercalados con parenquima axial y fibras no lignificadas. En raíces adultas de algunas especies como en **A. dactylocarpus** se vio la presencia de anillos de crecimiento, marcados por los elementos otoñales achatados, una porosidad difusa con tendencia a subcircular (Fig 23, H-J).

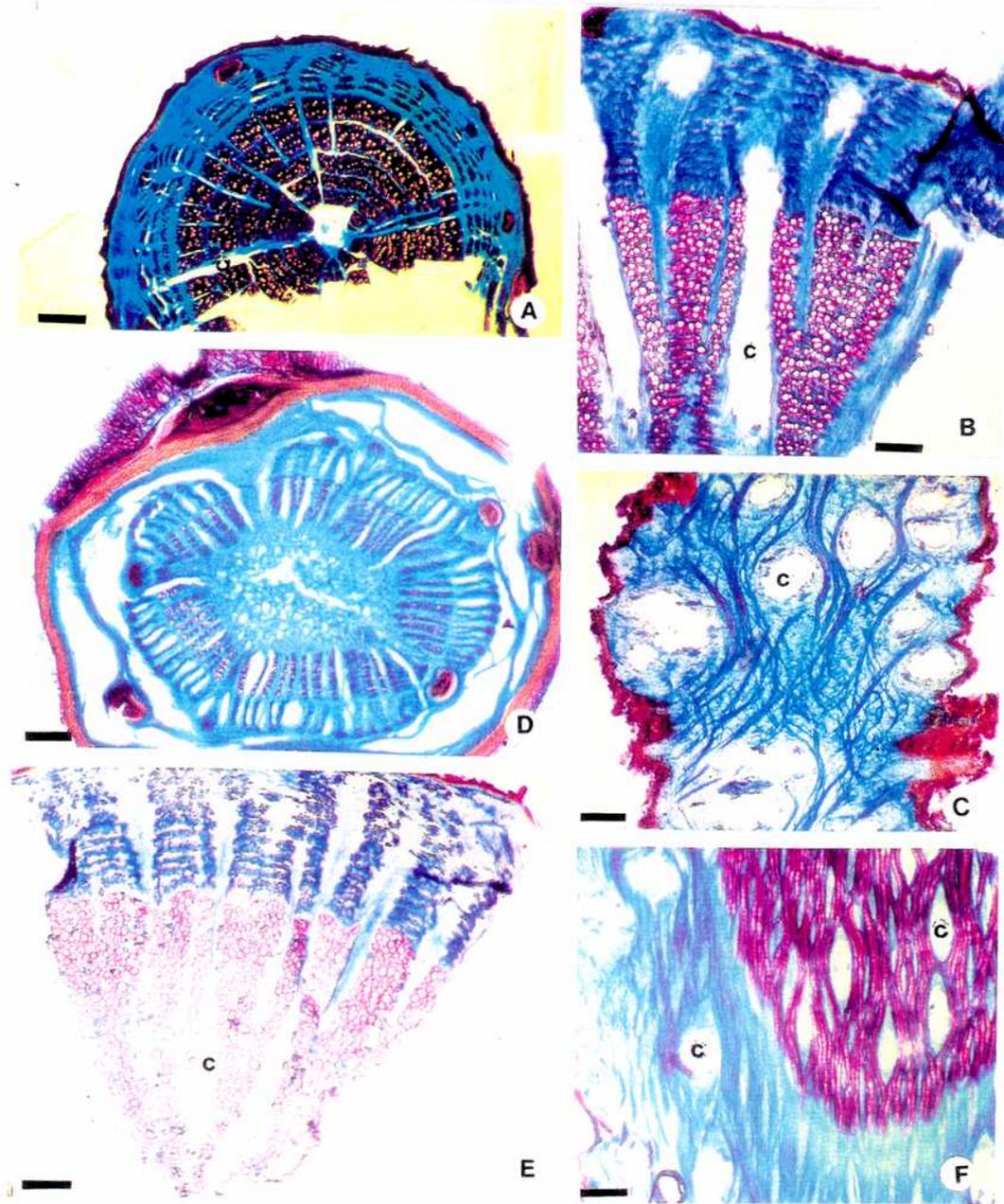
En **A. gussypinus** se ha visto algo de médula en el centro de una raíz joven y en ésta gran acumulación de gomas.

Observando raíces más desarrolladas, se puede concluir que la formación de los canales gomíferos y la producción de las gomas comienza en el centro del órgano y progresa hacia la periferia por los radios (Fig. 23, I, J, Esq C).

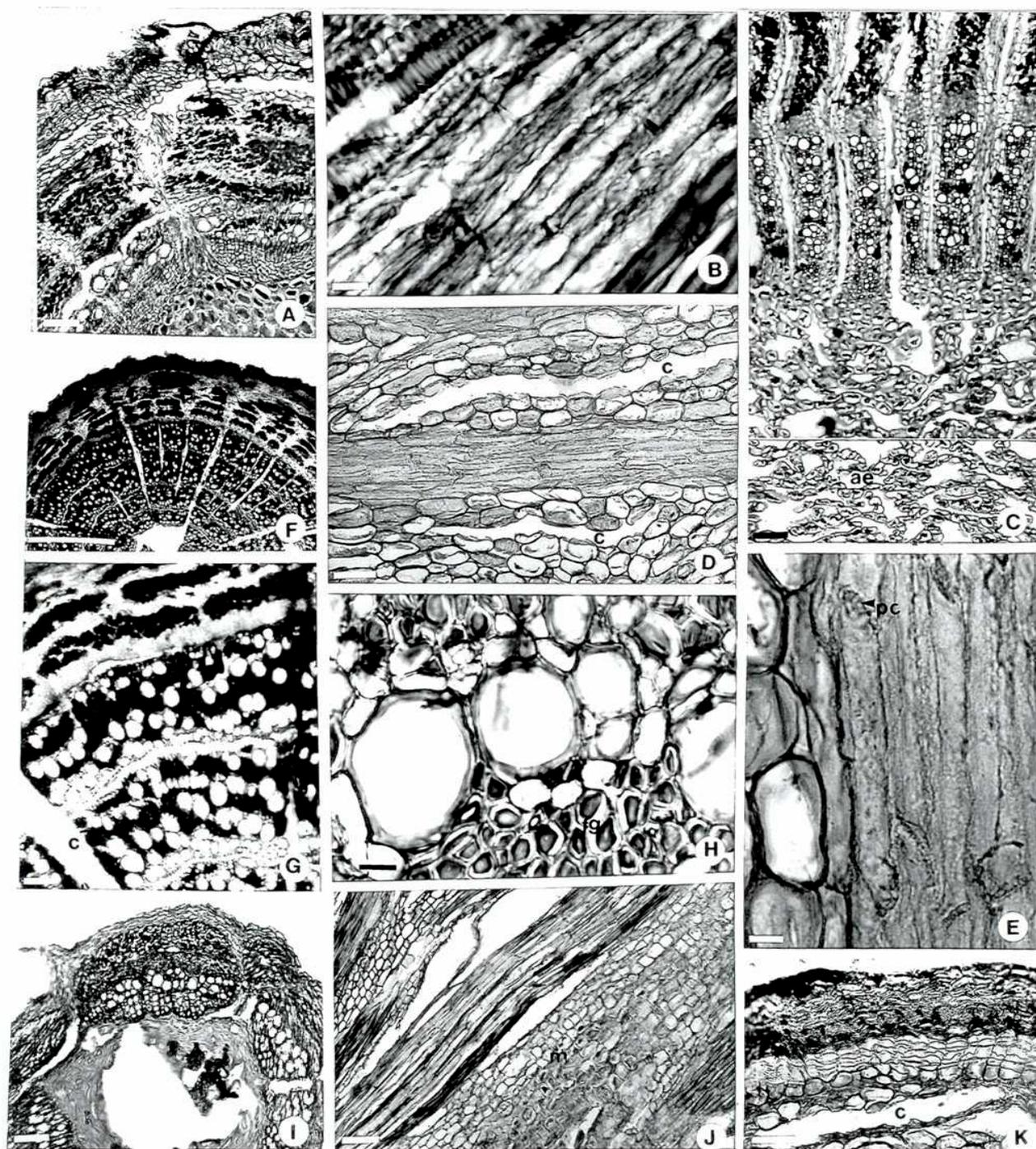


# TABLA IV

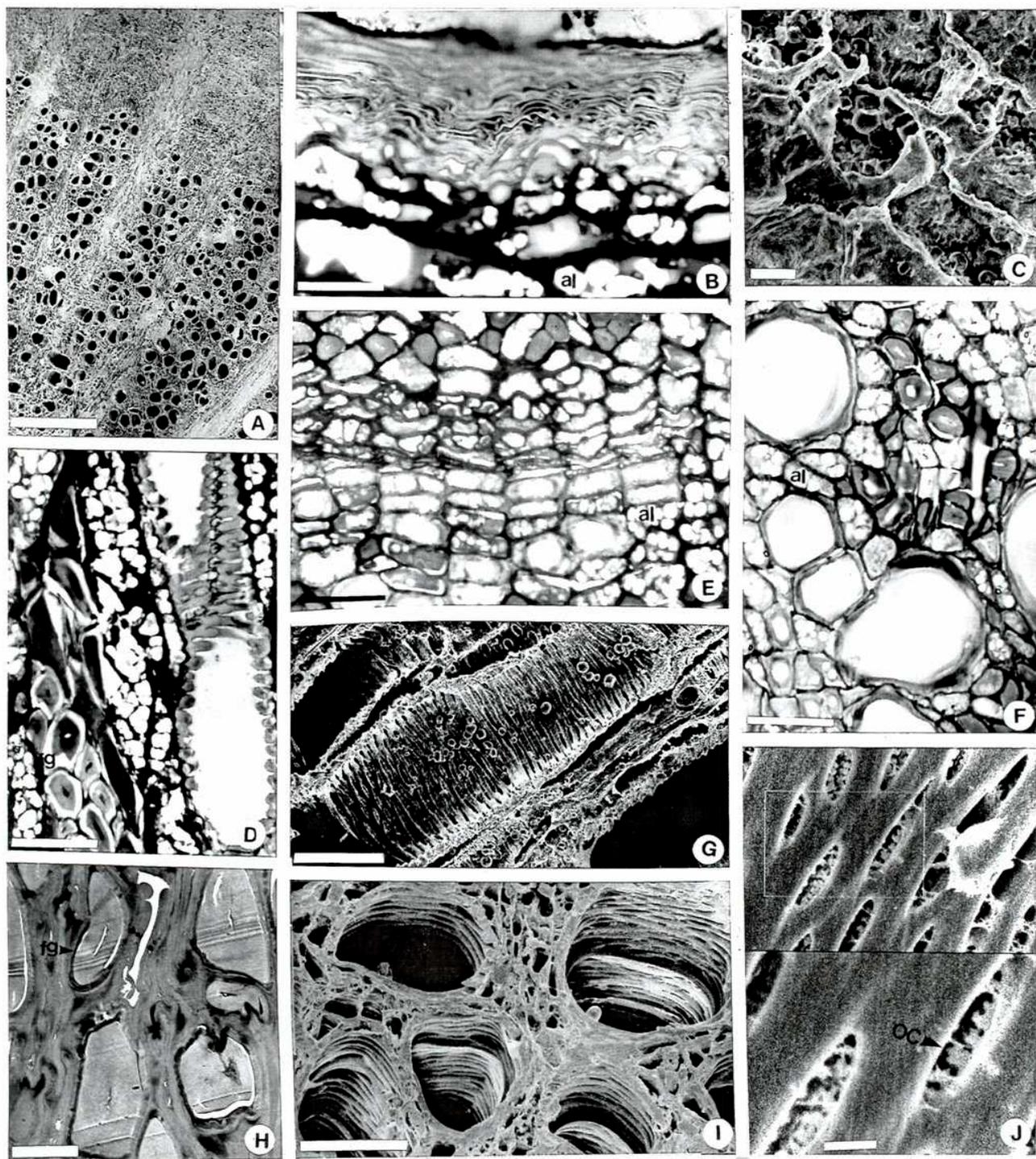
ESPECIE	Medida de los elementos de xilema en tallo			Fibras									
	Elementos vasales			Fibras									
	Diametro $\mu\text{m}$			Longitud $\mu\text{m}$									
	min	max	Media	min	max	Media							
G 1	A. cordatus	30	70	51	40	300	105	9	20	13	1200	2500	1825
	A. chrysostachys	30	70	47	90	200	129	8	20	14	800	1500	1265
	A. yodotropis	10	20	35	100	180	138	10	30	16	910	1920	1402
	A. cornu-caprae	30	80	50	80	200	125	8	30	14	1200	3200	1975
	A. camphylanthus	40	90	51	80	120	98	10	12	11	750	2200	1510
	A. gussypinus	60	120	82	90	150	124	10	15	12	1200	2000	1715
	A. keyserlingii	80	170	96	100	210	145	8	11	9	1500	3200	2345
	A. vanillae	30	100	63	100	450	192	10	20	13	1000	1800	1380
	A. microphysa	20	70	41	60	180	103	10	20	15	1000	1500	1252
	A. horridus	20	70	39	100	150	124	10	20	14	900	1600	1270
G 2	A. dactylocarpus	60	120	91	100	500	151	20	40	30	2800	5000	3140
	A. glanacanthus	40	80	53	80	150	124	11	20	14	1500	2450	2020
	A. leiocladus	20	60	38	80	190	148	9	30	17	800	2100	1647
G 3	A. ebenoide	40	80	56	50	200	128	10	20	16	1300	2000	1610



