



*Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Escuela para Graduados*



**EVALUACIÓN MORFOANATÓMICA DE ESPECIES
SILVESTRES Y CULTIVADAS DE *LUPINUS* Y SUS
IMPLICANCIAS TAXONÓMICAS Y DE
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO**

Lina Seisdedos

Investigaciones realizadas en la carrera de doctorado

Escuela para Graduados
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Nacional de Córdoba

2013-2019

Córdoba

EVALUACIÓN MORFOANATÓMICA DE ESPECIES SILVESTRES Y CULTIVADAS DE *LUPINUS* Y SUS IMPLICANCIAS TAXONÓMICAS Y DE COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO

Lina Seisdedos

Comisión Asesora de Tesis

Directora: Dra. Ana María Planchuelo

Codirectora: Dra. Patricia Perissé

Asesora: Dra. María Teresa Cosa

Comité Revisor

Dr. Juan Argüello

Dra. María Teresa Cosa

Dra. Mariela Fabbroni



AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a mi Directora de Tesis, la Dra. Ana María Planchuelo quien me inició en la investigación del fascinante género *Lupinus*, me apoyó incondicionalmente durante toda la trayectoria de mi trabajo y me ayudó en momentos difíciles para finalizar esta tesis doctoral. También deseo agradecer especialmente a la Codirectora de Tesis, la Dra. Patricia Perissé quien me brindó una guía muy importante en los temas de tecnología de semilla. A la Asesora de Tesis la Dra. María Teresa Cosa le agradezco muy especialmente su apoyo en los inicios de esta tesis para encontrar los caminos apropiados en las investigaciones y las técnicas de la Morfología Vegetal. Sin el apoyo de estas tres grandes investigadoras, mentoras y amigas esta tesis no se hubiera podido realizar. Por supuesto, no quiero dejar de agradecer a quienes serán los miembros del Tribunal Examinador de esta Tesis porque sus correcciones y subgerencias serán un aporte importante que perfeccionará mi trabajo.

A la Escuela para Graduados y a toda la comunidad que conforma la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, por brindarme la oportunidad de una formación de postgrado, que siempre fue un anhelo postergado durante tantos años de desempeño científico académico en esta institución.

Quiero agradecer al personal del Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN) especialmente al Dr. Andrés Ravelo y al Ing. Agr. (Mg Sc.) Roberto Zanvettor por facilitar los mecanismos para realizar los ensayos en parcelas experimentales y al Dis. Graf. Alejandro Barbeito por el apoyo en la diagramación de láminas y posters para las publicaciones y presentaciones a Congresos. Al Dr. Ricardo Maich encargado del área de ensayos experimentales de cultivos del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, le quedo muy agradecida por facilitar las semillas multiplicadas del cv. Caro de *Lupinus angustifolius* L. y por el apoyo en la conducción de parcelas experimentales.

Quiero expresar mi agradecimiento a los Drs. Lourdes Rico y Gwilym Lewis del Royal Botanical Garden de Kew, Inglaterra; al Dr. Michael Wink de la Universidad Ruprecht Karl de Heidelberg, Alemania; al Dr. Bogdan Wolko del Instituto de Plant Genetics de Poznan, Polonia y al Dr. Robert Vogt, del Jardín y Museo Botánico de Berlín-

Dahlem de Alemania, por las atenciones recibidas durante mi pasantía de trabajo en las instituciones que ellos dirigen y por la donación de materiales de herbario y semillas para mis estudios de tesis.

Agradezco también a todas mis compañeras de la Cátedra de Botánica Morfológica con quienes compartí la vocación docente, infinidad de proyectos y tantos años de jornadas enteras de trabajo. A quienes pude ofrecer mi acompañamiento en su formación, muy especialmente a Miguel Sánchez por compartir conmigo las tareas docentes, los ensayos experimentales de *Lupinus*, pero sobre todo por la frescura de su juventud y la calidez de su acompañamiento en esta etapa de mi carrera.

A quienes se sumaron y apoyaron el desafío de crear el Área Cultura de la Secretaría de Extensión y al personal de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, un agradecimiento especial por contribuir a la expresión artística y cultural, imprescindible para nutrir otras dimensiones de los seres humanos. A los integrantes del Coro, de la Camerata Vocal Melisma y del Ballet Raíces, por los momentos compartidos, y por los que vendrán.

En estos momentos difíciles de lucha, quiero agradecer al Dr. Santiago Bella y a todo el equipo de profesionales de la Clínica Universitaria Reina Fabiola, por el cuidado de mi salud, la contención y el aliento para seguir adelante aún en los momentos más difíciles. Además, un agradecimiento especial a la Lic. Belén Malagueño por su luminoso acompañamiento en esta etapa.

Por último, quiero agradecer a mi familia y amigas (Silvia Rambaldi, Susana De Grandis, Cristina González, y muchas otras que no alcanzo a mencionar aquí), que valoraron mi esfuerzo y apoyaron siempre para que hoy alcance esta meta. A Polo, mi compañero en éstas y muchas andanzas, con quien compartí la mayor parte de mi vida, la pasión por la música, el entusiasmo por las actividades creativas y el inagotable deseo de vivir. A quienes son pilares de mi vida, mis hijos Pablo y Dolores, a sus compañeros de vida, Silvia y Álvaro, y a mis nietos Juan, Santiago, Aylín, Astor y Manuel, no es necesario aclarar, ellos saben por qué...

Córdoba, 10 de octubre 2019.

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres, Cosntancia y Manuel

RESUMEN

La necesidad de disponer de alimentos provenientes de sistemas autosustentables ha llevado a revalorizar cultivos que fueron relegados por tendencias de mercado. Los lupinos dejaron de cultivarse por muchas décadas, pero han cobrado interés internacional, por sus propiedades nutricionales y por tener variedades adaptadas a tecnologías modernas. Para realizar un buen manejo del cultivo, es necesario conocer las características propias de la especie y las respuestas de un mismo germoplasma dferentes ambientes. Las hojas son diversificadas e importantes en la producción de fotosintatos para la producción de granos, por lo tanto, son la base de interpretaciones taxonómicas y de proyectos de mejoramiento de cultivos. Dentro de este marco conceptual, se realizaron estudios morfoanatómicos de hojas de especies nativas de la Subregión Atlántica (10 especies) y la Subregión Andina (nueve especies) que demostraron que el género complejo. Con respecto a la Subregión Atlántica, es la única que posee especies con hojas simples y especies que tienen heterofilia y heteroblastia. Se describen los tipos de estomas de las 19 especies siendo la totalidad anfistomáticos y la mayoría anomocíticos. Con respecto a las pubescencias foliares se encontraron caras adaxiales glabras y otras pubescences con densidades que van de esparcidas a densamente villosas, sin que ninguna sea exclusiva de alguna de las áreas de distribución. Se describen por primera vez los pelos, el tricelular que es común a todas las especies, con una célula basal, un epitricopodio y una célula apical aciculada de distintos largos y el pelo simple pluricelular corto. En cuanto a la morfoanatomía de las semillas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius* se citan y se describen por primera vez los complejos de las aréolas cotiledonares y sus complementos en ambas especies. Las diferencias morfoanatómicas encontradas entre las dos especies de *Lupinus*, descritas en el estado de plántula, muestran caracteres importantes en la estructura de la planta adulta como el desarrollo del sistema radical. Los ensayos en parcelas del cv. Caro de *L. angustifolius* sirvieron para caracterizar el comportamiento de las plantas y los ciclos del cultivo, como un paso preliminar para determinar las adaptaciones del cultivar a condiciones ambientales de Córdoba.

PALABRAS CLAVE: Morfoanatomía foliar; Pubescencia; Morfología de semilla; Características de plántulas; Ensayos experimentales.

ABSTRACT

The need to have food from self-sustaining systems has led to the revalue of crops that were legated by market trends. The lupines were not growing for many decades, but have gained international interest, for their nutritional properties and for having varieties adapted to modern technologies. To perform a good management crop sistem, it is necessary to know the characteristics of the species and the responses of the same germplasm to the diferent environment. The leaves are diversified and important in the production of photosynthate for grains production, therefore, they are the basis of taxonomic interpretations and crop breeding project. On this conceptual framework, morphological studies of leaves of native species of the Atlantic Subregion (10 species) and the Andean Subregion (nine species) were conducted which demonstrated that the genus is very complex. With regard to the Atlantic Subregion, it is the only one that has species with simple leaves and species that have heterophylla and heteroblasty. The types of stomata of the 19 species are described as amphistomatic; and most of them anomocytic. With regard to foliar pubescences, glabrous adaxial faces and other pubescences, with densities ranging from scattered to densely villose, were found, without any of them being unique to any of the species ranges of distribution. Type of hairs are described for the firts time, the tricellular that is common to all species, which has a basal cell, an epitricopodio and an apiculated cell of different lengths and also the multicellular simple and short hair. In relation with the morphoanatomy of the seeds of *Lupinus albus* and *L. angustifolius*, the complexes of the cotyledonal areolas and their complements in both species are quoted and described for the first time. The morphological differences found between the two species of *Lupinus*, described in the seedling state, show important characters in the structure of the adult plant, such as, the development of the radical system. The plot trials of the *L. angustifolius* cv. Caro served to characterize the behavior of the plants and the crop cycles as a preliminary step to determine the adaptations of the cultivar to Córdoba environmental conditions.

KEY WORDS: Foliar morphoanatomy; Pubescence; Seed morphology; Seedling features; Experimental trials.

TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE FIGURAS.....	XVI
LISTA DE FOTOS.....	XVIII
LISTA DE TABLAS.....	XX
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XXI
CÓDIGO DE HERBARIOS CITADOS.....	XXII
SIGLA Y NOMBRE DE LOS BOTÁNICOS AUTORES DE ESPECIES.....	XXIII
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN GENERAL SOBRE LEGUMINOSAS Y LAS ESPECIES DE LUPINUS.....	2
CONTEXTO TAXONÓMICO DE LAS LEGUMINOSAS.....	2
TRATAMIENTOS DE LA FAMILIA LEGUMINOSAS EN ARGENTINA.....	8
DICOTOMÍA EN LA VALORACIÓN DE LOS CARACTERES MORFOLÓGICOS.....	9
UBICACIÓN TAXONÓMICA <i>LUPINUS</i> DENTRO DE LA FAMILIA LEGUMINOSAS.....	10
PROBLEMÁTICA TAXONÓMICA DE <i>LUPINUS</i>	11
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESPECIES DE <i>LUPINUS</i>	13
EL TRATAMIENTO DEL GÉNERO <i>LUPINUS</i> EN ARGENTINA.....	15
IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LUPINOS EN EL MUNDO.....	15
SITUACIÓN DEL CULTIVO DE LUPINOS EN ARGENTINA.....	20
FUNDAMENTOS DE LA NOMENCLATURA ADOPTADA PARA PLANTAS SILVESTRES Y CULTIVADAS.....	22
PARA ESPECIES SILVESTRES.....	22
PARA PLANTAS CULTIVADAS.....	22
HIPÓTESIS.....	23
OBJETIVOS GENERALES.....	23

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	25
CAPÍTULO 2.....	30
EVALUACIÓN DE CARACTERES MORFOLÓGICOS DIAGNÓSTICOS DE ESPECIES SILVESTRES DE LUPINUS.....	31
INTRODUCCIÓN.....	31
OBJETIVO GENERAL.....	32
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	33
MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
EVALUACIÓN DE LAS PARTES VEGETATIVAS.....	35
EVALUACIÓN DE LOS CARACTERES DE LAS INFLORESCENCIAS.....	36
MEDICIONES REGISTRADAS EN LAS PIEZAS FLORALES.....	39
EVALUACIÓN DE LOS CARACTERES DE LOS FRUTOS Y SEMILLAS.....	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
CICLO DE VIDA.....	41
HABITO DE LA PLANTA.....	41
ÓRGANOS VEGETATIVOS.....	44
RAIZ.....	44
TALLO.....	46
HOJAS.....	47
Pecíolo.....	47
Lámina.....	48
INFLORESCENCIAS.....	51
FLORES.....	53
Cáliz.....	53
Corola.....	54
Estambres.....	54

Gineceo y óvulos.....	54
FRUTO.....	55
SEMILLAS.....	55
CONCLUSIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	56
CAPÍTULO 3.....	59
LA MORFOANATOMÍA FOLIAR COMO APORTES AL CONOCIMIENTO DE LAS RELACIONES ENTRE LAS ESPECIES DE LUPINUS.....	60
INTRODUCCIÓN.....	60
ANTECEDENTES TERMINOLÓGICOS SOBRE LA MORFOLOGÍA FOLIAR DE <i>LUPINUS</i>	61
LAS CARACTERÍSTICAS MORFOANATÓMICAS DE LAS HOJAS EN EL GÉNERO <i>LUPINUS</i>	62
TERMINOLOGÍA SOBRE INDUMENTO FOLIAR.....	63
OBJETIVO GENERAL.....	64
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	64
MATERIALES Y MÉTODOS.....	65
Especies representativas de la Subregión Atlántica.....	65
Especies representativas de la Subregión Andina.....	65
DESCRIPCIÓN DE PUBESCENCIAS.....	68
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71
ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS EPIDÉRMICAS CON MICROSCOPIA ÓPTICA.....	71
CARACTERÍSTICAS FOLIARES COMUNES A TODAS LAS ESPECIES DE AMBAS SUBREGIONES.....	72
ESTOMAS.....	72
PUBESCENCIA.....	72
PELOS.....	72
CARACTERÍSTICAS FOLIARES EXCLUSIVAS DE LAS ESPECIES DE LA	73

SUBREGIÓN ATLÁNTICA.....	
ESPECIES DE LA SUBREGIÓN ATLÁNTICA DE HOJAS SIMPLES.....	73
<i>Lupinus arenarius</i> Gardner.....	74
<i>Lupinus coriaceus</i> Benth.....	74
<i>Lupinus crotalarioides</i> C. Mart. ex Benth.....	74
<i>Lupinus velutinus</i> Benth.....	75
ESPECIES DE LA SUBREGIÓN ATLÁNTICA CON HETEROBLASTIA O HETEROFILIA DE HOJAS SIMPLES Y PALMATI-COMPUESTAS EN ESTADO JUVENIL O ADULTO.....	76
<i>Lupinus albescens</i> Hook & Arn.....	76
<i>Lupinus magnistipulatus</i> Planchuelo & Dunn.....	77
<i>Lupinus paraguariensis</i> Chodat & Hassl.....	77
ESPECIES DE LA SUBREGIÓN ATLÁNTICA CON SOLO HOJAS PALMATI-COMPUESTAS.....	78
<i>Lupinus bracteolaris</i> Desr.....	78
<i>Lupinus gibertianus</i> C.P. Smith.....	79
<i>Lupinus linearis</i> Desr.....	79
CARACTERÍSTICAS FOLIARES EXCLUSIVAS DE LAS ESPECIES DE LA SUBREGIÓN ANDINA.....	83
<i>Lupinus alivillosus</i> C.P.Sm.....	83
<i>Lupinus grisebachianus</i> C.P.Sm.....	83
<i>Lupinus lespedezoides</i> C.P.Sm.....	84
<i>Lupinus magniflorus</i> C.P.Sm.....	84
<i>Lupinus nubigenus</i> Kunth.....	84
<i>Lupinus ramosissimus</i> Benth.....	85
<i>Lupinus tauris</i> Benth.....	85
ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS EPIDÉRMICAS CON MISCROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO.....	88
CONCLUSIONES.....	93

BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	95
CAPÍTULO 4.....	99
MORFOLOGÍA DE SEMILLAS Y PLÁNTULAS DE DOS CULTIVARES DE <i>LUPINUS</i> Y GERMINACIÓN DE CUATRO ESPECIES SILVESTRES DE VALOR ORNAMENTAL.....	100
INTRODUCCIÓN.....	100
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LAS SEMILLAS DE LEGUMINOSAS Y DE <i>LUPINUS</i>	101
IMPORTANCIA DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE GERMINACIÓN DE <i>LUPINUS</i>	104
IMPORTANCIA DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE MORFO-ANATOMÍA DE LA PLÁNTULA DE <i>LUPINUS</i>	105
OBJETIVO GENERAL.....	105
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	105
MATERIALES Y MÉTODOS.....	106
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE SEMILLAS DE ESPECIES CULTIVADAS DE <i>LUPINUS</i>	106
NOMENCLATURA UTILIZADA.....	106
PRESENCIA DE ARÉOLAS COTILEDONARES.....	109
ANATOMÍA DE PLÁNTULA DE ESPECIES CULTIVADAS PARA GRANO...	110
ENSAYOS DE GERMINACIÓN DE ESPECIES SILVESTRES PARA CULTIVO ORNAMENTAL.....	111
<i>Lupinus albescens</i> Hook & Arnott.....	112
<i>Lupinus arboreus</i> Sims.....	112
<i>Lupinus gibertianus</i> C.P.Sm.....	113
<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl.....	113
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	114
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	114
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE SEMILLAS CULTIVADAS	114
CARACTERÍSTICAS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS.....	120

MORFOANATOMÍA DE LOS ÓRGANOS DE LAS PLÁNTULAS.....	121
ESTRUCTURA DE LA RAÍZ.....	124
ESTRUCTURA DEL HIPOCÓTILO.....	124
ESTRUCTURA DEL EPICÓTILO.....	126
ESTRUCTURA DEL PECÍOLO.....	127
ESTRUCTURA DE LOS FOLÍOLOS.....	127
ENSAYOS DE GERMINACIÓN DE ESPECIES SILVESTRES.....	131
CONCLUSIONES.....	132
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	133
CAPÍTULO 5.....	141
COMPORTAMIENTO DEL LUPINOS DE HOJAS ANGOSTAS (<i>LUPINUS ANGUSTIFOLIUS</i>) EN CONTENEDORES Y EN PARCELAS EXPERIMENTALES.....	142
INTRODUCCIÓN.....	142
ANTECEDENTES RELACIONADOS CON LOS TEMAS DE ESTE CAPÍTULO DE LA TESIS DOCTORAL.....	143
OBJETIVO GENERAL.....	146
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	146
MATERIALES Y MÉTODOS.....	146
ORIGEN DE LAS SEMILLAS ENSAYADAS.....	146
ESTUDIOS DE PLANTAS EN CONTENEDORES.....	147
ENSAYOS DE EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS EN EL CAMPO ESCUELA FCA, UNC.....	148
ENSAYO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO EN PARCELAS EXPERIMENTALES EN EL CREAN.....	148
DATOS FENOLÓGICOS.....	149
DATOS FENOMÉTRICOS.....	151
ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR.....	151
PESO DE MATERIA SECA PESO DE MATERIA SECA.....	151

RENDIMIENTO.....	151
DISEÑO Y PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO.....	151
RESULTADOS.....	152
ESTUDIOS DE PLANTAS EN CONTENEDORES.....	152
ENSAYOS DE EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS EN EL CAMPO ESCUELA FCA-UNC.....	153
ENSAYO DEL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO EN PARCELAS EXPERIMENTALES EN EL CREAT.....	154
EVALUACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE LA PLANTA.....	154
EVALUACIÓN DE LAS FASES FENOLÓGICAS.....	155
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR.....	157
EVALUACIÓN DE LA ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA.....	158
BIOMASA DE LA PARTE VEGETATIVA.....	158
BIOMASA DE LA PARTE REPRODUCTIVAS.....	158
EVALUACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS.....	160
CONCLUSIONES.....	161
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	162
CAPÍTULO 6	164
CONCLUSIONES.....	165
APORTES DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS.....	165
SOBRE LA BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ESTA TESIS, SE PROPONEN LAS SIGUIENTES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	167
ANEXOS.....	170
ANEXO 1. Informe de Pasantías de Capacitación en Instituciones Científicas Europeas.....	171
ANEXO 2 Informe del Proyecto SECyT: 30720150101278CB Directora: Biól. Lina Seisdedos.....	175
ANEXO 3 Publicaciones en Libros y Revista Científicas con Referato.....	188
Trabajo Publicado en un Capítulo del Libro: Lupin Crops An Opportunity For Today, A Promise For The Future.....	189

Trabajo Publicado en Lilloa 55(1):67-80 2018.....	194
ANEXO 4 Posters Presentados en Reuniones Científicas en Relación a los Temas de Tesis.....	207
XXXIII Jornadas Argentinas de Botánica, Posadas - Misiones 7 al 10 de Octubre de 2011.....	208
V Jornadas Integradas de Investigación y Extensión de la Fca-Unc 31 de Octubre-1 de Noviembre, 2012.....	209
XXXIV Jornadas Argentinas de Botánica, La Plata, 24 al 28 de Septiembre de 2013.....	210
XVI Congreso de Ciencias Morfológicas La Plata, 18 y 19 de Septiembre, 2014.....	211
XXXV Jornadas Argentinas de Botánicas, 23 al 26 de Septiembre de 2015, Salta 2015.....	212
XIV International Lupin Conference, Milan, 21-26 June 2015.....	213
XXXVI Jornadas Argentinas de Botánica Mendoza, 18-22 Septiembre 2017.....	214
VII Jornadas Integradas de Investigación, Extensión y Enseñanza de las Ciencias Agropecuarias, Fca.Unc, Córdoba 2017.....	215
VII Jornadas Integradas de Investigación, Extensión y Enseñanza de las Ciencias Agropecuarias Fca.Unc, Córdoba 2017.....	216
XV International Lupin Conference, Cochabamba, Bolivia 16-20 Marzo 2019.....	217
VIII Jornadas Integradas de Investigación, Extensión y Enseñanza de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, 20 de noviembre de 2019.....	218

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.	Diagramas florales y fórmula floral típica de las tradicionales Subfamilias de Leguminosas	4
Figura 1.2.	Esquema filogenético de las Leguminosas adaptado según los resultados del Grupo de Trabajo sobre Filogenia de Leguminosas.....	5
Figura 1.3	Nueva clasificación filogenética de Subfamilias de Leguminosas según LPWG, 2017.....	7
Figura 1.4	Mapa esquemático mostrando la distribución de los Centros de Especiación del género <i>Lupinus</i>	14
Figura 1.5.	Método tradicional de desamargado de especies de tarwi o chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	17
Figura 2.1.	Ejemplo de piezas florales y vegetativas que se montan en portaobjetos.....	38
Figura 2.2.	Arquitectura de las plantas respecto al eje principal del tallo.....	42
Figura 2.3.	Estructura de una raíz pivotante típica del género <i>Lupinus</i>	45
Figura 2.4.	Tipo de tallos que pueden presentar las especies de <i>Lupinus</i>	47
Figura 2.5.	Tipo de estípulas y pecíolos presentes en especies de <i>Lupinus</i>	48
Figura 2.6.	Tipos de hojas representativas de especies de <i>Lupinus</i>	50
Figura 2.7.	Preparado para análisis de estructuras florales.....	53
Figura 3.1.	Características de los tipos de pubescencias.....	68
Figura 3.2.	Estructura anatómica de un pelo tricelular típico de especies de <i>Lupinus</i>	73
Figura 4.1.	Esquema de las diferentes regiones de las semillas.....	108
Figura 4.2.	Crecimiento promedio de las plántulas y distribución de tejidos en <i>L. albus</i> y <i>L. angustifolius</i> a los 20 días de siembra.....	123
Figura 5.1.	Diferencias en la arquitectura de las plantas del cv Caro del <i>Lupinus angustifolius</i>	155
Figura 5.2.	Comportamiento fenológico de los cultivos de <i>Lupinus angustifolius</i> cv Caro en parcelas experimentales en el predio del CREAN.....	156

Figura 5.3.	Evaluación del Índice de Área Foliar del cultivar Caro de <i>Lupinus angustifolius</i>	157
Figura 5.4.	Evaluación de la acumulación de biomasa vegetativa mediante peso de materia seca del cultivar Caro de <i>Lupinus angustifolius</i>	159
Figura 5.5.	Evaluación de la acumulación de biomasa reproductiva mediante peso de materia seca del cultivar Caro de <i>Lupinus angustifolius</i>	159
Figura 5.6.	Rendimientos obtenidos de <i>Lupinus angustifolius</i> cv Caro.....	160

LISTA DE FOTOS

Foto 1.1.	Método tradicional de desamargado de especies de tarwi o chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	17
Foto 2.1.	Tarea de revisión de ejemplares en el herbario.....	34
Foto 2.2.	Plantas de <i>Lupinus</i> de arquitectura rastrera o cespitosa sin eje principal del tallo desarrollado.....	43
Foto 2.3.	Plantas de <i>Lupinus</i> de arquitectura matosa.....	44
Foto 2.4.	Fotos de una raíz de <i>L. mutabilis</i> que está ramificada por crecer en un suelo impenetrable.....	46
Foto 2.5.	Ejemplo de heteroblastia en una planta joven y adulta de <i>Lupinus magnistipulatus</i>	51
Foto 2.6.	Ejemplo de tipos de estructura de inflorescencias de <i>Lupinus</i>	52
Foto 2.7.	Inflorescencias de <i>Lupinus</i> mostrando flores de distintos colores.....	52
Foto 3.1.	Muestra de especímenes representativos de las especies estudiadas de la Región Atlántica.....	66
Foto 3.2.	Muestra de especímenes representativos de las especies estudiadas de la Subregión Atlántica.....	67
Foto 3.3.	Muestra de especímenes representativos de las especies estudiadas de la Subregión Andina.....	67
Foto 3.4.	Características de la inserción de pelos en la epidermis.....	69
Foto 3.5.	Características de la inserción de pelos en la epidermis.....	81
Foto 3.6.	Ejemplos de epidermis foliar de especies de la Subregión Atlántica.....	82
Foto 3.7.	Ejemplos de epidermis foliar de especies de la Subregión Andina.....	87
Foto 3.8.	Ejemplos de tipos de estomas de especies representativas de las Subregiones Atlántica y Andina.....	89
Foto 3.9.	Ejemplos de diferentes tipos de epidermis foliares, glabras y papilosas de especies de <i>Lupinus</i> de las Subregiones Atlántica y Andina.....	90
Foto 3.10.	Ejemplos de tipos de densidades de pubescencias foliares de especies de <i>Lupinus</i> de las Subregiones Atlántica y Andina.....	91

Foto 3.11. Muestra en detalles de pelos tricelulares típicos de las especies de <i>Lupinus</i>	92
Foto 4.1. Características morfológicas de semillas de <i>Lupinus albus</i> y <i>L. angustifolius</i>	115
Fotos 4.2. Identificación de la presencia de aréolas cotiledonares.....	117
Fotos 4.3. Corte transversal de aréola cotiledonar de <i>L. albus</i>	118
Fotos 4.4. Morfología de las aréolas en <i>L. albus</i> cv. Rex.....	119
Fotos 4.5. Morfología de las aréolas en <i>L. angustifolius</i> cv. Caro.....	120
Fotos 4.6. Anatomía del cormo de plántulas de <i>Lupinus albus</i> y <i>L. angustifolius</i>	125
Fotos 4.7. Anatomía del pecíolo y de la lámina de <i>Lupinus albus</i> y <i>L. angustifolius</i> ...	128
Fotos 4.8. Epidermis foliar de <i>Lupinus albus</i> y <i>L. angustifolius</i>	131
Fotos 5.1. Plantas de lupinos en contenedores.....	144
Fotos 5.2. Experiencia de evaluación de parcelas experimentales de <i>Lupinus</i>	145
Fotos 5.3. Ensayos con <i>Lupinus angustifolius</i> cv. Caro en contenedores.....	147
Foto 5.4. Parcela experimental de <i>Lupinus angustifolius</i> cv. Caro en el Campo Escuela, FCA.....	148
Foto 5.5. Ensayos con <i>Lupinus angustifolius</i> cv. Caro en el predio del CREAN, FCA.....	149
Foto 5.6. Ensayos con <i>Lupinus angustifolius</i> cv Caro en contenedores.....	152
Foto 5.7. Cosecha de frutos maduros de la parcela experimental en el Campo Escuela de la FCA.....	154

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Tribus y Subtribus asignadas a <i>Lupinus</i> según distintos autores en orden cronológico de sus publicaciones.....	11
Tabla 3.1. Características típicas de la epidermis de las hojas de una muestra de especies nativas, de hojas simples, de la Región Sudamericana, Subregión Atlántica	75
Tabla 3.2. Características típicas de la epidermis de hojas y folíolos de una muestra de especies nativas con heteroblastia o heterofilia de la Región Sudamericana, Subregión Atlántica	78
Tabla 3.3. Características típicas de la epidermis de los folíolos de una muestra de especies nativas de hojas palmati-compuestas, de la Región Sudamericana, Subregión Atlántica	80
Tabla 3.4. Características típicas de la epidermis de los folíolos de una muestra de especies nativas de hojas palmati-compuestas, de la Región Sudamericana, Subregión Andina	86
Tabla 4.1. Dimensiones características de las semillas de <i>Lupinus albus</i> y <i>L. angustifolius</i>	116
Tabla 4.2. Longitudes promedio de hipocótilo, epicótilo, pecíolo y largo y ancho de los folíolos de plántulas obtenidas 20 después de la siembra.....	122
Tabla 4.3. Porcentaje de germinación de los distintos tratamientos de escarificación ...	132

LISTA DE ABREVIATURAS

AC:	Antes de Cristo.
Bs.As.:	Buenos Aires.
CIN:	Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Hongos y Plantas.
cv.:	cultivar de una especie.
CREAN:	Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales.
EEUU:	Estados Unidos de Norteamérica.
FAA:	Formaldehído, Ácido acético, Etanol 96°.
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
L.:	Abreviatura del género <i>Lupinus</i> .
IADIZA:	Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas.
IAF:	Índice de Área Foliar.
ILA:	International Lupin Association (Asociación Internacional del Lupino).
ILAC:	International Lupin Association Conference
ISTA:	International Seed Testing Association.
IPNI:	International Plant Names.
LMCL & FD:	Legume Morphology: Current Knowledge and Future Directions.
LPWG:	Grupo de Trabajo sobre Filogenia de Leguminosas.
MEB:	Microscopio Electrónico de Barrido.
m s.n.m.:	Metros sobre el nivel del mar.
NH3:	Formula del amoníaco.
NH4:	Formula del nitrato de amonio.
TZ:	Cloruro de 2, 3, 5 trifenil tetrazolio.
UICN:	La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
UBA:	Universidad de Buenos Aries.
UNC:	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
UNSa:	Universidad Nacional de Salta.
UNT:	Universidad Nacional de Tucumán.

CÓDIGOS DE LOS HERBARIOS CITADOS

ACOR:	Herbario de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC.
B:	Herbario del Museo y Jardín Botánico de Berlin-Dahlem, Alemania.
BA:	Herbario del Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Bs.As.
BAA:	Herbario de la Facultad de Agronomía, UBA.
CORD:	Herbario del Museo Botánico de la UNC.
DS:	Herbario de la Academia de Ciencia de California, EEUU.
G:	Herbario del Conservatorio y Jardín Botánico de Ginebra, Suiza.
K:	Herbario del Royal Botanical Garden, Kew, Inglaterra).
LIL:	Herbario de la Fundación Miguel Lillo, de la UNT.
MCNS:	Herbario del Museo de Ciencias Naturales, de la UNSa.
MERL:	Herbario del IADIZA, Mendoza.
MO:	Herbario del Jardín Botánico de Missouri, EEUU.
P:	Herbario de Museo Nacional de Historia Natural de París, Francia.
PI:	Herbario de la Universidad de Pisa, Italia.
QCA:	Herbario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador
R:	Herbario del Museo Nacional de Río de Janeiro, Brasil.
SI:	Herbario del Instituto de Botánica Darwinion, San Isidro, Buenos Aires.
UMO:	Herbario de la Universidad de Missouri-Colubia. EEUU.