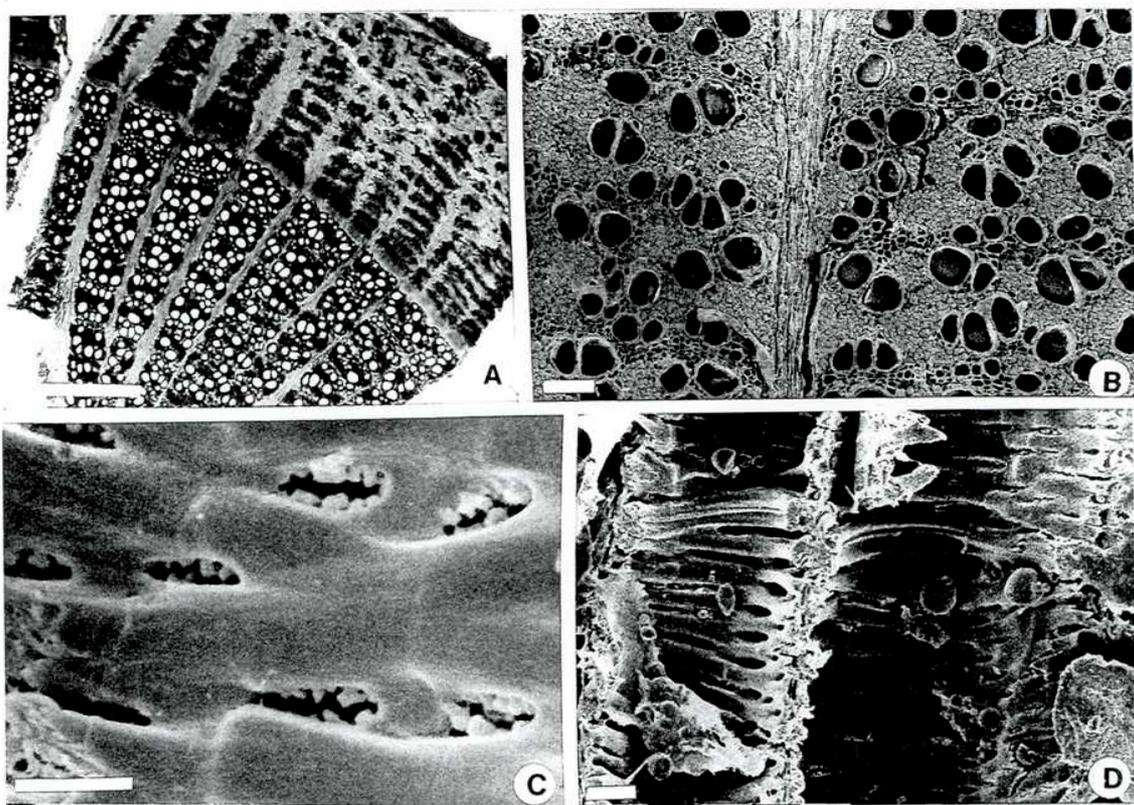
**Figura 17.** A - F, Anatomía de tallos de ssp de *Astragalus*, Grupo I: Observación con lupa, A, B, D, E en CT; A, *A. camphylanthus*; B, *A. gussypinus*; D, *A. yodotropis*; E, *A. keyserlingii*; C y F en CL: C, *A. gussypinus*, floema; F, *A. keyserlingii*; C, Xilema y floema canal; La Reglilla: = 0.5 mm.



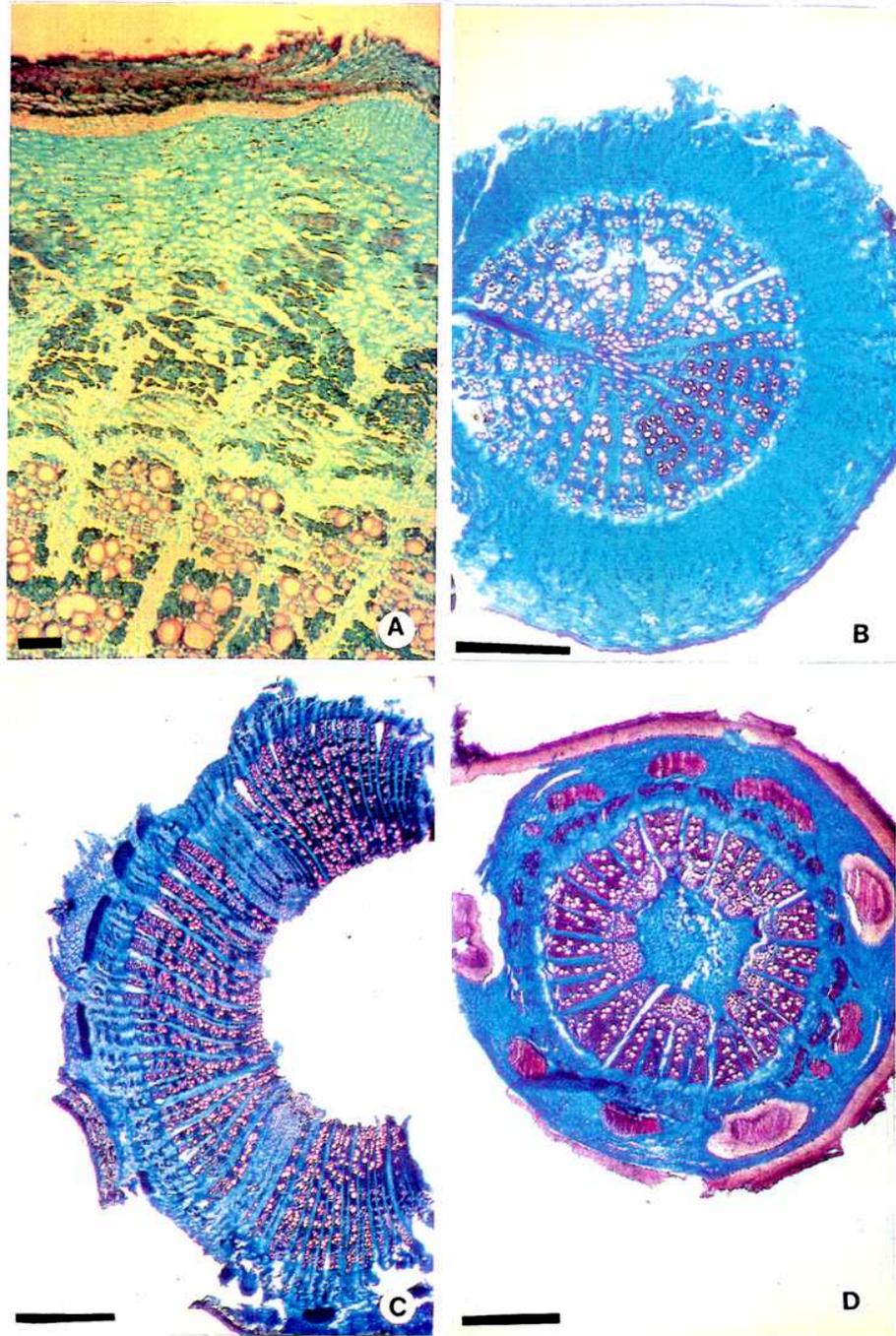
**Figura 18.** A - K. Anatomía del tallo de ssp de **Astragalus**, Grupo 1; A y B, **A. cornu-caprae**, A, CT, Aspecto general; B, Floema estratificado en CL, detalle; C - E, **A. yodotropis**: C, CT, Aspecto general, D - E, Floema estratificado en CL; D, Aspecto general; E, Detalle; F - H, **A. camphylanthus** en CT: F, Aspecto general; G y H, Detalle de xilema; I - J, **A. chrysostachys**: I en CT; J, Médula en CL; K, **A. cordatus**, Peridermis en CT, detalle; ae, Aerenquima; c, canal, fg, fibras gelatinosas; m, médula; pc, placa cribrosa compuesta; La Reglilla: B, E y H=10  $\mu$ m; D y K= 50  $\mu$ m; F= 0.5 mm; A, C, G, I, J= 100  $\mu$ m.



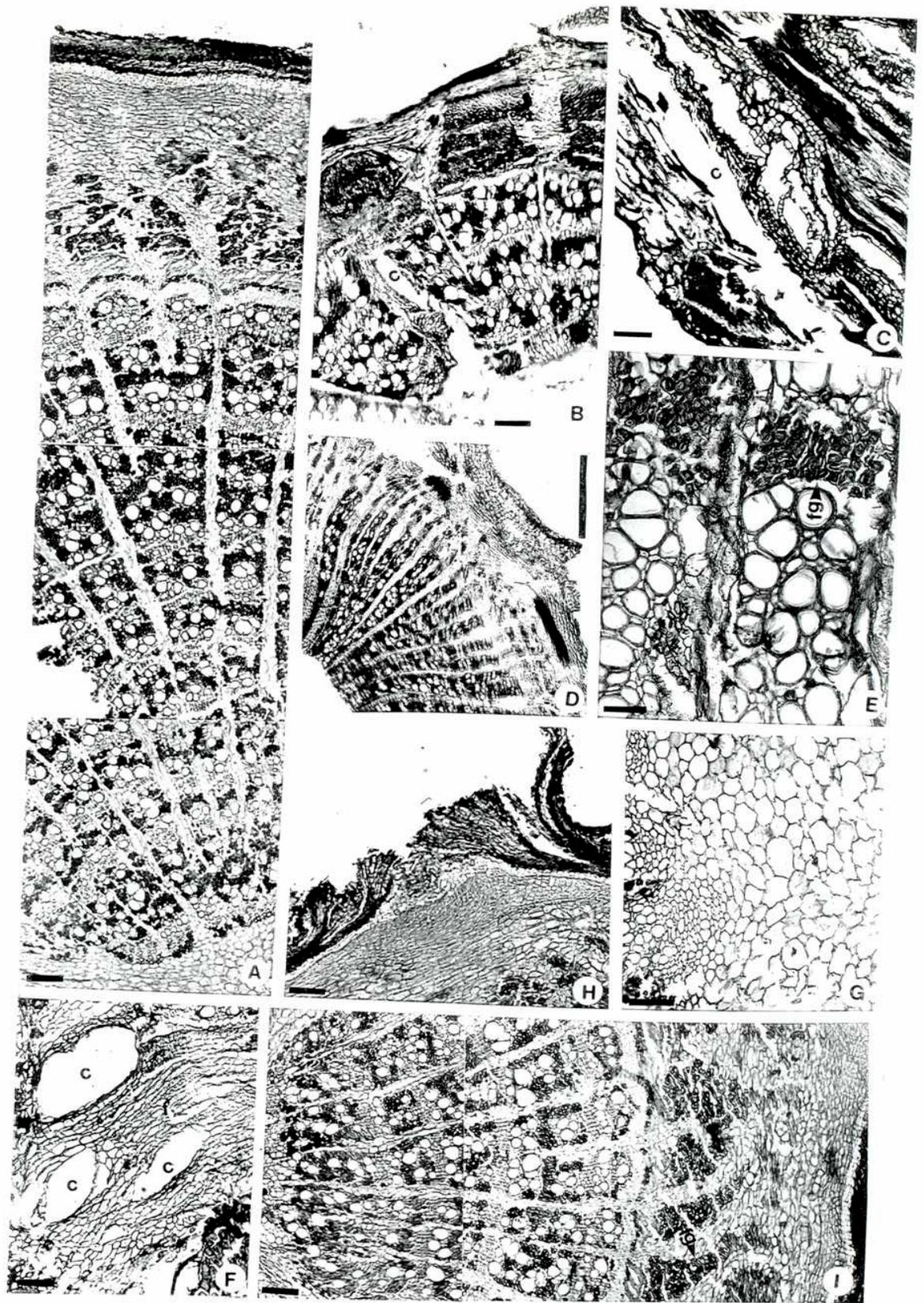
**Figura 19.** A - J, Anatomía del tallo de *Astragalus gussypinus* Grupo I: A, C, G, I, J, Observaciones con MEB; H Observación con MET; A, F, I, Xilema en CT; A, Aspecto general; F, Detalle de la disposición de los vasos; I, Vaso con S3 en espiral; B, Peridermis en CT, detalle; C, Pq floemático con almidón CT, Detalle; E, Zona del cambium CT, Detalle; D, G, Xilema en CL; H, Fibras gelatinosas en CT, detalle; J, Puntuaciones del vaso, ornadas, detalle; al, almidón, fg, fibras gelatinosas; oc ornamentos coraloides; La Reglilla\*: A = 0.5 mm; B, D, E, F = 50  $\mu$ m; C = 10  $\mu$ m; G, I = 0.05 mm; J, H = 5  $\mu$ m.



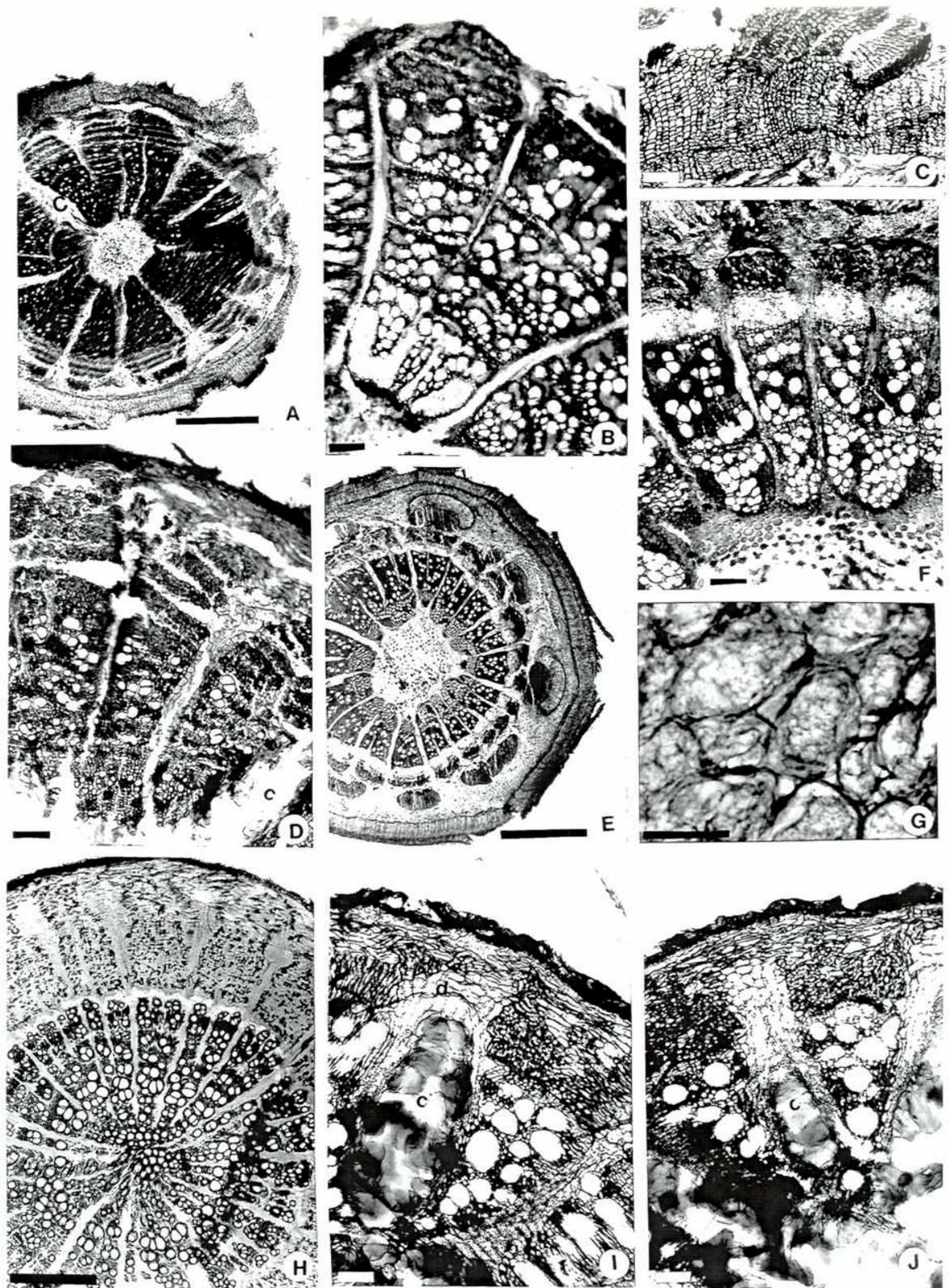
**Figura 20.** A - D: Anatomía del tallo de ***Astragalus keyserlingii*** Grupo I: A, Aspecto general Observación con lupa; B - D, Observaciones con MEB: B, CT, Disposición de los vasos; C, Puntuaciones ornadas del vaso; D, Vaso en CL, detalle; La Reglilla: A = 0.5 mm; B = 0.1 mm; C = 5  $\mu$ m; D = 10  $\mu$ m.



**Figura 21.** A - D, Anatomía del eje de ssp de **Astragalus** en CT: A, Observación con Mo; B - D, Observación con lupa; A - C, Grupo II; A, **A. horridus**, Tallo, aspecto general; B, **A. dactylocarpus**; Xilopodio, aspecto general; C, **A. vanillae**, Tallo, aspecto general; D, Grupo III, **A. leiocladus**, Tallo, aspecto general; La Reglilla: A = 100  $\mu$ m; B - D = 1 mm.



**Figura 22.** A - I, Anatomía del tallo de *Astragalus*, Grupo II: D, Observación con lupa; A, *A. horridus*, CT de reconstrucción; B, C, *A. microphysa*: B, tallo en CT; C, CL; D, E, G y F, *A. vanillae*: D, E, G, CT; D, Aspecto general; E, Detalle; G, Médula; F, Floema en CL con canales; H y I, *A. dactylocarpus* en CT: H, Lenticela tipo 3, detalle; I, Aspecto general xilema y floema, reconstrucción; c, canales; f, floema; fg, fibras gelatinosas; La Reglilla: D = 0.5 mm; G, E = 50  $\mu$ m; A, B, C, F, H, I = 100  $\mu$ m.



**Figura 23.** A - G, Anatomía de tallos de ssp de *Astragalus* en CT, Grupo III, A, E, H, Observación con lupa; A - C, *A. glaucacanthus*: A, Aspecto general; B, Xilema detalle; C, Suber, detalle; D, *A. ebenoide*, xilema, Aspecto general; E - G, *A. Leiocladus*; E, Aspecto general; F, Xilema, detalle; G, Médula, detalle; H-J, Anatomía de raíz de *Astragalus*; H, *A. dactylocarpus*, Aspecto general; I, *A. gussypinus*, xilema y canales, detalle; J, *A. keyserlingii*; Xilema y canales, detalle; c, canales, d, divisiones periclinales; La Reglilla: A, E, H = 0.05 mm; G = 50  $\mu$ m; B, C, D, F, I, J = 100  $\mu$ m

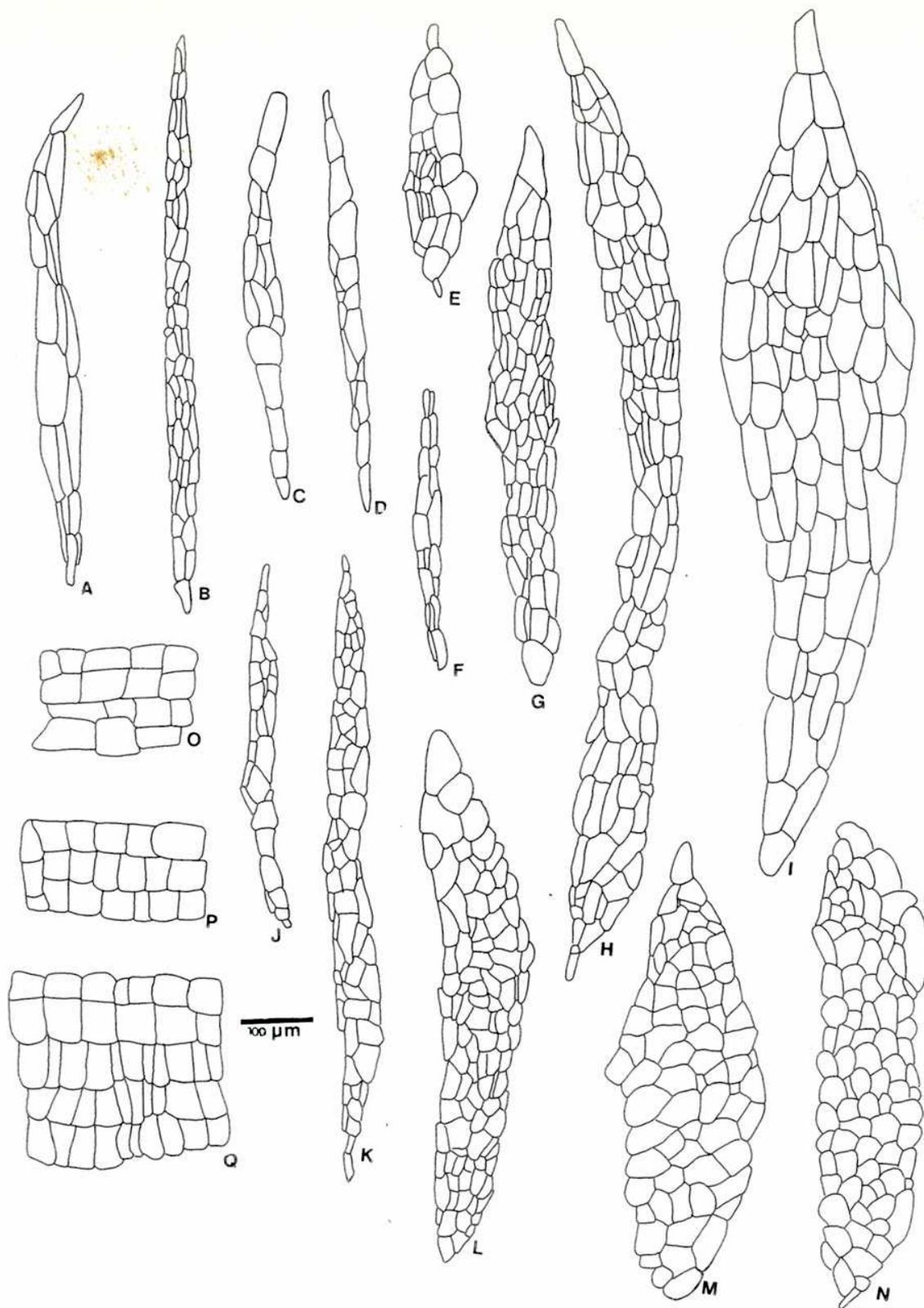
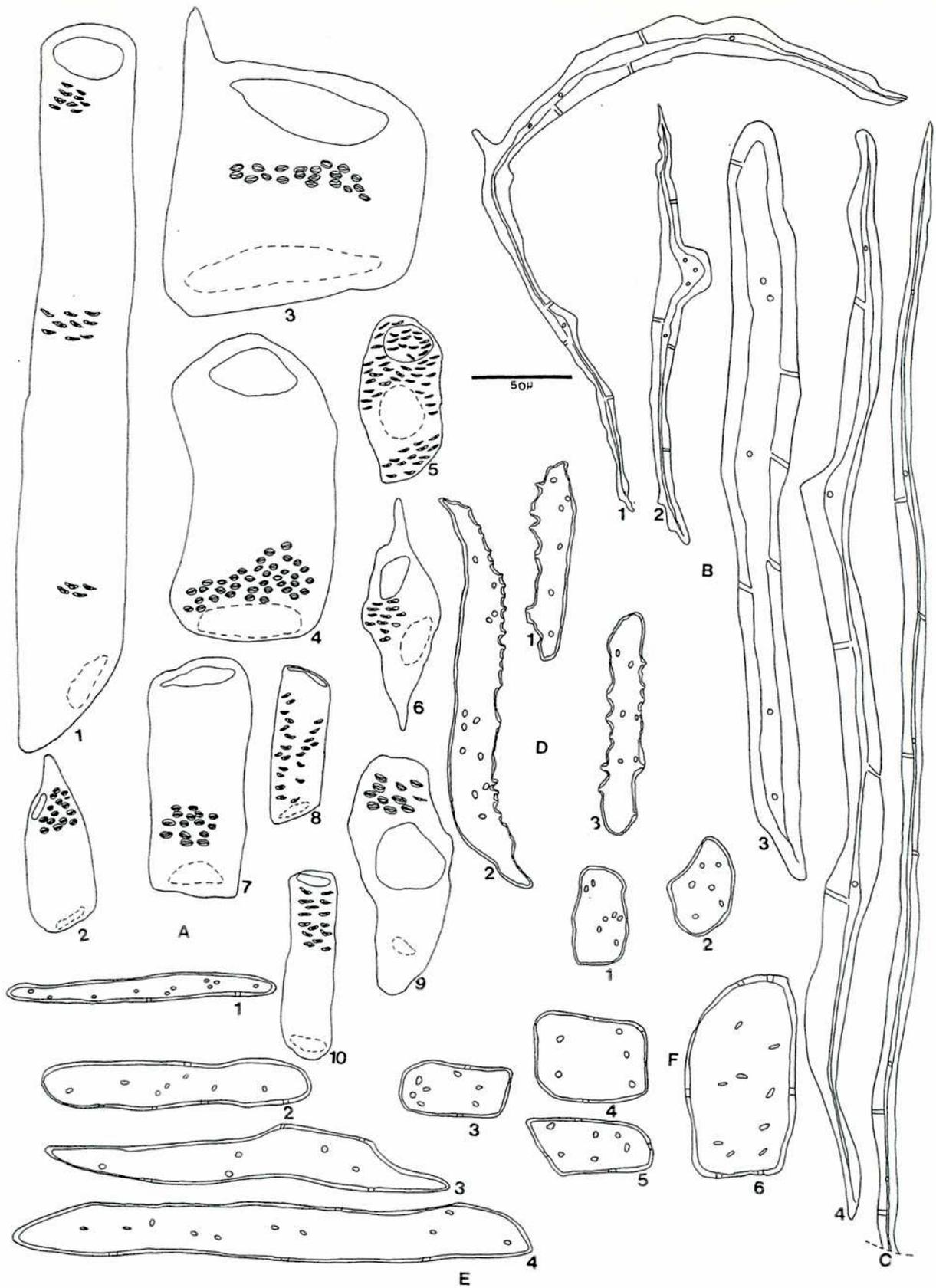
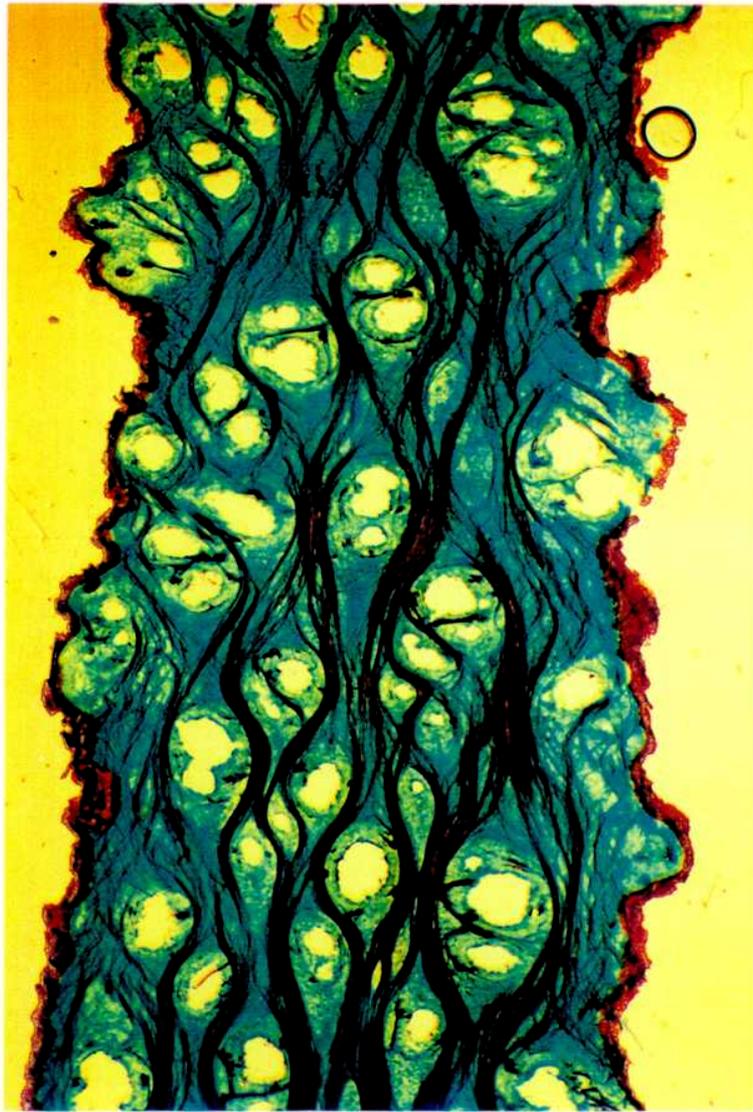