SIGLAS Y NOMBRE DE BOTÁNICOS AUTORES DE ESPECIES

Benth.	Bentham
Chod. & Hass.	Chodat y Hassler
C.P.Sm.	Charles P. Smith
Gill.	Gilles
D. Dunn	David Dunn
Desr.	Desreaux
E. Fuentes	Elsa Fuentes
Gard.	Gadner
Hass.	Hasser
L.	Linneo
Lindl.	Lindley
Mart.	Martius
Pers.	Pers
Planchuelo	Ana María Planchuelo
Ulbr.	Ulbrig

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN GENERAL SOBRE LEGUMINOSAS Y LAS ESPECIES DE *LUPINUS*

CONTEXTO TAXONÓMICO DE LAS LEGUMINOSAS

Las Leguminosas (Leguminosae en latín), o Fabáceas (Fabaceae en latín) es una familia botánica que reúne a especies arbóreas, arbustivas, hierbas perennes y plantas anuales; son reconocidas por el típico fruto llamado legumbre que deriva de un ovario súpero unicarpelar pluriseminado y generalmente dehiscente. En general poseen hojas alternas, compuestas y estipuladas, aunque hay excepciones de géneros que presentan otros tipos de frutos y tienen hojas simples (Burkart, 1952.). Otra de las características de la familia es la propiedad de fijar nitrógeno atmosférico, a través de los nódulos radicales de las plantas en simbiosis con rizobacterias.

En esta tesis se usa la forma castellanizada Leguminosas como equivalente del nombre Leguminosae que es un nombre conservado, aceptado por el *International Code of Botanical Nomenclature* (Greuter *et al.*, 2000) y el Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Hongos y Plantas (CIN) (Turland *et al.*, 2018), y equivale a la familia botánica Fabaceae, (Fabáceas en español) que deriva del nombre genérico típico *Faba*. La decisión de nombrar a la familia como Leguminosas se basa en el concepto tradicional con el que se la conoce en los tratados agronómicos. También se mantiene la forma castellanizada de las subfamilias típicas, pero se respeta la nomenclatura en latín para las nuevas subfamilias, derivadas de las Leguminosas, dado que nunca fueron tratadas en textos en español y no figuran en la literatura agronómica, ni florística de Latinoamérica. Por otro lado, se utiliza el término "leguminosas" como nombre común para nombrar a todas las especies que pertenecen a la familia Leguminosas.

La familia Leguminosas reúne unos 730 género y 19.400 especies de distribución cosmopolita que la coloca como la tercera familia con mayor número de taxones después de las Asteráceas (Asteraceae) o Compuestas (Compositae), con unos 1.600 géneros y más de 23.500 especies y de las Orquidáceas (Orchidaceae) cuyo número de especies varía

según los especialistas entre 25.000 y 30.000 con numerosos híbridos y variedades comerciales, de ese indefinido número de especies (Lewis *et al.*, 2005).

Debido a los numerosos usos de las especies arbóreas, forrajeras, alimenticias, medicinales, ornamentales y las aplicaciones industriales en las áreas de los alimentos, forrajes, productos maderables, farmacéuticos y de biotecnología, según Lewis *et al.* (2005), Leguminosas es la familia que tienen el mayor valor etnobotánico y de contribución socio-económica a nivel mundial. Además, la característica de fijar nitrógeno atmosférico, que aporta fertilidad al suelo, contribuye a incrementar la producción agrícola de otros cultivos no leguminosos (Planchuelo, 1998; Valderrama Romero *et al.*, 2015).

de Bentham (1865), Taubert (1894), Dalla Torre (1907), Lawrence (1951), Bisby (1981) y Polhill (1994) son consideradas dentro del Orden Rosales, pero Cronquist (1981) la separa en el Orden Fabales. La mayoría de los autores distribuyen los géneros en tres subfamilias: Mimosóideas (Mimosoideae); Cesalpinioideas (Caesalpinioideae) y Papilionoideas o Faboideae (Papilionoideae o Faboideae). La Figura 1.1. muestra los diagramas florales típicos y la fórmula floral de cada una de las subfamilias indicando los ciclos de las piezas florales. Por otro lado, Solereder (1908) y Hutchinson (1926) consideraron a las Leguminosas en tres familias independientes: Caesalpinaceae, Mimosaceae y Papilionaceae y en un Orden especial, Leguminales. Wettstein (1935), reconoce dos familias: Mimosaceae y Papilionaceae, la última de ellas con dos subfamilias: Caesalpinioidea y Papilionoidea; mientras que, Metcalfe & Chalk (1950) en la Anatomía de las Dicotiledóneas consideran cuatro familias incluyendo Krameriaceae como la familia del cuarto lugar.

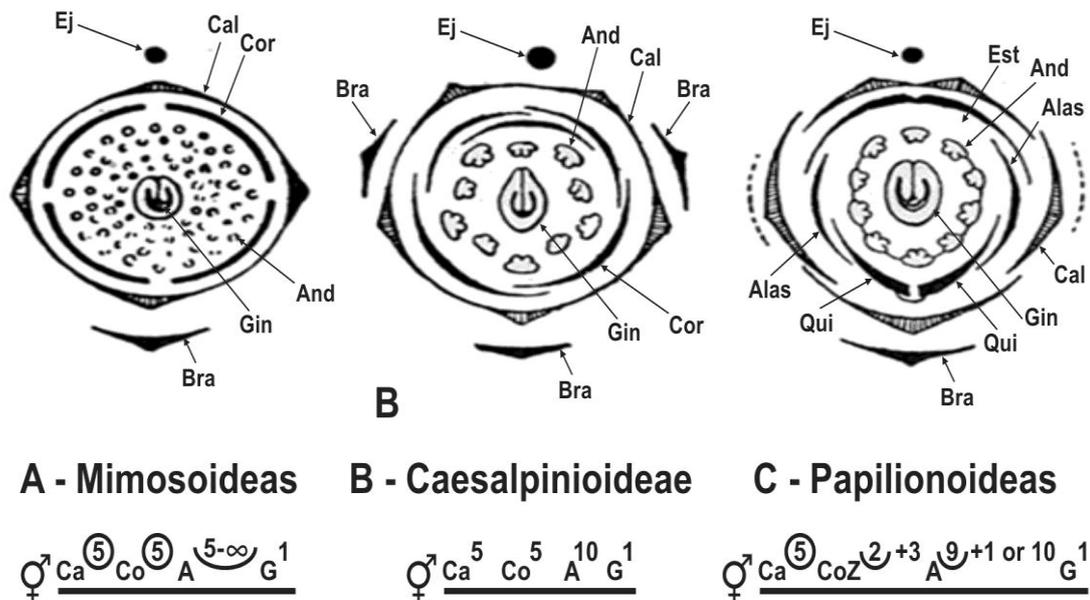


Fig. 1.1. Diagramas florales y fórmula floral típica de las tradicionales Subfamilias de Leguminosas. A, Mimosoideae (*Vachelia caven*); B, Caesalpinioideae (*Cercis siliquastrum*); C, Papilionoideae (*Vicia faba*). Referencias: Ej=eje de inserción de la flor. Bra=brácteas; Cal=cáliz, Cor=corola, And=Androceo, Gin=gineceo, Est=pétalo estandarte, Alas=pétalos de la corola llamados alas, Qui=quilla dos pétalos unidos. Esta lámina fue adaptada de los típicos diagramas florales de los textos botánicos.

El sistema clasificatorio de la familia Leguminosas se viene discutiendo en todos los Congresos Internacionales de Leguminosas y a partir de la VI Conferencia Internacional de Leguminosas, que se realizó en Johannesburgo, Sudáfrica, en enero de 2013, los especialistas concordaron de que era necesario una nueva clasificación que incrementa el número de subfamilias (Wojciechowski, 2013). Las nuevas reuniones internacionales sobre Leguminosas continuaron proponiendo diversas clasificaciones hasta que los recientes progresos en las investigaciones genéticas, permitieron analizar las relaciones de parentesco entre las especies y establecer la distribución de los caracteres morfológicos primitivos y derivados en cada taxón, utilizando matrices de secuenciación de ADN que transportan los códigos genéticos.

Los estudios realizados por el Grupo de Trabajo sobre Filogenia de Leguminosas (LPWG, por sus siglas en inglés), conformado por un grupo de más de 30 expertos, demostraron que la familia como se la consideró hasta ese momento, es extremadamente diversa con una gran diversificación evolutiva en relación a los caracteres morfológicos, fisiológicos y ecológicos (LPGW, 2013 a, b).

Sobre la base de esos estudios se establecieron las relaciones filogenéticas considerando que sólo los grupos monofiléticos debían ser nombrados como rangos taxonómicos lineanos (LPGW, 2013 a, b). Por lo tanto, se construyó una nueva clasificación basada en los resultados cladísticos, que confirmaron que la subfamilia Papilionoideas es monofilética y mantiene su estatus comprendiendo 13.800 especies, la subfamilia Caesalpinioideas es parafilética y comprende 2.250 especies en el clado principal y un menor número de especies dispersas en otros clados menores y finalmente, la subfamilia Mimosoideas, que es claramente monofilética, con 3.270 especies, se inserta como clado entre las Caesalpiniodideas. La Figura 1.2. muestra la distribución de los clados que comprenden los taxones de las Leguminosas y su distribución en subfamilias.

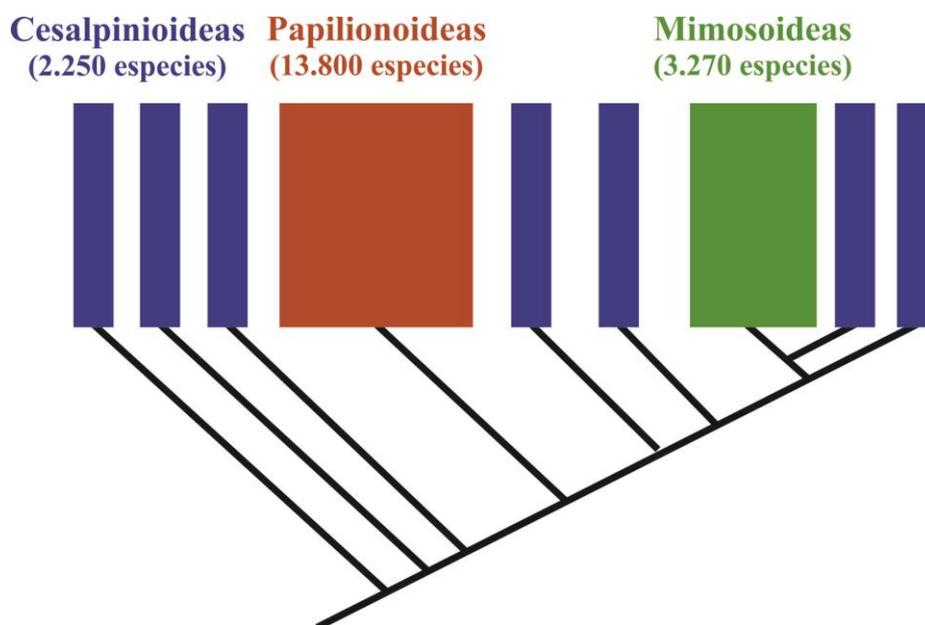


Figura 1.2. Esquema filogenético de las Leguminosas adaptado según los resultados del Grupo de Trabajo sobre Filogenia de Leguminosas (LPWG, 2013a). El género *Lupinus* en este sistema clasificatorio se inserta en el clado de las Papilionoideas representado con color marrón.