Figura 27. A - Q: Estructura de los radios de los tallos en ssp de *Astragalus*: A - N, en CL tg; O - Q, en clrd; A, *A. cornu-caprae*; B y D, *A. glaucacanthus*; C, *A. vanilla*; D, *A. microphysa*; E y Q, *A. cordatus*; F, *A. ebenoides*; G, *A. camphylanthus*; H, *A. dactylocarpus*; I, *A. yodotropis*; J, *A. leiocladus*; K, N y O, *A. horridus*; L, *A. gussypinus*; M, *A. keyserlingii*.



**Figura 24.** A - F: Elementos disociados del tallo. A, 1 -10, Elementos vascales; B, 1 - 4, Esclereidas: 2, cortas; 1,3,4, largas; C, Fibra mitad; D, 1 - 3 Parenquima dysunto; E, 1 - 4, parenquima axial; F, 1 - 6 Parenquima radial; Regilllas, 1= todos los elementos.



CAPITULO 5

## CAPITULO 5

### GOMAS EN LOS TALLOS DE LAS SSP DE ASTRAGALUS

Aproximadamente en 280 familias de Angiospermas existen especies que producen gomas. La goma obtenida de algunas ssp de **Astragalus** es muy importante y se llama **goma tragacantho**, que es una palabra griega (TRAGOS = CABRA , AKANTHA = CUERNOS, recordando la forma que toma el exudado al solidificarse). Estas ssp tienen un gran precio económico en su país de origen por el valor que tiene esta goma en el mercado mundial.

Durante el viaje de recolección de materiales para este estudio, realizado por la autora en agosto de 1993 a la provincia de Isfahan y aproximadamente a 80 Km de la capital de esta provincia, ella observó el proceso de extracción de **goma tragacantho**.

Para extraer las gomas se usan plantas adultas que deben tener entre 40 y 50 años (cuando se trata de plantas silvestres es difícil determinar exactamente su edad). Se quita la tierra en la base de la planta a una profundidad de 4 o 5 cm. Así, queda expuesta la parte gruesa del tallo o xilopodio (Fig 28 A). Se hace la incisión de aproximadamente 1 cm de profundidad, con un cuchillo de hoja afilada y comienza a fluir la goma. Se la deja salir durante 12 - 24 horas para la salida total de la goma. Esto depende del clima (Fig 28, B). Cuando se practica esta incisión, el tallo exuda un líquido transparente que se endurece en forma de cinta de aproximadamente 2 mm de grosor, por 2 cm de ancho. de color blancuzco translúcido (Fig 28 C, D).

La autora observó que una planta, al principio del proceso llega a emitir hasta 2 cm de longitud de la cinta en media hora. Luego, la salida de la goma se torna más lenta.

La **goma tragacantho** persa aparece en el mercado en forma de escamas finas aplanadas y algo curvadas de consistencia córnea y translúcidas, casi incoloras o débilmente amarillentas (fig 28 E-H).

Los factores ambientales como la lluvia, la humedad y el viento afectan y disminuyen la salida de la goma.

Generalmente las ssp de **Astragalus** que producen goma se encuentran en zonas secas y calurosas. Se ha notado que las mismas ssp, pero que viven en un ambiente mesófilo, no producen nada de goma; como asimismo ocurre con la ssp **A. dactylocarpus** que vive en la salina.

El tiempo más favorable, según la zona, empieza al final de la primavera y se prolonga hasta el final del verano.

### **La sustancia:**

Hay numerosos estudios de la goma realizados por una serie de autores, como Espinosa (1932), Evans (1976), James (1984) y , Shariat & Moather (1987), Zargar (1992). La hidrólisis de la goma produce dos componentes principales: a) Tragacantina: soluble en el agua que está constituida por el ácido glucoronico y arabinosa; b) Bassorin: la porción no soluble en agua pero muy higroscópica que químicamente es ácido polimetoxílico formado por ácido galactoronico unido a galactosa y xilosa. Tragacantina constituye ⇨ 30% de la sustancia exudada y Bassorin ⇨ 70%. El tragacanto contiene también vestigios de polisacáridos y sustancias nitrogenadas.

La goma es altamente higroscópica y causa una considerable presión interna que explica la rápida salida del producto. Además mantiene una considerable hidratación del cuerpo vegetativo de la planta. Las gomas parecen tener además una función importante de obturar las heridas accidentales o intencionales, inferidas a la planta.

### **Aplicaciones Prácticas:**

La goma tragacanto es de uso muy antiguo por su viscosidad y poder de emulsión. Se emplea en la preparación de distintos fármacos en medicina. En odontología se la usa como un pegamento. En la cosmética es muy requerida para las lociones y las cremas como sustancia hidratante.

En la industria textil es importante como complemento de estampados del algodón y como apresto.

### **Estructura y Ultraestructura de Espacios Secretores**

La observación en CT y CI de tallos y raíces en diferente estado de desarrollo probó un cambio gradual en la estructura de los radios que así fueron interpretados.

Durante la primera etapa, en tallos muy jóvenes, los radios pluriseriados están compuestos por células parenquimáticas de paredes finas, citoplasma denso y núcleo conspicuo.

En una etapa posterior, en la mayoría de los radios se puede observar, primero, el engrosamiento, la hidratación y la estratificación de la pared de las células. Se produce, luego, la gelatinización parcial de las paredes, quedando intacto el controno celular. La goma se forma, en parte, como resultado de la gelatinización de las paredes celulares, y en parte es producida por el protoplasma de estas células. Esto se produce en el

parenquima radial, y más adelante medular y cortical, como mucílagos depositados entre la pared celular y el plasmalema (Fig 25, A, B, F, H, I) En la zona central de algunos radios, ocurre una progresiva separación de la LM con la formación de canales secretores de origen esquizógeno. Luego, estos canales se ensanchan probablemente, por un proceso de lisis enzimático en una etapa posterior, y se produce la destrucción parcial de las células radiales (Fig 26, F). Se originan, entonces, los canales esquizo-lisigenos (Fig 26, A, B, D). Estos canales en CT se ven ramificados en forma de T, en la zona cortical (Fig. 25, E). En zona periférica de los radios, cerca de los bordes de los canales, se observaron algunas divisiones periclinales (Fig 26, C, E, H). La producción de células nuevas permite continuar el proceso de la formación de las gomas. También se vio una gran concentración de almidón en las células que rodean a los canales (Fig 26, G).

Los canales, una vez formados, recorren los radios xilemáticos y floemáticos, llegando hasta la corteza y en el interior hasta la médula. Así mismo, se observó en tallos jóvenes, la formación de los canales dentro de los radios medulares, que en realidad son las lagunas foliares y el pq interfascicular (**A. gussypinus**). En tallos maduros queda formado una especie de red tridimensional de canales gomíferos.

La producción de la goma, en general, es muy temprana. Se vio en un tallo joven de **A. gussypinus** de 2 mm de diámetro ya la presencia de la misma. Se observó, así mismo, que la edad de producción varía de sp en sp en **Astragalus** (Fig. 25, C, D).

En raros casos, de disponer del material de raíces, se vio también una profusa producción de las gomas en las mismas (**A. gussypinus**, **A. keyserlingii**) (Fig 23, H-J) de manera similar a lo descrito para los tallos.

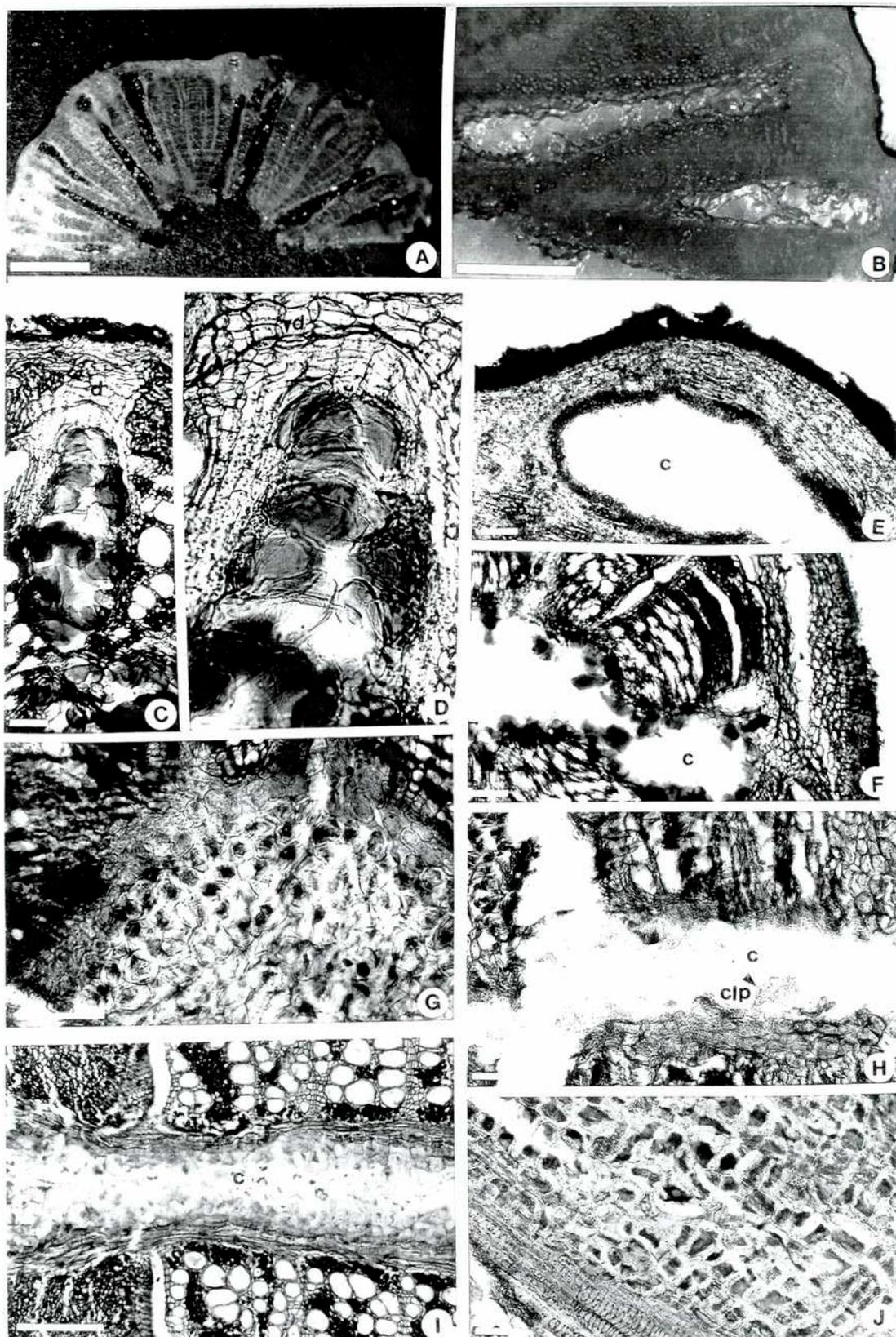
## **Caracteres Microscópicos de la Goma**

Se hicieron los cortes de la goma previamente hidratada y se observaron, en microscopio óptico: Se vio que es amorfa, sin restos reconocibles, de paredes y con unos pocos granos de almidón. Este es simple o en agregados de 2 a 4. En su mayoría los granos son esféricos, alcanzando un diámetro de 3 - 25  $\mu\text{m}$ .

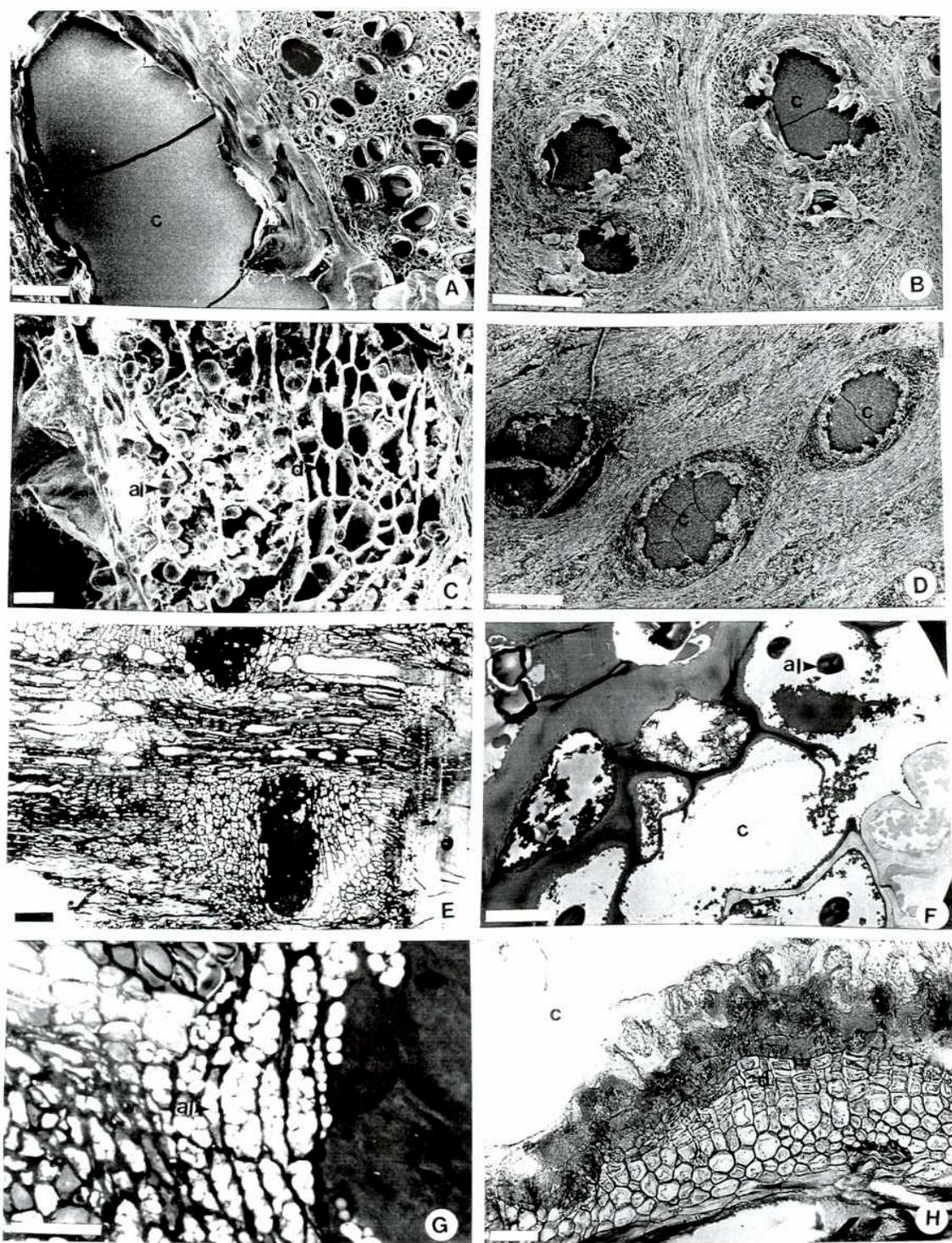
Los "microtests" de proteínas y pectatos dieron resultados altamente positivos.

### **Observación con MET**

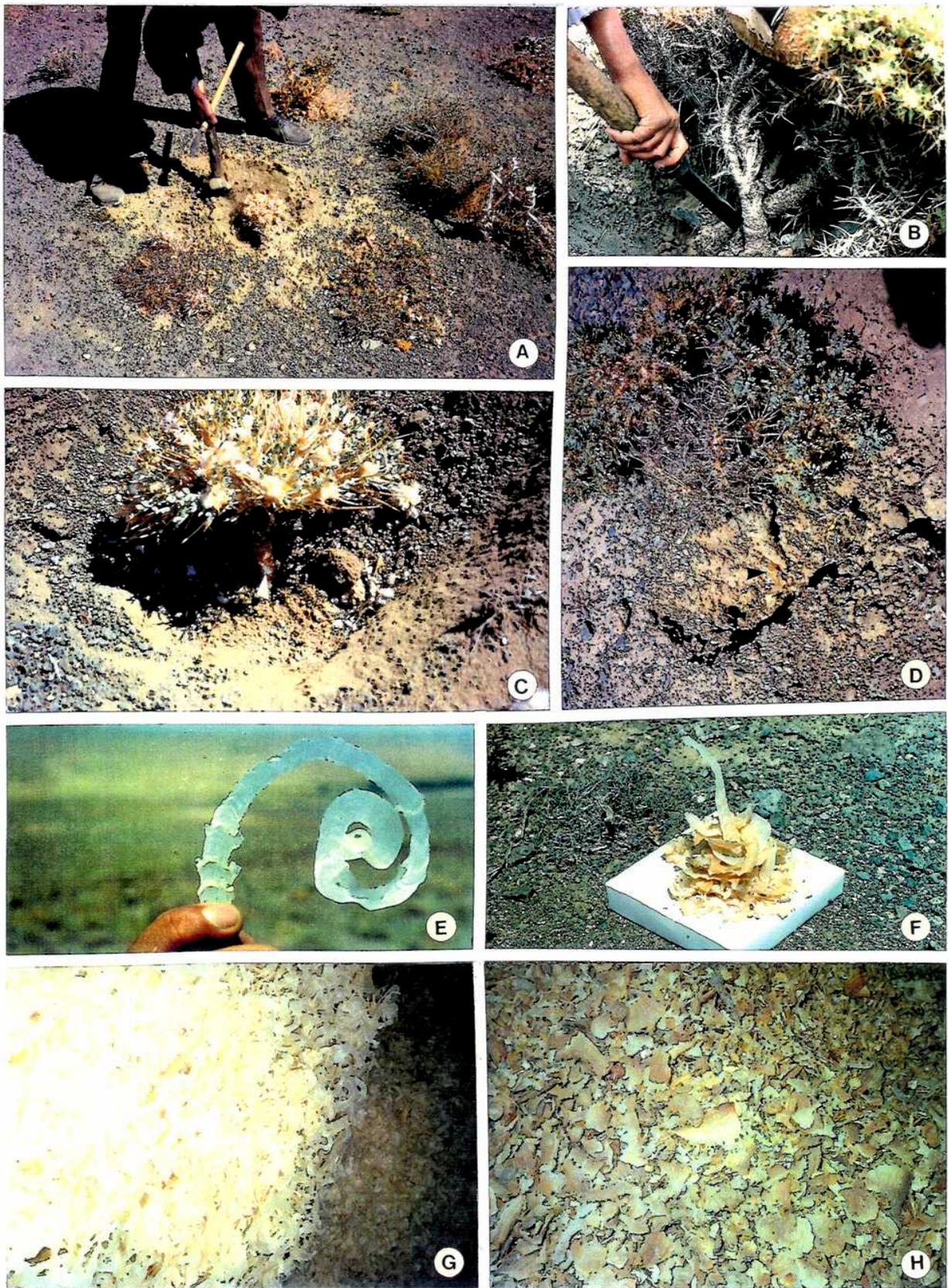
La goma vista con MET mostró que es casi amorfa, sin ningún resto ni de pared ni de orgánulos celulares. Se observó grandes corpúsculos de proteína y unos pocos granos de almidón (Fig 29, A-F).



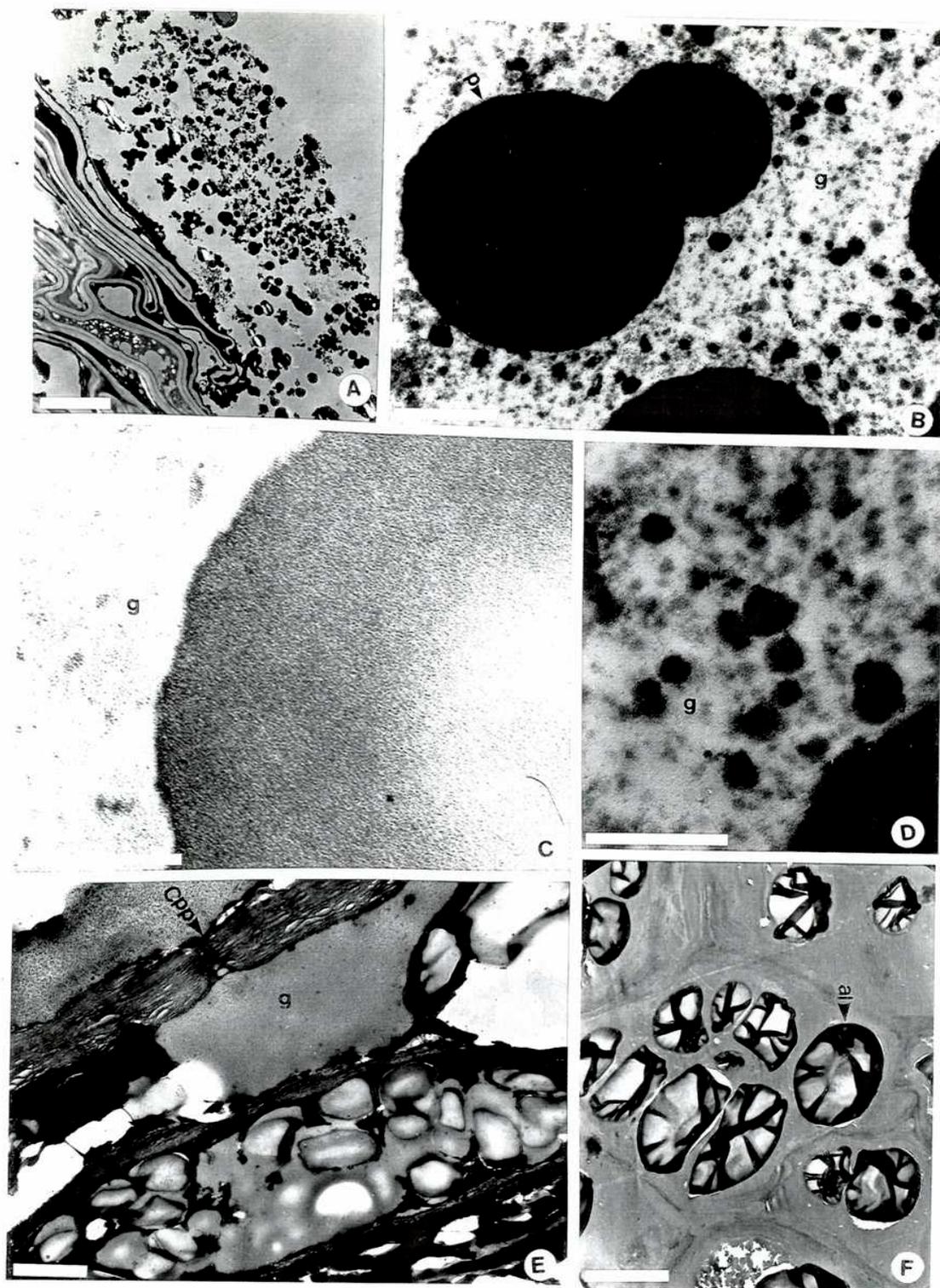
**Figura 25.** A - J, Canales gomíferos con distinto estado de desarrollo del tallo: A - B, Observación con lupa; C - J, con Mo; A - F, **A. gussypinus**: A y B, Canales radiales; C y D, Canales en proceso de gelificación en tallos jóvenes; E, Una rama del canal; F, Tallo joven con formación de canal medular y radial; G, **A. glaucacanthus**, Médula; H y J, **A. ebenoide**: H, Canal radial; J, Médula, detalle en CL; I, **A. Keyserlingii**, Canal con goma; c, Canal; clp, células periféricas; d, divisiones periclinales; La Reglilla: A y B = 1 mm; D, G - J = 50  $\mu$ m; C, E, F = 100  $\mu$ m.