Las nuevas propuestas sobre la base de las clasificaciones filogenéticas modernas, que modificaron la Botánica Sistemática tradicional, sufrieron muchas críticas por los botánicos taxonómicos tradicionalistas, por el gran número de subfamilias propuestas y la difícil identificación de los parámetros morfológicos clasificatorios (LLamas & Acedo, 2016).

Como conclusión los autores de los estudios antes mencionados y basados en el análisis de la secuenciación de 81 péptidos de proteínas codificados, dividieron a la familia en varias clasificaciones con diferentes números de subfamilias, entre seis y once y la más aceptada de ellas es la que propone seis subfamilias, a saber: Cercidoideae, Detarioideae, Duparquetioideae, Dialioideae, Caesalpinioideae y Papilionoideae.

La nueva clasificación fue publicada en un número especial de la revista *Taxón* en 2017 (LPWG, 2017), pero las ventajas y desventajas sobre la nueva clasificación siguen vigente entre los especialistas a nivel internacional, con nuevos estudios de grupos de especies que están aún irresueltos sus parentescos.

La Figura 1.3 muestra una simplificación del árbol filogenético que resultó de los estudios realizados por el Grupo de Trabajo sobre Filogenia de Leguminosas (LPWG, 2017), en donde se puede apreciar los nombres de las nuevas seis subfamilias y los géneros que las representan en cada una de las ramas.

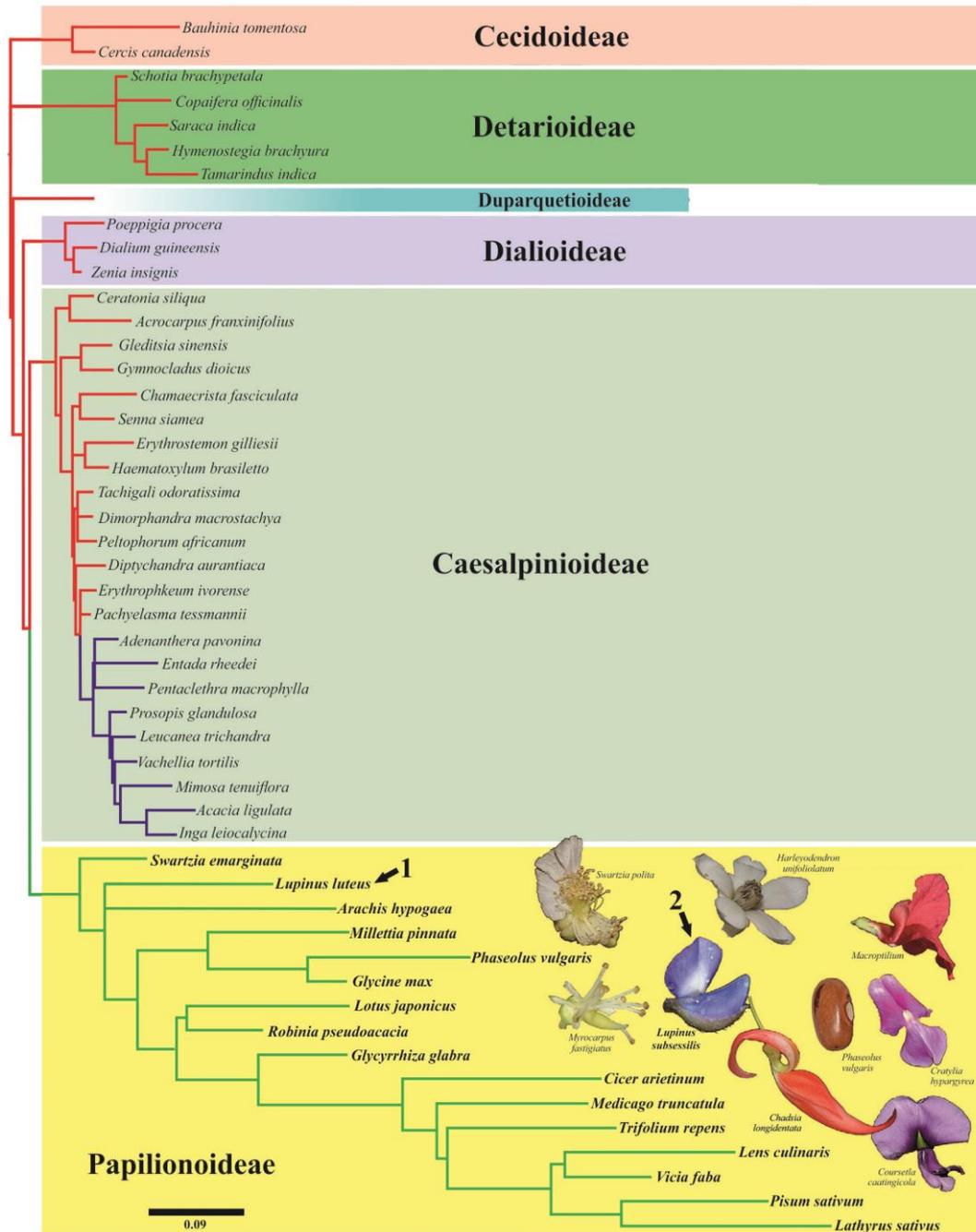


Figura 1.3.- Nueva clasificación filogenética de Subfamilias de Leguminosas según LPWG, 2017. Referencias: Las líneas de las ramas del árbol filogenético muestran las tradicionales subfamilias: en rojo la parafilética subfamilia Caesalpinioideae; en azul el clado de las Mimosoioideae y en verde el de las Papilionoideae. Las nuevas sufamilias están identificadas en los boxes de colores y son seis a saber: Cercidoioideae (rosado), Detarioioideae (verde), Duparquetioideae (con un solo género en celeste verdoso), Dialioioideae (color lila), Caesalpinioideae (gris) y Papilionoideae (amarillo). La flecha 1 señala *Lupinus luteus* y la flecha 2 la flor de *L. subsessilis*.

Como se puede observar en la Figura 1.3. las características de las estructuras florales ya no cuentan como caracteres de valor taxonómico. En el árbol filogenético una de las ramas pertenece *Lupinus luteus* L. (flecha 1), que es el material genético con el que se trabajó en la secuenciación y corresponde a una especie cultivada originaria de la Región Mediterránea y Africana, Subregión Mediterránea de semillas lisas (Fig. 1.4.). En la zona de ilustración de flores representativas de cada subfamilia en la parte de fondo amarillo que corresponde la subfamilia Papilionoideae se muestra una flor de *L. subsessilis* Benth. que es una especie de hojas simples nativa de la Región Sudamericana, Subregión Atlántica (Fig. 1.4.). En la misma publicación (LPWG, 2017) luego se muestran fotos de especies representativas de cada subfamilia y en la página 56 se ilustra una foto de una inflorescencia de *Lupinus weberbaueri* Ulbr. originaria de la Región Sudamericana, Subregión Andina. La muestra de diferentes especies de *Lupinus*, coincide con las muestras de diferentes especies de otros géneros que ilustran dicho trabajo.

En la mayoría de los herbarios, los textos de las floras, las guías de reconocimiento de especies en el campo y otras literaturas taxonómicas siempre mantuvieron la división de la familia Leguminosae en las mencionadas subfamilias que se representan en la Figura 1.1; con los cambios de paradigma de la subdivisión de la familia algunas entidades botánicas están adoptando un nuevo ordenamiento clasificatorio.

TRATAMIENTOS DE LA FAMILIA LEGUMINOSAS EN ARGENTINA

El tratamiento más completo de las especies nativas, introducidas y asilvestradas de Leguminosae que crecen en el territorio argentino es el realizado por Burkart (1952) que divide a la familia en las tradicionales tres subfamilias Mimosoideae con seis tribus y 141 especies, Cesalpinioideae con nueve tribus y 63 especies y Papilionoideae con nueve tribus y 367 especies, lo que conforman un total de 571 especies nativas y 36 introducidas y/o asilvestradas. En toda la literatura de las Floras de Argentina (Cabrera, 1953; Cabrera & Zardini, 1978; Burkart, 1967, 1984, 1987; Hauman, 1984; Kiesling, 2003) y los tratamientos de los géneros de la familia, se siguió la clasificación de Burkart (1952) con ligeras modificaciones en la ordenación, del número de tribus y de especies.

En el moderno Catálogo de las Plantas Vasculares de la Flora del Cono Sur (www.darwin.edu.ar), se trata a las Leguminosas como la Familia Fabaceae y se listan en total 182 géneros y las especies de cada uno de ellos, indicando los países en donde crecen, pero sin divisiones en Subfamilias y Tribus.

DICOTOMÍA EN LA VALORACIÓN DE LOS CARACTERES MORFOLÓGICOS

El Grupo de Trabajo sobre Filogenia de Leguminosas (LPWG, 2017) demostró que la familia Leguminosas es muy compleja y las relaciones filogenéticas no demuestran una correlación morfológica como se consideraba en las clasificaciones tradicionales.

En general, los estudios filogenéticos se basan en secuenciación de materiales genéticos y evaluación de caracteres de primitivismo y de evolución que pueden co-evolucionar o involucionar en distintas ramas de los árboles filogenéticos. Es por esa razón, que los caracteres taxonómicos por excelencia que basan la clasificación en los patrones morfológicos y anatómicos, que determinan las características de las especies, pueden ser patrones atribuidos a cambios ambientales de un mismo o de distinto germoplasma. La combinación de todos los factores genéticos y las variantes de las estructuras morfológicas tienen distintos valores diagnósticos y son factibles de ser usados como expresiones típicas de los taxones que representan, si se estudian en forma integrada.

Debido a la dicotomía de la valoración taxonómica dentro de Leguminosas, se puso en evidencia la falta de una evaluación integral de los caracteres morfológicos diagnósticos que tengan importancia taxonómica y que además, aporten datos de interés a los planes de mejoramiento vegetal de las especies cultivadas. Como consecuencia surgió una nueva corriente de investigación que tuvo su inicio en 2015 con el International Symposium and Workshop “*Legume Morphology: Current Knowledge and Future Directions*” (LMCL&FD), en la *Universidade Estadual Paulista (UNESP)* en Botucatu, São Paulo, Brasil.

Los proyectos que derivan de las nuevas corrientes del Grupo de Especialistas en Leguminosas se publicitan en el *The Bean Bag Newsletter*, editado por Brigitte Marazzi, del *Natural History Museum of Canton Ticino*, Lugano, Suiza y publicado electrónicamente por el servidor del *Royal Botanical Garden* de Kew, Inglaterra. Gran parte de los tópicos que forman parte de este proyecto de tesis fueron informados en varias ediciones entre los años 2009-2019.