**Figura 26.** Canales gomíferos en los tallos de ssp de **Astragalus**: A - D, Observación con MEB; F, con MET; E, G, H, con Mo; A - C, E - G, **A. gussypinus**: A, Canal radial en xilema en CT; B, Canales radiales en CL; C, Borde del canal con divisiones periclinales y almidón; E y G, Canales con borde en división; F, Formación de canal con destrucción de células; D y H, **A. keyserlingii**: D, Canal radial en CL; H, Borde del canal con destrucción de célula y divisiones celulares; al, almidón; c, canal; d, divisiones celulares; La Reglilla: A = 0.1 mm, B y D = 0.5 mm; C = 10  $\mu$ m; H y G = 50  $\mu$ m; F = 5  $\mu$ m; E = 100  $\mu$ m.



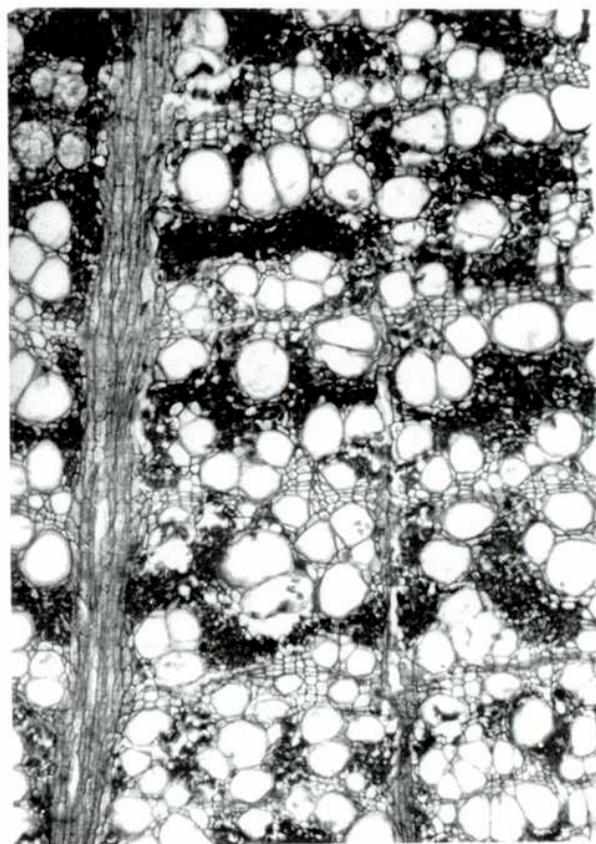
**Figura 28.** A - H, Plantas de *A. gussypinus* y *A. keyserlingii*, extracción de la goma tragacanto; A - C, *A. gussypinus*: A, Operario descubriendo con azada el xilopodio de la planta; B, Momento de iniciación; C, Aparición de la goma, flecha; D, Cinta de la goma amarilla saliendo en *A. keyserlingii*, flecha; E, G, Goma blanca; F, H, Goma amarilla.



**Figura 29.** Contenido celular. A - F, Contenido celular en *Astragalus*, Observaciones con MET; A, Borde del canal y goma, Aspecto general; B - D, Goma extraída; E - F, Células periféricas de canal con granos de almidón; al, almidón; c, canal; cpp, campo de puntuación primaria ; g, goma; p, proteína; La Reglilla: A, E, F = 5  $\mu\text{m}$ ; B, C, D = 1  $\mu\text{m}$ .



CAPITULO 6



## CAPITULO 6

### DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las plantas en las regiones áridas y semiáridas desarrollan varias estrategias especiales para contrarrestar las condiciones ambientales adversas. Una de ellas es completar su ciclo de desarrollo y reproducción durante un período corto que coincide con la época menos árida del año, por las temperaturas y las precipitaciones, tal como lo corroboran numerosos autores que estudiaron la vegetación de estas regiones.

Las plantas, en general, muestran una gran variabilidad adaptativa. En realidad, cada organismo vivo se adapta, a su manera, a los largos períodos de sequía y el resultado favorable depende del grado de plasticidad, morfológica, anatómica y fisiológica del cuerpo vegetal.

El ambiente donde viven las ssp de **Astragalus** estudiadas se encuentra entre 1000 - 4000 msm, y donde los factores ambientales, como déficit de agua, se dan durante períodos más o menos prolongados y se suman a una influencia constante del exceso de radiación. La amplitud térmica que puede llegar hasta 45°C entre el verano y el invierno y la falta severa de nutrientes en un suelo esquelético y no formado son otros de esos factores.

La vegetación en general y las plantas de **Astragalus** en particular, muestran un marcado acortamiento de la porción epígea. Así toman la forma de cojín **A. gussypinuns**, **A. keyserlingii**, **A. cornu-caprae** , **A. yodotropis**, **A. horridus** y **A. microphysa**. Marloth (1919) considera la vegetación achaparrada como una eficaz defensa contra la fuerte radiación y los vientos. El sistema radicular simultáneamente se alarga y puede, en la

mayoría de los casos llegar hasta la napa freática. Este carácter disminuye marcadamente el déficit de agua que debern sufrir estas plantas.

La hoja es el órgano de la planta más expuesto al medio y en ella se pueden apreciar, generalmente, con mayor claridad los caracteres adaptativos. Es común para las plantas de los ambientes áridos la disminución del tamaño de las hojas como control de la transpiración. Así la reducción del tamaño de las hojas está correlacionado con la disminución de la transpiración.

Todas las ssp de **Astragalus** estudiadas presentan hojas compuestas de folíolos pequeños como una de las estrategias para reducir la superficie foliar total. La presencia de pulvínulos en la base de cada folíolo hace cerrar un folíolo contra el otro, como vemos en el Grupo I, disminuyendo, todavía más, la superficie expuesta en los momentos difíciles del día o del año.

Podemos ver en los Grupos II y III que los folíolos están longitudinalmente plegados en mayor o menor grado, haciendo todavía menor la superficie expuesta y protegiendo eficazmente a los estomas que se encuentran en estos casos en la cara adx.

Así mismo, la posición de las hojas, casi verticales con respecto al eje de la planta, sería otra estrategia evasiva, para soportar la incidencia de la radiación cuando el cielo está despejado, como ocurre la mayor parte del año en esta región.

La alta densidad de pelos en las superficies foliares permite controlar la evaporación del agua muy eficazmente. Estos pelos, como una capa, se saturan de vapor de agua y forman una atmósfera que disminuye la transpiración a través de los estomas y las superficies foliares.

La transformación del raquis en una espina rígida por esclerificación temprana es probablemente la respuesta a la falta de nitrógeno en el suelo,

Shields (1950), Ertli (1990). Estas espinas, además protegen en sus axilas a las yemas en desarrollo, que proveen nuevas hojas, importantes para el metabolismo de la planta. Sirven, además, como defensa contra los animales herbívoros.

La presencia de estípulas bastante desarrolladas y de forma variable, tiene importancia taxonómica, Maassoumi (1993). Es muy interesante su disposición imbricada en el tallo joven ya que constituyen una capa adicional que protege al eje del medio.

Es importante hacer notar que se observó la presencia de musílogo con sus propiedades higroscópicas en células epidérmicas, base de los pelos y vainas de haces vasculares. Estas últimas se podrían considerar un tejido acuífero, como lo señalan Schimper (1903), Trachtenberg (1981), Zarinkamar (1993), y que es muy importante en las condiciones del déficit de agua del medio.

Un caso extremo encontrado entre las ssp estudiadas es **A. dactylocarpus** que vive en el centro de Irán en una zona ocupada por una extensa salina de cloruro de sodio (NaCl). La mencionada sp posee hojas algo suculentas y un gran desarrollo de tejido acuífero tan importante para contrarrestar el medio halófito.

En las hojas los cambios morfológicos están acompañados por las modificaciones en la estructura interna. Estas se manifiestan como reducción de tamaño celular, aumento de grosor de las paredes externas de la epidermis, modificación de la red vascular, que se torna más densa y acompañada de esclerenquima, alta densidad de estomas y aumento del tejido en empalizada a expensas del esponjoso. Este último carácter permitiría mayor ritmo de fotosíntesis en ambiente adverso. Estos caracteres están señalados por numerosos autores: Bailey (1958),

Oppenheimer (1960), Jeremlas (1966), Black (1968), Cameron (1970), Lewis (1972), Ehleringer (1976), Cutler (1977), Hartman (1979), Haied (1980), Magendans (1983), Todovlarkis (1990).

Las estructuras de los ejes de las ssp de **Astragalus** estudiadas generalmente presentan un cilindro vascular no macizo. Las grandes zonas radiales de parenquima están intercaladas entre porciones del xilema y floema. Es una posible respuesta de la planta al suelo no homogéneo, rocoso y permite las torciones de las plantas ante el efecto de los constantes vientos, evitando las posibles fracturas del cilindro vascular del eje, (Ancibor, 1984).

Tanto los tallos como las raíces están recubiertos por un voluminoso y precoz suber que se puede ver, por ejemplo, en **A. ebenoide**, **A. gussypinus** y **A. keyserlingii**. Se observa en un tallo de pocos milímetros de espesor, el suber casi equivalente al diámetro total del mismo. Varios autores, entre ellos Douliot (1889) han notado la formación precoz del suber como condicionado por el exceso de radiación sufrida por la planta.

Es interesante hacer notar que en los casos cuando el vástago joven está recubierto densamente por las estípulas, el desarrollo del suber es menor, como ocurre en **A. cordathus** y **A. chrysostachys**.

Se ha observado en el disociado del xilema que los elementos vasales son relativamente cortos (Tabla IV), generalmente el largo de elementos vasales es inversamente proporcional a la edad de la planta. El acortamiento de los elementos, en este caso, no es un signo de evolución, sino es debido al porte achaparrado de las plantas. Se ha notado una presencia constante de traqueidas vasicéntricas en el xilema de las ssp estudiadas. Según Carlquist (1988) estos elementos son muy importantes en lugares de gran déficit de agua para paliar la posible embolía de los

vasos, interrumpiendo la conducción normal. Además, se ha visto una profusión de fibras en el xilema que le brinda a la planta una mayor rigidez como eficaz protección contra el viento. Es interesante que Jonson (1902), Lyshede (1977), Paviani (1978) relacionan la presencia de fibras gelatinosas (Fig 19, H) en ssp xerófitas con el almacenamiento de agua, además de la habitual respuesta a las torciones que sufre el eje. La mayor parte de las fibras, tanto floemáticas como xilemáticas, son no lignificadas y gelatinosas tanto en hoja como en el eje.

Hay un caso muy interesante de la presencia de médula aerenquimática en **A. yodotropis**. Esta planta vive a una altura de más de 4000 msn y el suelo se congela frecuentemente con la subsiguiente falta temporal de aireación. La presencia de aerenquima asegura un almacenamiento de los gases dentro del eje de la planta (Fig 18, C, a, c).

La producción de gomas prácticamente en todos los tejidos parenquimáticos del eje, y principalmente en los radios y la médula, tendría doble importancia. En primer término se trata de goma higroscópica, su presencia mantiene hidratado el interior de la planta. En segundo término, la función sería la obturación de las heridas casuales o intencionales, producidas por herbívoros y por el hombre. Este proceso, impide la entrada de los microorganismos en el interior del cuerpo vegetal.

Según Rauh (1939) el desarrollo de una planta se debe, en gran medida, al plan interior de dicho organismo, capaz de responder con mayor sensibilidad a la interacción de los factores físicos y ecológicos múltiples. La suma de todos los caracteres observados en las ssp de **Astragalus** estudiadas, indica claramente que hay una serie de factores ambientales que influyen la estructura externa e interna de estas plantas que viven en zonas marcadamente áridas.

Como conclusión de este trabajo, se puede decir que ante condiciones ambientales semejantes y siempre difíciles, distintas ssp estudiadas muestran respuestas diferentes para sobrevivir. Algunas poseen hojas rígidas y planas con profusión de pelos, otras hojas blandas, pero plegadas longitudinalmente y casi glabras. Es general a todas las ssp estudiadas corresponde el porte achaparrado con disminución de alargamiento de los vástagos y un marcado desarrollo del sistema radical. La presencia de las gomas altamente higroscópicas en los ejes, indicaría una posible conexión de las raíces con las napas freáticas permitiendo una hidratación interna continua de estas plantas.