Es importante destacar que si bien las ciencias biotecnológicas, como la genómica, la transcriptómica, la metabolómica, la proteómica y los marcadores moleculares, son importantes en el análisis de las interacciones y relaciones de las especies, en *Lupinus* el reconocimiento de una especie entre otras debe hacerse mediante una clara descripción morfológica y el uso de caracteres de diagnóstico clave como los citados por Planchuelo (2011)

UBICACIÓN TAXONÓMICA *LUPINUS* DENTRO DE LA FAMILIA LEGUMINOSAS

El género *Lupinus* y otros relacionados como *Crotalaria*, *Cytisus* y *Spartium*, pertenecen a la Subfamilia Papilionoideas (Faboideae), Tribu Genisteeae *s.l.* siguiendo el criterio de Bentham (1859). Desde entonces, éstos y otros géneros de Genisteeae *s.l.*, han sido tratados taxonómicamente en diferentes tribus conforme a distintos criterios según se muestra en la Tabla 1.1. Algunos grupos de especies han sido reestructurados, muchos géneros recientemente descritos han sido agregados o remodelados con un consiguiente cambio en la distribución tribal. Se trata de una tribu donde la definición natural de sus subgrupos resulta muy difícil de precisar (Fuentes & Planchuelo, 2006). En la Tabla 1.1. se reseñan las principales Tribus y Subtribus en donde fue considerado el género *Lupinus* según los principales tratamientos taxonómicos.

Tabla 1.1. Tribus y Subtribus asignadas a *Lupinus* según distintos autores en orden cronológico de sus publicaciones.

Autor y fecha	De Candolle 1825	Bentham 1865	Taubert 1894	Hutchinson 1964	Bisby 1981
Tribu	Loteae	Genisteae	Genisteae	Lupineae	Genisteae
Subtribu	Genisteae	Spartieae	Spartiinae		Lupininae
Género	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus</i>

Referencias: Las clasificaciones enumeradas corresponden a los trabajos de los botánicos De Candolle (1825), Bentham en Bentham & Hooker (1865), Taubert en Engler & Prant. (1894); Hutchinson (1964); y Bisby en Polhill & Raven (1981).

PROBLEMÁTICA TAXONÓMICA DE *LUPINUS*

Lupinus deriva del término latino *lupus* (lobo) usado desde la antigüedad como nombre vernáculo para designar a las especies de “lupinos”, debido que se consideraba que las plantas disminuían los nutrientes del suelo porque crecen en zonas en donde no hay vegetación. Conocimientos posteriores demostraron que en realidad son plantas pioneras en la colonización de dunas (Fuentes & Planchuelo, 2000) y en áreas modificadas por ejemplo, en donde se destruyó la cobertura vegetal por erupciones volcánicas (Findley & Raymer, 1981). La función como plantas pioneras en suelos pobres está relacionada por la capacidad de la fijación de nitrógeno atmosférico y la movilización de fósforo que enriquecen el suelo para que luego puedan ser colonizadas por otras especies (Fuentes & Planchuelo, 2000, Planchuelo *et al.*, 2015). Taxonómicamente *Lupinus albus* L. es considerada la especie tipo del género.

Durante el siglo XVIII varios naturalistas exploraron y recogieron plantas en el continente Americano. Las plantas colectadas y herborizadas fueron depositadas en las colecciones de entidades europeas, como consecuencia, los botánicos ingleses, alemanes y franceses tuvieron la oportunidad de describir nuevas especies oriundas del Nuevo Mundo y por lo tanto, el número de especies de *Lupinus* aumentó rápidamente (Planchuelo, 1982).

Los nombres científicos a nivel de especie en la actualidad se elevan a un rango de entre 1500 y 1700 siendo la mayoría de los nombres atribuidos a Charles P. Smith quién entre 1938 y 1953 publicó en forma privada una serie de cuadernillos impresos titulados *Species Lupinorum* (Smith, 1938-1953). Estas publicaciones están escritas en latín con algunos comentarios en inglés y se dividen en distintos capítulos denominados *Signatures* que agrupan distintas secciones denominadas *Papers* que están numerados correlativamente y que a su vez tienen agregados que se llaman *Miscellany* que son comentarios o agregados a temas tratados en otras *Signatures*. El tratamiento de las especies de *Lupinus* de cada país a veces está distribuido en distintos "*Paper, Signature y/o Miscellany* y toda la estructura de las publicaciones es caótica porque no sigue una tabla coherente de contenidos y fechas.

Hasta la actualidad no se cuenta con una monografía universal del género pero sí se sabe que dado las incoherencias taxonómicas de los trabajos de C. P. Smith muchos de los nombres científicos van a caer en la sinonimia de otros taxones y el número de taxones válidos que varía según los autores entre 200–500 (Dunn & Gillett, 1966), 300 y 400 especies (IBPGR, 1981), 200-600 (Käss & Wink, 1996, Planchuelo, 1978, 2011), cerca de 280 (Eastwood *et al.* 2008).

Una de las metodologías para poder determinar la validez de una especie es el estudio de los materiales tipos, preferentemente los holotipos de cada taxón y compararlo con materiales tipos y ejemplares de herbario de especies afines. De esa manera se puede interpretar las posibles variaciones morfológicas, verificar si son o no afines y si corresponde o no mantener los nombres científicos como especies válidas o crear una sinonimia con validez solo del nombre más antiguo legítimamente publicado. Parte de ese trabajo se realizó en los herbarios de los Jardines Botánicos de Kew, Inglaterra y Berlín, Alemania.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESPECIES DE *LUPINUS*

El género *Lupinus* incluye un dinámico grupo de especies que crecen desde el nivel del mar hasta los 4.000 m s.n.m., en regiones templadas, zonas árticas, sub-árticas y alpinas en regiones montañosas tropicales y subtropicales. Su distribución es netamente americana con sólo doce especies originarias de las regiones vecinas al mar Mediterráneo de Europa, Asia y África (Planchuelo-Ravelo, 1984). No existen especies nativas en el continente asiático, ni en Australia e islas del Pacífico, las especies que crecen silvestres en el norte de Europa, y Nueva Zelanda, fueron introducidas y asilvestradas. Australia no tiene especies nativas pero es el mayor productor de *L. angustifolius* L. de origen europeo.

Como resultado de una evaluación de numerosos materiales de herbario Planchuelo-Ravelo, (1984) y Planchuelo (1994) reconoció tres centros de especiación denominados Regiones que a su vez se dividen en Subregiones (Fig. 1.4).

La Región Mediterránea y Africana tiene 12 Subregiones entre las cuales se encuentran las especies cultivadas para grano (*L. albus*, *L. angustifolius* y *L. luteus* L.); la Subregión Africana es la única zona que posee especies con cubierta seminal rugosa. La región Norte-Centroamericana posee numerosos complejos taxonómicos en la Subregión Oeste y Montañosa y seis especies de hojas simples en la Subregión Sudeste. La Región Sudamericana es el área que posee mayor biodiversidad de especies siendo la Subregión Andina el área de distribución de *L. mutabilis* Sweet y de sus numerosas especies afines, la Subregión Atlántica se caracteriza por poseer especies de hojas simples y compuestas.

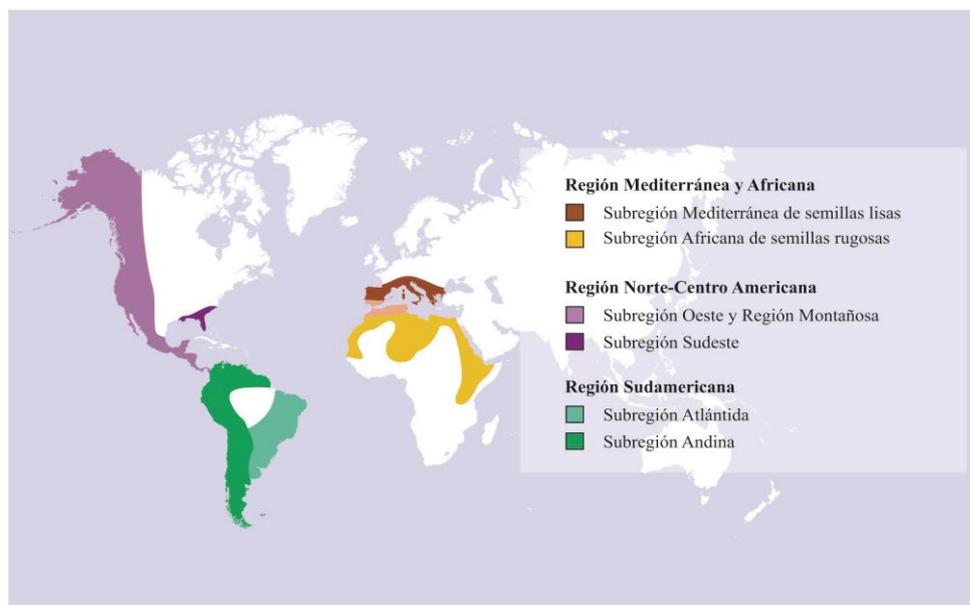


Figura 1.4.- Mapa esquemático mostrando la distribución de los Centros de Especiación del género *Lupinus*. Se indica la distribución de las especies que identifican a cada Región y Subregión. La única área de superposición de especies en dos Subregiones en las zonas vecinas al mar Mediterráneo que está marcada con un color rosado. Lámina adaptada de Planchuelo (1994).

En el territorio argentino crecen las especies de las dos Subregiones de la Región Sudamericana. La Subregión Atlántida se extiende a lo largo de la costa atlántica, las tierras altas centrales de Brasil; el territorio del Paraguay; las provincias del noreste de Argentina, especialmente las zonas costeras y fluviales de los ríos Paraná y Uruguay y una zona del sur de Buenos Aires. Se caracteriza por tener la mayoría de las especies de hojas simples, una especie con hoja simple y compuesta en la planta adulta (*L. paraguariensis* Chod. & Hass.), un pequeño grupo con hoja simple en la etapa juvenil, un taxón con tres folíolos y varias especies de hojas compuestas perennes y anuales polimórficas.

La Subregión Andina se extiende a lo largo de la costa del Pacífico, los Andes y sus valles, las montañas norte-oeste y central argentina y las llanuras orientales de la Patagonia al extremo sur en la isla de Tierra del Fuego. Se caracteriza por tener la mayor diversidad morfológica de hábito de plantas con especies totalmente postradas hasta arbustivas, además es la que presenta los mayores dilemas taxonómicos por la gran cantidad de nombres científicos publicados.

EL TRATAMIENTO DEL GÉNERO *LUPINUS* EN ARGENTINA

Para la flora de Argentina las primeras citas de especies de *Lupinus* fueron tres especies para la flora de Córdoba (Seckt, 1929-1930), luego entre 1943 y 1944 se describieron nuevas especies en la publicación *Species Lupinorum. Signature 21* (Smith, 1943-1944). Las obras florísticas publicadas hasta el momento tratan solamente las especies que crecen en la zona comprendida en dicha Flora.