De todo lo observado se puede concluir que las plantas de **Astragalus** poseen una gran plasticidad frente a los medios adversos. Cada planta puede ser comparada con un complejo laboratorio que hace interactuar los factores internos y externos, para obtener respuestas válidas y positivas. Los procesos de adaptación son lentos y generalmente quedan fijados genéticamente.

RECOMENDACION



## RECOMENDACIONES

El género humano está generalmente interfiriendo con el ecosistema natural en todas las partes del globo.

Las plantas que producen algo útil al hombre, como por ejemplo la **goma tragacanto**, por la cual hay mucha demanda en el mundo, son un ejemplo muy claro de esta interferencia.

Los pobladores intentan ganar más dinero "explotando" a las plantas productivas. El manejo poco cuidadoso de la extracción mata, muchas veces, las plantas y las hace desaparecer de su hábitat. Con esto, además de destruir la vegetación valiosa, se rompe el equilibrio ecológico regional, tanto desde el punto de vista vegetal como entomológico y animal.

Sería importante que profesionales especializados estudiaran la capacidad del campo para las especies de **Astragalus**, particularmente valiosas como **A. gussypinus** y **A. keyserlingii**.

Asimismo, es necesario enseñar las bases de fenología de estas especies a los campesinos-productores para aprovechar la época más propicia de formación de las gomas.

Para la extracción, también, sería recomendable dictar cursos cortos sobre la estructura interna básica de estas plantas para evitar los daños irreparables y la muerte de estas especies por un manejo descuidado. Como ejemplo, se pueden mencionar algunas prácticas locales de calentar mediante fogatas el ambiente alrededor de las plantas para aumentar la secreción de las gomas, perjudicando el desarrollo posterior de los vegetales.

Es muy importante también impartir el conocimiento sobre el período necesario de recuperación de las plantas extraídas y con esto evitar la caída de la productividad de las mismas.

En base a lo observado durante el desarrollo de este trabajo, tanto desde el punto de vista teórico, morfológico y anatómico, deseo sugerir algunas recomendaciones generales:

- 1) Es imprescindible proteger y tratar de cultivar las ssp que producen estas gomas tan valiosas, y no limitarse a explotar la existencia de las plantas silvestres.

El cultivo de plantas ya adaptadas al medio ambiente permitiría asegurar su continuidad vital. Servirían asimismo como fijadores y formadores de los suelos pobres y esqueléticos de la región donde viven.

2) Controlar la edad de las plantas y no permitir la extracción de las gomas en plantas muy jóvenes, para no provocar su muerte prematura por la práctica poco cuidadosa.

3) Considero imperativo crear una reserva biológica de las ssp de **Astragalus** del país para poder estudiarlas en su medio natural y conservar para generaciones futuras toda la diversidad biológica del género. Asimismo, tratar de mejorar genéticamente la producción de estas gomas tan valiosas, por medio de estudios interdisciplinarios complejos.

## **CAPITULO 7**

## CAPITULO 7

### BIBLIOGRAFIA

- Amin, 1991 "Popular Medicinal Plants of Iran", Iranian Research Institute of Medicinal Plants. Vol 1: 146-147.
- Ancibor, E., 1972 "Notas sobre la Anatomía de Xerodraba", En Anatomía del Tallo, Bol Soc Argent. Bot 13: 172-181.
- Ancibor, E., 1978 "Ontogenia y Morfología de los Pelos de Lesquerella mendocina (Phil) Kurtz var microcarpa O.E. Schltz (Cruciferae).- Physis (Buenos Aires) 38: 63-67.
- Ancibor, E., 1980 "Estudio Anatómico de la Vegetación de la Puna de Jujuy", II Anatomía de las Plantas en Cojín Bol Soc. Arg. Bot. V XIX N° (1-2): 157-202.
- Ancibor, 1984, "Estudio Anatómico de la Vegetación de la Puna de Jujuy" V Anatomía de achersoniodoxa mandoniana (Wedd) Gilget Muschler Parodiodoxa chionophila (Speg) O.E. Schulz Parodiana 3 (1): 103-111.
- Ancibor, E., 1992 "Anatomía Ecológica de la Vegetación de la Puna de Mendoza" I Anatomía foliar, Parodiana 7 (1-2) 63-76.
- Assadi, M., 1988 "Flora of Ira", Research Institute of Forest and Rangelands 3-12-22.
- Baas, P. & Carlquist, 1985 "A Comparison of the Ecological Wood Anatomy of the Floras of Southern California" IAWA Bull 6: 349-353.
- Baas, P., 1976 "Some Functional and adaptive Aspects of Vessel Member Morphology. In P.Bass, A.J. Bolton & D.M. Catling (eds), Wood Structure in Biological and Technological Research - Leiden Bot Series 3:157-181 Leiden Univ Press.
- Baas, P., Werker, E. & Fahn, A., 1983 "Some Ecological Trends in Vessel Characters" IAWA Bull 4: 141-159.
- Bailey, I.W., 1958 "The Structure of Tracheids in relation to the Movement of Liquids, Suspensions and Undissolved gases" In Thimann, K.V. (ed) The Physiology of Forest Trees, Ronald Press, New York.
- Beadle, N.C.W., 1966 "Soil Phosphate and its Role in Molding Segments of the Australian Flora and Vegetation with Special Reference to Xeromorphy and Sclerophylly" Ecology 47: 992-1007.
- Black, C.A., 1968 "Soil Plant Relationship" 2nd Edition Wiley, Sydney.
- Bocher, W., 1979, "Xermorphic Leaf Types", Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab Biologiske Skrifter 22:8, : 1-71.

- Boodle, L.A., 1916 "A Method of Macerating Fibres". Bull of Misc Inf. 4:108-110.
- Bubolo, 1981 "Comparative Ultrastructural Analysis of the Leaf Clorenquima Cells in some Representatives of the Leningrad Region Floras. Bul J. T. 69 1482-1491.
- Burkart, 1952 "Leguminosas Argetninas Silvestres y Cultivadas" Ed. Acme, P. 569.
- Butler, O., 1911 "A Study of Gummosis of Prunns and Citrus with Observation on Squamosis and Exanthema od the Citrus", Ann Bot. 25, 107-153.
- Cameron, R. J., 1970 "Llght Intensity and the Growth of Eucalyptus Seedlings" In The Effects of Cuticular Waxes on Light Absortion in Leaves of Eucalyptus Species, Aust. J. Bot. 18: 275-284.
- Carlquist S., 1875 "Ecological Strategies of Xylem Evolution" Univ California Press, Berkeley, Los Angeles.
- Carlquist, 1982 "Wood Anatomy of Onagraceae: Further Species, Root Anatomy, Significacne of Vestured Pits and Allied Structures in Dicotyledons" Ann Missouri Bot Gard. 69:755-769.
- Carlquist, S., 1985 "Ecological Wood Anatomy of the Woody Southern Californian Flora", Bull 6:319-347.
- Carlquist, S., 1985, "Vasicentric Tracheids as a Drought Survival Mechanism in the Woody Flora of Southern California and Similar Regions", Review of Vasicentric Tracheids, Aliso 11:37-68.
- Carlquist, S., 1988 "Comparative Wool Anatomy. Systematic Ecological and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood", Springer-Verlag, Berlin. Heidelberg N.Y., London, Paris, Tokio 436 pp.
- Carlquist, S., 1989 "Adaptive Wood Anatomy of Chaparral Shrubs", In S.C. Keeley, The Californian Chaparral, Science Series, Natural History Museum of Los Angeles County, N° 34 pp 25-35.
- Clements, F.E, 1929, "Plant Ecology"Mcgraw Hill New York.
- Cloudsley - Thompson and Chadwick M.J., 1964 "Life in Desert G.T. Foulis & Co, Ltd London.
- Cutler, 1977 "The importance of Cell Size in the Water Relations of Plants" Physiol. Plant 40: 255-260.
- D'Ambrogio de Argueso, A., 1986 "Manual de Técnicas en Histología Vegetal", Editorial Hemisferio Sur.
- Dell, B., 1977 "Distribution and Function of Resing and Glandular Hairs in Western Australian Plants". J. Proc. R. Soc. West. Aus. 59:119-123.

- Dell, B. & Mc Comb, A.J., 1978 "Plant Resin. Their Formation Secretion and Possible Functions", In E.W. Woolmose Advances in Botanical Research, Acad, Press, London, pp 277-316.
- Doulio T. H., 1889, "Recherches sur le Periderme", Ann, Scinal Feme, Serie 80: 325-395.
- Ehleringer, J., 1976 "Leaf Pubescence: Effect on Absorptance and Photosynthesis in a Desert Shrub" Science 192: 376-377.
- Ehleringer, J., Bjorkman, O. & Mooney, H.A., 1976 "Leaf Pubescence Effects on Absorptance and Photosynthesis in a Desert Shrub", Science 192, 376-377.
- Ertli, J.J., Lips, S.H. & Agami, M., 1990 "The Strength of Sclerophyllous Cells to Resist Collapse due to Negative Targor Pressure" Acta Ecológica 11: 281-289.
- Espinosa A. R., 1932 "Ökologisch Studien über Kordilleren Pflanzen (Morphologisch und Anatomisch Dargestellt)" Botanischer Jahrbücher, 65: 120-211.
- Evans, William Charles, 1976 "Farmacoqnosia", Compañía Editorial Continental S.A. Barcelona 514-523
- Evenari, M., 1938 "Root Conditions of Certain Plants in the Wilderness of Judea". J. Linn Soc Bot 51: 382-388.
- Evenari, M., 1949 "Ecología de las Plantas del Desierto" Rev Arg. Agr 16 (3): 121-148.
- Fahn, A. & Arzef T., 1959 "Vascularization of Articulated Chenopodiaceae and the Nature of Their Fleshy Cortex" Am. J. Bot 46: 330-338.
- Fahn, A. & Cutler, D. 1992, "Xerophytes", University Jerusalem XIII, 3 pp: 1-171
- Fahn, A. & Sarnat, C. 1963 "Xylem Structure and Annual Rhythm of Development in Trees and Shrubs of the Desert" IV Shrubs Bull Res Counc. 198-209.
- Fahn, A. & Shchori, Y., 1967 "The Organization of the Secondary Conducting tissue in Some Species of thje Chenopodioceae" Phytomorphology 17: 147-154.
- Fahn, A., 1964 "Some Anatomical Adaptations of Desert Plants", Phytomorfology, 14: 93-102.
- Fahn, A., 1979 "Secretory Tissues in Plants". Academic Press, London, New York and San Francisco.
- Fahn, A., 1990 "Plant Anatomy" 4th ed. Pergamon Press, Oxford.
- Fahn, A., Werker, E. & Bass. P., 1986 "Wood Anatomy of Trees and Shrubs from Israel" Academy of Science and Humanities, Jerusalem.

- Glover & Gwyne M.D., 1962 "Light rainfall and Plant Survival in East Africa", *J. Ecol* Vol 50:111-119.
- Grieve, B.J. & Hellmuth, E.O., 1970 "Eco-Physiology of Western Australian Plants *Oecol. Plan* 5:33-68.
- Groom, 1926 "Excretory Systems in Secondary Xylem of Meliaceae", *Ann Bot*, 40, 633-649.
- Haberlandt, T.G., 1928 "Physiological Plant Anatomy", Mac Millan and Company, 5th Ed. W Engelman, Leipzig.
- Hartmann, H., 1979, "Surface Structure of Leaves: Their Ecological and Taxonomical Significance in Members of SCHW" pp. 31-55.
- Heide - Jorgensen, H.S., 1980 "The Xeromorphic Leaves of *Hukea Suaveolens*" R. B. III Ontogeny, Structure and Function of the T-shaped Trichomes. *Bot Tidsskrift*, 75: 181-198.
- Henslow, G., 1983 "The origin of Plant Structures by Self-adaptation to the Environment, Exemplified by Desert or Xerophilous Plants", *Rev. G. Henslow*, XII, P. 218 -261.
- Hess, W.m., Hansen, D.J. & Weber D.J., 1975 "Light and Electron Microscopy Localization of Chloride Iones in cells of *Salicornia Pacifica* Var. *Utahensis*" *Can J. Bot* 53: 1176-1187.
- Hickey, L.j., 1974 "Clasificación de la Arquitectura de las Hojas de Dicotiledóneas" *Bol Soc. Arg Bot* XVI (1-2: 1-26).
- Holloway, P.J. 1982 'The Plant Cutid", *Lim, Soc Symposium Series* N° 10
- Huber, B. 1956 "Die Gefassleitung" In Ruhland W. (ed) *Encyclopedia of Plant Physiology* Vol 3 - Springer, Berlin, pp 541-582.
- Ihlenfeldt H.D. & Hartmann, H.E.K., 1982 "Leaf Surfaces in Mesembryan Themaceae", *Bot Garden* 397-424.
- Ijijin, W.S., 1957 "Drought Resistnace in Plants and Physiological Processes", *Ann Rev Pl. Physiol*. 8: 257-274.
- James, S., 1984 "Lignotubers and Burls. Their Structure, Function and Ecological Significance in Mediterranean Ecosystems" *Bot. Rev.* 50:225-266.
- Jeremias, K., 1966 "Der Einflub der Bodentrochenheit auf Zuchergehalt Vegetativer Pflauzenteile" *Z. Pflanzenphysiol* 54: 237-239.
- Johansen, D.A., 1940 "Plant Microtechnique", McGraw-Hill Book Co. Inc. N. York.
- Johnson, H.B., 1975 "Plant Pubescence: An Ecological Perspective", *Bot. Rev* 41: 233-258.