El libro "Las Leguminosas Argentinas Silvestres y Cultivadas" (Burkart, 1952) proporciona una clave para la identificación de varias especies nativas del noreste argentino, menciona varias especies de la zona montañosa del noroeste y da una clave para la identificación de varias especies introducidas y cultivadas especialmente en la región del lago Nahuel Huapi. La única monográfica para la Argentina es la de Planchuelo (1978), que se basa en una extensa revisión de tipos que permitió corregir los errores de especies de Smith (op. cit) y reducir de los 86 nombres científicos publicados hasta ese momento a 36 especies válidas taxonómicamente. Los trabajos posteriores (Dunn & Planchuelo, 1981; Planchuelo & Dunn, 1984; Planchuelo & Dunn, 1989, Planchuelo & Fuentes, 2001) incorporaron nuevos taxones que son reconocidos internacionalmente.

IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LUPINOS EN EL MUNDO

Las especies graníferas del género *Lupinus* conocidas con los nombres de lupinos, lupines, chochos o altramuces, se cultivaban en la antigüedad en la región vecina al mar Mediterráneo, por sus semillas ricas en proteínas y aceites y por ser mejoradoras de suelos. Se ha demostrado que los "lupinos", probablemente *L. albus*, eran cultivados por civilizaciones antiguas como la de Egipto (Hederick, 1972), la de Grecia (Teofrasto 372-287 AC, trad. 1948) y la de los romanos (Cato, trad. 1933) y Columela (trad.1930). Otro antecedente está documentado en Maurizio (1932) que incluye al género *Lupinus* entre las 45 leguminosas cultivadas en la prehistoria (Planchuelo, 1978; Beirao da Costa, 1994).

. Los granos son usados en la alimentación humana para encurtidos, como porotos en guisos, harinas, alimentos para bebés, sucedáneos del café y como medicinal. Para la alimentación animal el grano se utiliza sólo, en mezcla de alimentos balanceados o en tortas forrajeras. La planta puede ser incorporada al suelo como abono verde o consumida como forraje o ensilada

A pesar de que el cultivo de los lupinos es más antiguo que el de la soja y otras legumbres, no prosperó en tiempos modernos, como los volúmenes de producción de la soja, por contener alcaloides que le dan un sabor amargo a los granos y que en altas concentraciones son tóxicos (Planchuelo, 1978, 1982). Los granos amargos para ser utilizados como alimento deben ser tratados por procedimientos de lavado con agua para sacar los alcaloides que son hidrosolubles. A través del tiempo las especies europeas han tenido un proceso de selección por el primitivo agricultor y luego por especialistas en mejoramiento vegetal, que las condujo a incrementar el tamaño de las semillas y a lograr variedades “dulces” sin alcaloides o con un muy bajo contenido no tóxico

Por otro lado, el lupino andino, *L. mutabilis* Sweet, conocido por los nombres de tarwi, tarhui, tauri y chocho es una especie nativa de los Andes centrales que crece entre los 2500 a 3800 m.s.n.m. Esta especie fue mejorada y cultivada por la civilización Incaica (Antúnez de Mayolo 1982; Tapia 2015) y utilizada de igual manera que las especies europeas (Planchuelo, 1978). Esta especie está aún en trabajos de mejoramiento vegetal para lograr variedades totalmente dulces sin alcaloides ya que las que se han logrado solo mantienen el carácter por una generación. Es por esa razón que, si bien se han diseñado métodos semi-industriales de des-amargado de los granos de *L. mutabilis*, (Mohr, 1988; Prieto *et al.*, 2019), desde la antigüedad hasta nuestros días se siguen des-amargando los granos en bolsas que se colocan en los causes de arroyos en donde permanecen por varios días. La Foto 1.1 muestra esa práctica en un arroyo en la zona de Cochabamba (Bolivia), en 2019 (com. per. y fotografía de Ana M. Planchuelo).



Foto 1.1. Método tradicional de desamargado de especies de tarwi o chocho (*Lupinus mutabilis*). Bolsas conteniendo granos de tarwi amargo en el curso de un arroyo en la zona de los valles a inter-andinos de Colomi, cerca de Cochabamba, Bolivia.

Desde los últimos 15 años el mercado mundial de lupino está ampliamente dominado por la producción de Australia que ha aportado alrededor de 85% del lupino producido en todo el mundo (Meldrum, 2015). Después de Australia, la Unión Europea (27 países), como conjunto, ocupa el segundo lugar, con aproximadamente, al 5% de la producción mundial y a continuación, con una participación menos significativa, se ubican Bielorrusia, Chile y la Federación Rusa (Aguero Teare, 2008).

En un estudio comparativo de los granos en el mercado internacional, la situación actual de los lupinos, como casi todos los otros granos de Leguminosas están completamente relegados por la predominancia de la soja. Datos de la FAO (www.fao.org/statistics/) muestran que la soja representa el 37 % del área total de Leguminosas cultivadas para grano y casi el 58 % del total de la producción. El resto está repartido entre el cultivo de maní con el 14 % del área y el 10 % de la producción y las legumbres (porotos y afines) con el 49 % de área y 32 % de la producción. Considerando el total de las legumbres para consumo humano como las arvejas, porotos, garbanzos, lentejas, habas y otros, sólo 3 de ellas se encuentran entre el 5 y 10 % de la producción; ellas son: los porotos comunes (*Phaseolus vulgaris* L.) con 9,5 %, las arvejas (*Pisum sativum* L.) con alrededor del 6 % y los garbanzos (*Cicer arietinum* L.) con 5 % de producción. El conjunto de las cuatro especies de lupinos cultivables alcanzan solamente el 0,8 % del área y el 0,5 % de la producción del total de granos de leguminosas.

Dada la poca difusión del cultivo de lupinos en los mercados internacionales, la *International Lupin Association* (ILA), desde su constitución en 1980 continúa bregando por la difusión de los conocimientos sobre las especies de género, en todos los aspectos científicos, agronómicos, comerciales, económicos y sociales para que considerando el potencial del lupino como producto en la alimentación humana, animal y para otros usos no alimentarios, lleguen a crearse las condiciones de su éxito como un cultivo competitivo con la soja.

Para lograr esos objetivos la ILA organiza conferencias internacionales a las cuales convoca a investigadores de todo el mundo a presentar los resultados de sus investigaciones. Los avances de las investigaciones están plasmadas en los libros de los *Abstract of International Lupin Conferences* que reúnen los trabajos presentados y que cubren las siguientes áreas temáticas: Recursos genéticos, Taxonomía, Mejoramiento vegetal, Composición química de plantas y semillas, Aspectos agronómicos del cultivo, Nutrición humana y animal, Usos farmacéuticos y en medicina y tecnología en general. Además la ILA, auspicia la edición de libros editados por los diferentes miembros de su Comité Científico que reúne algunos de los principales trabajos presentados en las conferencias. La secuencia de las *International Lupin Association Conference* (ILAC) son las siguientes:

- ✓ I ILAC, 1980, Lima-Cusco, Perú. Publicó el libro: *Proceedings I Lupin Conference*, Editado por Rainier Gross.
- ✓ II ILAC 1982, Torremolinos, España. Publicó el libro: *Proceedings II Lupin Conference*, Editado por Luis Bellido.
- ✓ III ILAC, 1984, La Rochelle, Francia. Publicó el libro: *Actes du IIIe Congrès International du Lupin*. Editado por los miembros del Comité Científico
- ✓ IV ILAC, 1986, Geraldton, Western Australia. Publicó el libro: *Proceedings of the IV International Lupin Conference*. Editado por los miembros del Comité Científico.

- ✓ V ILAC, 1988, Poznan, Polonia. Publicó el libro: *Proceedings of the V International Lupin Conference*. Editado por los miembros del Comité Científico.
- ✓ VI ILAC 1900, Temuco-Pucón, Chile. Publicó el libro: *Proceedings, 6th International Lupin Conference*. Editado por: Dietrich von Baer. Asociación Chilena del Lupino.
- ✓ VII ILAC 1993, Evora, Portugal. Publicó el libro: *Advances in Lupin Research*. Editado por: Joao Neves Martins, & María L. Beirao Da Costa. ISA-Press. Lisboa.
- ✓ VIII ILAC 1996, Asilomar, California, EEUU. Publicó el libro: *Proceedings VIII International Lupin Conference*. Editado por los miembros del Comité Científico.
- ✓ IX ILAC 1999, Klink-Muritz, Alemania. Publicó el libro: *Proceedings IX International Lupin Conference*. Editado por los miembros del Comité Científico.
- ✓ X ILAC 2002, Laugarwtn, Islandia. Publicó el libro: *Wild and cultivated lupins from the tropics to the poles*. Editado por: E. van Santen E and G. D. Hill.
- ✓ XI ILAC, 2005. Guadalajara, Méjico. Publicó el libro: *México, Where Old and New World Lupins Meet*. Editado por: E. van Santen and G.D. Hill. Canterbury, New Zealand.
- ✓ XII ILAC, 2008. Fremantle, Western Australia. Publicó el libro: *Lupins for Health and Wealth*. Editado por: Jairo A. Palta and Jens D. Berger
- ✓ XIII ILAC, 2011. Poznan, Polonia Publicó el libro: *Lupin Crops an Opportunity for Today, a Promise for the Future* Editado por: B. Naganowska, P. Kachlicki and B Wolko.
- ✓ XIV ILAC, 2015. Milano, Italia. Publicó el libro: *Developing Lupin Crop Into a Major and Sustainable Food and Feed Source*. Editado por: J. Capraro, M. Duranti, M., C. Magni and A. Scarafoni. Genova, Italia.
- ✓ XV ILAC, 2019. Cochabamba, Bolivia. Después de esta conferencia, una nueva revista científica *Advances in Lupin Science*, estará disponible para publicar los artículos de los trabajos presentados en las Conferencias de Lupinos, habiendo sido designados como responsables de la edición M. Wink y A. M. Planchuelo.

En las dos últimas ILAC (2015, 2019) se analizó las secuencias de las investigaciones sobre lupinos en todas las áreas de las ciencias y se evidenció la necesidad de una recopilación de los estudios realizados para evitar la repetición de las temáticas y profundizar las deficientes. Una de las propuestas fue realizar revisiones bibliográficas que sirvan de base para posteriores proyectos de investigación con miras a los planes de mejoramiento vegetal y de apoyo a nuevas propuestas agroindustriales productivas. Los especialistas en cada área de investigación del Comité Editor de la revista científica *Advance in Lupin Science* que auspicia la International Lupin Association, se van a encargar de la compilación de trabajos para editar un número especial de dicho journal.