- Jonsson, B., 1902 "Zur Kenntnis des Anatomischen Baues der w√s  
Templauzen" Lunds Un Arssky Avd 38:1-55
- Kpabknha, N. M., 1976 "Botanical Journal - Bot Society of the USSR Vol 61  
N 10 1374-1382.
- Kummerow, J. 1973 "Comparative Anatomy of Sclerophylls of Mideterranean  
Climatic Areas" In F. Dicastri & H.A. MOoney, Mediterrenean Type  
Ecosystems, Springer-Verlag, Berlin.
- Lemce, G., 1961 "Sur Economy Dean Des Plants Annuelles anx Confins  
Septemtrionaux de Sahara", Plant Water relationships in Arid and  
Semiarid Conditions, Proc. of the Madrid Symposium 127-134  
UNESCO.
- Lemesle, R., 1934 "Etude Anatomique du Genre" Calligonum L. Ann Sci Nat  
Bot Biol Veg 16:1-62
- Lewis, M.C., 1972 "The Physiological Significance of Variation in Leaf  
Structure" Sci Prog. Oxf. 60:25-51.
- Liphschschitz, N. & Lev-Yadun, S. & Waisel, Y., 1981 "The Annual Rythm of  
Activity of the Lateral Meristema (Cambium and Phellogen)" In  
Cupressus Sempervirens L. Ann Bot 47: 485-496.
- Liphschschitz, N. & Lev-Yadun, S. 1986, "cambial Activity of Evergreen and  
Seasonal Dim or Phics Around the Mediterrean", Iawa Bull 7:145-153.
- Loveless, A.R., 1961 "A Nutritional Interpretation of Sclerophylly based on  
Differences in teh Chemical Composition of Sclerophyllous and  
Mesophylic Leaves", Ann Bot 25:168-184.
- Loveless, A.R., 1962 "Further Evidence to Support a Nutritional  
interpretation of Sclerophylly", Ann Bot 26: 551-561.
- Lundkvist, L. O., 1956 "Xeromorphosen in Beziehung zu Wasser und  
Stickstoffmangel" Svensk Bot Tidskv 50:361-384.
- Lyshede, 1978, "Studies on Outer Epidermal Cell Walls eith Microchannes  
in a Xerophytic Species" Newphytol 80, 421-426.
- Lyshede, O. B., 1979 "Xeromorphic Features of Three Stem Assimilants in  
Relation to their Ecology", Botanical Journal of the Linnean Society, 78,  
85-98.
- Lyshede. O.B., 1974 "Anatomiske Studier over Spartocy Tisus Filipes,  
Spartocutisus Nubigennus. Genista Aetensis Relation til deres  
Okologiske Forhold med Suerligt Henblik paa Epiderms Strukturen  
Thesis
- Lyshede, O.B., 1977 "Structure and Function of Trichomes in Spartocytisus",  
Filipes Botanical Review 16, 399-447.
- Maassoumi A.A., 1986 " The Genus Astragalus in Iran" Vol 1 research  
Institute of Forests and Rangelands.

- Maassoumi, 1989 "The Genus *Astragalus* in Iran", N° 44, Vol 2 Research Institute of Forests and Rangeland 6-7, 16-17, 87-89.
- Maassoumi, A.A., 1990 "Illustrate Guide of the Genus *Astragalus* in Iran" Vol 1 P.p 100 Research Institute of Forests and Rangelands.
- Maassoumi, A.A.1993, "Illustrated Guide to the Genus *Astragalus* in Iran", Research Institute of Forest and Rangelands, Vol., 2 P. 99.
- Magendans, J.F.C., 1983 "Anatomy of Vein Endings in *Hedera* Leaves; Influence of Dry and Wet Conditions" Meded Land Bounhog Wageningen, Nederland 83 (6): 1-34.
- Maksymowycz, R & Ledbetterimoc, 1987 "Fine Structure of Epithelial Canal Cells in Petioles of *Xanthum Pensylvanian*", An Jor. Botany Vol 74.
- Margaris, N.S. & Papadogianni, P., 1978 "Cambial Activity in Some Plants Dominating Phrygamic Formations in Greece Phytol", 36:1-5.
- Marloth, R., 1919 "Die Schutzmittel der Pflanzen Gegen Uebermassige Insolatyon"Ber Dtsch Bot Ges. 27:362-371.
- Maximov, N.A., 1929 "The Plant in Relation to Water. A Study of the Xeromorphic Structure of Plants", Ecol., 19: 272-82.
- Mc Nair, J. B., 1918 "Secretory Canals of *Rhus Diversiloba*" Bot. Gaz. 65: 268-273.
- Mc Nair, J.B., 1930 Amer. J. Bot, 17: 187-196.
- Meidner, H., 1950 "Measurements of Water Intake from the Atmosphere by Leaves", New Phytol 53: 423-26.
- Metcalfe, C.R. & Chalk, L., 1950 "Anatomy of Dicotyledons". Oxford Clarendon Press.
- Migahid, A.M., 1961 'Desert Plants", Fac of Sciences - Cairo, Univ. Egipto. Pp 230-235.
- Mohl, 1857 "Tragant gum", Bot Zeit p 33 ct seq Priestly (1929)
- Mollen Hauer, H.H., 1967 "The Fine Structure of Mucilage Secreting Cells of *Hibiscus Esculentus*" Pods Protoplasma 53: 353-362.
- Mothes, K., 1932, Ernährung Struktur und Trnspiration ein Beitrag zur Kansalen Analyse der Xeromorphosen", Biol Zentral 52:193-223.
- Mott, K.A., 1982 "The Adaptative Significance of Amphistomatic Leaves - Plant Cell" Environ 5: 455-460.
- Naglschmid, F, Kull & Jeremias, K, 1982 "Physiologische Untersuchungen Uber Blattschleime Untersuchngen an *Verbascum Densiflorum*" Biochem Physiol Pflauzen 177: 671-685.

- Nair, M.N.B. & Mohanram, H.Y. (1989) "Vestured Pits and Vestured Vessel Member walls in some Indian Dicotyledon Woods" Bot J. Linn Soc. 100:323-336.
- O'Brien, T.P. & Mc Cully, M.E., 1981, "The Study of Plant Structure Principles and Selected Methods" Termarcarphyty Ltd, Melbourne, Australia.
- Oppenheimer, H.R. , 1960 "Adaptation to Drought: Xerophytism en Plant Water Relationship in Arid and Semiarid Conditions", Reviews of Research, UNESCO, Arid Zone Research 15:105-138.
- Paviani, T.I., 1978 "Anatomía Vegetal" Ciencia e Cultura 30:1076-1086.
- Pizzolato, T. D., 1976 "An Electron Milcrosopic Study of the Path of Water Movement in Transpiring Leaves of Cotton" - J. Exp. Bot. 27: 145-169.
- Pyykko M., 1966 "The Leaf Anatomy of East Patagonian Xerophytic Plants" Ann Bot Fennici 3:453-622.
- Rauh, W., 1939, Ein Beitray zur Kenntnis der Wuchsformen der Hoheren Pflanzen". NOva Acto leopoldina, Bund 7 N 49: 266-508.
- Rauh, W., 1966 "Uberpolster Formigen wuchs", Nov Actas Leopold 11, 7: 266-508.
- Raunkiaer, C., 1934 "The Life Forms of Plants and Statistical Plan Geography"Claredon Press, Oxford, 632 pp.
- Riyads, Haddad & J. R. Barnett, 1987 "Variarion in Petiole Anatomy of the European Spiny Species of Astragalus" L. Bot. J. 101: 241-247.
- Robichaux, R.H. & Morse, S.R., 1990 "Extracellular Polysaccharide and Leaf Capacitance in Hawaiian Bog Species, Agryoxiphium Grayanun (Compositae-Madiinae) Ann J. Bot. 77:134-138.
- Roth, 1989, "Structural Patterns of Tropical Barks" In Encyclopedia of Plant Anatomy IX.3 Gber Borntreager, Berlin Stuttgart.
- Safar, M. & Rasawy, 1993 "Tarhe Bahrebardary de Catira", Isfahan: 1-44
- Saint Martin, M, 1976, "Type Stomatiques Desplantules de Papilionaceae", Bull. Soc. Bot. Fy. 126. bot, N° 3, 85-91.
- Schimper, A. F.W., 1903 "Plant Geography upon Physiological Basis"Oxford Clarendon Press.
- Schroter, E. & Hari, H., 1914, "Versuch Ciner Vebersicht der Angiospermen-Pols Ter Flazen", Engl Bot. Jahrb.50, Supplement.
- Shall, C.A., 1934 "Lateral Water Transfer in Leaves of Ginkyo Biloba" Plant Physiol. 9:387-389.

- Shields, 1950 "Leaf Xeromorphy is Related to Physiological and Structural Influences", The Botanical Review Vol XVI 399-447, New Mexico Highland University, Las Vegas.
- Solereder, H., 1908 "Systematic ANatomy of the Dicotyledones", Oxford at the Clarendon Press Vol I: 253-301.
- Strittmatter, C.G.D., 1973, "Neva Técnica de Diafanización" Bol. Soc. Arg. Bot. 15(1): 126-129.
- Thames, C., 1961 "Considerations of Water Balance in Dry Climates and in Different Types of Soil. Plant Water relationship in Arid and Semiarid Conditions". Proc of the Madrid Symposium 57-60 UNESCO.
- Thoday, D., 1931 "The Significance of Reduction in the Size of Leaves" J. Ecol. 19: 297-303 (1933): The Terminology of "Xerophitism". J. Ecol. 21: 1-6.
- Todoularkis, N.S., Tsimbani, H. & Fasseas, C., 1990 "Leaf Structural Peculiarities in Sarco[pterium Spinosum. A Seasonally Dimorphic Subshrub" Ann Bot 65: 291-296.
- Trachtenberg, S. & Mayer A.M., 1981 "Composition and Properties of Opuntia Ficus - Indica Mucilage - Phytochemistry" 20:2665-2668.
- Tschireh, A., 1889 "Angewandte Pflanzananatomic", Urban and Schwarzenberg View.
- Turrell, F. M., 1936 "The Area o the Internal Exposed Surface of Dicotyledon Leaves" Am J. Bot 23: 255-264.
- Up Hof, 1962 "Plant Hairs", Gebruder Born Tracger berlin, pp 292.
- Volkens, G., 1887 "Die Flora der Aegyptisch Arabischen W√ste auf Grund Anatomisch Physiologischer Forschungen" Gebr Borutraeger, Berlin 156 pp.
- Weaver, J.E. & Clements, F.E., 1929 "Plant Ecology", Mc graw Hill New York.
- Whistler & Corbett, W.M., 1957 "The Carbohidrat"684-686.
- Wolpert, A., 1962 "Heat Transfer Analysis of Factors Affecting Plant Leaf Temperature. Significance of Leaf Hair", Plant Physiology 37, 113-20.
- Woodel, S. R. J., 1973 "Xerophytes", Oxford Biology Readers, 39 Oxford.
- Wylie, R.B., 1943 "The Role of the Epidermis in Foliar Organization and its Relations to the Minor Venation" Ann - J. Bot. 30:273-280.
- Wylie, R.B., 1949"Difference in Foliar Organization Among Leaves from Four Locations in the Crown of an isolated Tree" Proc. Iowa Acad. Sci, 56: 189-198.

- Zargar, Salehy, Ainechy, 1991 "Investigación sobre Goma". Research Institute of Forest and Rangelan, Kerman.
- Zargari, 1992 "Medicinal Plants" Tehran University Publication Vol 1: 660-663.
- Zarinkamar, F.; 1993 "Anatomía Foliar Comparada Cinco Especies Xerófitas de Irán", Iranian Journal of Botany, en prensa.
- Zimmermann M.H., 1983 "Xylem Structure and the Ascent of sap", Springer, Berlin.
- Zimmermann, M.H., 1978 "Structural Requirements for Optimal Water Conduction in Tree Stems" In P.B. Tomlinson & M.H. Zimmermann (eds) Tropical Trees as Living Systems PP 517-532 Cambridge University Press, London.
- Zimmermann, M.H., 1982 "Functional Xylem Anatomy of Angiosperm Trees", In P. Baas (ed) New Perspectives in Wood Anatomy pp 59-70. Nijhoff/Junk, The Hague - Boston
- Zweypfenning, R.C.V.J., 1978 "A Hypothesis on the Function of Vestured pits" IAWA Bull 1978: 13-15.

*Zarinkamar*

F Zarinkamar