SITUACIÓN DEL CULTIVO DE LUPINOS EN ARGENTINA

Según la recopilación de información estadística sobre lupinos cultivados (Planchuelo, 1998), en los archivos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Nación, figuran datos de área cultivada, área cosechada, rendimiento y producción, por provincia y departamento para el cultivo de lupino desde el año 1943 hasta 1984. No se especifica la especie pero por los antecedentes agrícolas se trata de variedades amargas de *L. albus*. Es posible que el destino de la producción haya sido para consumo humano como "pickle", suplemento forrajero y abono verde. En los años 1943-45 figuran las provincias de: Mendoza con 6 ha, Santa Fe con 1000 ha en el Departamento Rosario, 400 ha en el Departamento Constitución y 125 ha en el Departamento San Lorenzo; Buenos Aires figura con menos de 10 ha repartidas entre los Departamentos de Ramallo y San Nicolás. A partir de 1950 el cultivo se restringe a la provincia de Santa Fe en los Departamentos de Constitución, San Lorenzo y Rosario, con superficies que no superan las 100 ha. Los rendimientos oscilaron entre 1200 y 1600 kg/ha, registrándose un mínimo de 800 kg/ha en los años 1963 y 1968 y un máximo de 1800 kg/ha en 1944. A partir de 1984 la información sobre lupinos del Código de Nomenclaturas de Mercaderías de Comercio Exterior. fue registrada junto con la de otros cultivos bajo la denominación de cultivos hortícolas bajo el nombre de "Lupinas" con el Código 0713.90. En ese Código se engloba a todas las "Legumbres secas desvainadas, incluso mondadas o partidas" y los "altramuces" (nombre de los lupinos en España) con el Código 1214.90 que incluye a "nabos forrajeros, altramuces. y productos similares, incluso pellets" (Planchuelo, 1998).

En Argentina no existen antecedentes de cultivos extensivos, salvo pequeñas superficies de *L. albus* destinadas al consumo local, sin embargo, el Proyecto Lupinos llevado a cabo por el equipo de trabajo del Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Córdoba determinó que el cultivo del lupino blanco tiene un gran potencial de expandirse en toda las áreas trigueras en la medida que se logren adaptar o mejorar variedades dulces a las condiciones agro-ecológicas reinantes (Ravelo *et al.*, 1997; Ravelo & Planchuelo, 1999). Por otro lado, los lupinos pueden dar rentabilidad a áreas marginales (suelos arenosos, pobres y/o ácidos), en donde no es posible realizar otros cultivos (Ravelo *et al.*, 1997).

Asimismo, siendo los lupinos cultivos invernales, pueden ser una interesante alternativa para áreas que han incorporado instalaciones de riego para cultivos estivales, de forma de utilizar el equipamiento disponible en épocas de descanso de los lotes. Por lo tanto la incorporación de los lupinos en las rotaciones de áreas irrigadas permitiría amortizar más rápidamente los gastos de instalación del sistema de riego (Ravelo & Planchuelo, 2003, 2006).

En la actualidad, los granos de lupinos que se comercializan en herboristerías y negocios de productos dietéticos como medicinales, así como los que se utilizan para la producción de píldoras de usos terapéuticos (para combatir el ácido úrico y el colesterol) y los que se procesan como pickles, son de variedades amargas de *L. albus* que se importan de Chile (Planchuelo, 2007, Planchuelo, 2019).

En un corto período de los últimos dos años un nuevo emprendimiento agro-productivo llamado "Alimentos Épicos" dirigido por el productor y empresario Ing. Agr. Ignacio Fariña está enfocado en el cultivo y en productos manufacturados con lupino blanco (*Lupinus albus*) y lupino azul o de hojas angostas (*L. angustifolius*) está en pleno desarrollo en la zona de Ayacucho, provincia de Buenos Aires. Resultados preliminares de ese emprendimiento se dio a conocer en la última 2019 ILAC en Cochabamba, Bolivia (Fariña *et al.*, 2019) y permitió integrar un nuevo equipo de trabajo con el objetivo de promover los cultivos y los usos de los lupinos en Argentina, tal como se perfiló en el proyecto de esta tesis.

FUNDAMENTOS DE LA NOMENCLATURA ADOPTADA PARA PLANTAS SILVESTRES Y CULTIVADAS

PARA ESPECIES SILVESTRES

Como consecuencia de los cambios de paradigmas en las clasificaciones taxonómicas dentro de la Familia Leguminosas, y los cambios nomenclaturales que sufren los taxones, debido a los diferentes criterios de sinonimias de algunos autores, en esta tesis se utiliza la nomenclatura científica de géneros y especies que figuran en la Flora del Cono Sur (<http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina>) que se encuentra en el Dominio del Instituto Darwinion de Argentina (consulta permanente) y el Banco de datos producido por *The Plant List, A Working List of All Plant Species* (<http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Leguminosae/Lupinus/>); *Taxonomic Expert Networks*, (página de consulta permanente).

PARA PLANTAS CULTIVADAS

Debido a los diferentes criterios entre la nomenclatura de especies silvestres que se rige por el Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Hongos y Plantas (CIN) (Turland *et al.*, 2018) y el de plantas cultivadas que se rige por el Código Internacional de Nomenclatura para Plantas Cultivadas (ICNCP por sus siglas en inglés) (Brickell *et al.*, 2009) y las diferentes reglamentaciones de los países para establecer los registros de la Propiedad de los Cultivares, que en algunos países se rige por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales y en otros se utilizan registros nacionales solamente, en esta tesis se utiliza el término de cultivar para nombrar a todos los tipos de semillas que se han usado en los ensayos experimentales, independientemente si proviene de selección masal, hibridación o mejoramiento genético transgénico.

HIPÓTESIS

Teniendo en cuenta que los caracteres morfo-anatómicos diagnósticos de especies silvestre y cultivadas de *Lupinus* pueden ser usados como expresiones típicas de los taxones que representan y que los ensayos experimentales de cultivares son importantes para la introducción de un cultivo a nuevos sistemas agrícolas se plantea las siguientes afirmaciones como hipótesis de trabajo.

Los caracteres morfo-anatómicos de las partes constitutivas de las plantas, semillas y plántulas de las especies de *Lupinus* sirven para interpretar la diversidad morfológica del género y las relaciones entre las especies silvestres y cultivadas; aportan descriptores de germoplasma de interés para los planes de mejoramiento vegetal y para la identificación de especies amenazadas de la Lista Roja de la UICN.

Los ensayos experimentales con semillas de especies cultivadas de *Lupinus* sirven para tener un patrón de comportamiento, de los cultivares ensayados en los ambientes agrícolas en donde se considera propicio implantar un nuevo cultivo a gran escala.

OBJETIVOS GENERALES

Realizar un análisis morfológico de caracteres vegetativos, florales, anatómicos de pubescencia foliar y de semillas que tengan valor diagnóstico en especies silvestres de *Lupinus* para contribuir con la interpretación de la biodiversidad del germoplasma, la identificación de las especies amenazadas y los planes de mejoramiento vegetal.

Realizar estudios morfoanatómicos comparativos de semillas y plántulas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius* y ensayos experimentales de ésta última especie para aportar información de valor a los planes de introducción de los cultivos en sistemas agrícolas de Argentina

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Evaluar los caracteres morfológicos, los aspectos ecológicos y de distribución de especies silvestres de *Lupinus* para contribuir con información de valor diagnóstico a la categorización de las especies en las Listas Rojas y en los descriptores de germoplasma.
- ✓ Estudiar las estructuras foliares de hojas simples y compuestas de plantas adultas de especies silvestres de *Lupinus*, para establecer si las características y la variabilidad de las estructuras de la epidermis adaxial y abaxial, junto con la densidad de la pubescencia son válidas como caracteres claves en la identificación de las especies.
- ✓ Realizar un análisis comparativo de las características de las semillas, investigar si hay presencia de aréolas cotiledonales y caracterizar la morfo-anatomía de las plántulas de cultivares de lupino blanco (*Lupinus albus*) y lupino azul o de hojas angostas (*L. angustifolius*) que son las más promisorias para ser cultivadas en Argentina, así como evaluar diferentes metodologías de escarificación de semillas de especies silvestres de valor ornamental.
- ✓ Realizar estudios de morfología y comportamiento de plantas de un cultivar promisorio de lupino de hojas angostas (*Lupinus angustifolius* L.) en contenedores bajo cubierta y a campo en parcelas experimentales en el área de Córdoba, como una etapa preliminar y de interés para planear futuros ensayos de siembras continuadas en otras regiones agrícolas del país.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aguëro Teare, T., 2008. El cultivo del lupino y su mercado. ODEPA. <https://odepa.gob.cl>
- Antunez de Mayolo, S., 1982. Tarwi in Ancient Peru», en R. Gross y E. S. Bunting, Agricultural and Nutritional Aspects of Lupines. Proceedings I Inten. Lupine Workshop: 2-11. Lima-Cuzco, Perú. 1980.

- Atchison, G.W.; Nevado, B.; Eastwood, R.J.; Contreras-Ortiz N.; Reynel, C.; Madriñán, S.; Filatov, A. and Hughes, C.E. 2016. Lost crops of the Incas: Origins of domestication of the Andean pulse crop tarwi, *Lupinus mutabilis* American J. Botany 103 (9): 1592– 1606 <http://www.amjbot.org/> © 2016 Botanical Society of America
- Beirao Da Costa, M.L. 1994. Lupin Tehnology: A perspective. Advances in Lupin research. Neves-Martins & M. L. Beirao Da Costa Eds. pág.500-502.
- Bentham G. 1859. Leguminosae. In: Martius P.von, Eichler A.W., Urban I. Flora Brasiliensis. *Lupinus* 15 (1)(24): 9-16.
- Bentham, G. 1865. Leguminosae. Pp. 434–600 in: Bentham, G. & Hooker, J.D. (Eds.), *Genera plantarum*, vol. 1(2). Londini [London]: venit apud Lovell Reeve. <https://doi.org/10.5962/bhl>
- Bisby, F.A. 1981. Genisteae (Adans.) Benth. In: Polhill, R.M. & Raven, P.H. (Eds.), Advances in Legume Systematics 1. Royal Botanic Gardens, Kew. pp. 409-425
- Brickell, C.D., Alexander, C., David, J.C., Hetterscheid, W.L.A., Leslie, A.C., Malecot, V. and Xiaobai, J. 2009. International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. 8th Edtl International Society for Horticultural Science. Scripta Horticulturae 10:1-184.
- Burkart, A. 1952. Las Leguminosas Argentinas silvestres y cultivadas. 2º ed. Ed. Acme. Buenos Aires. 569 pp
- Burkart, A. 1967. Leguminosae. En Cabrera, A.L. (Ed.). Flora de la Provincia de Buenos Aires, Parte 5. Dicotiledóneas Gamopétalas, Ericáceas a Caliceráceas. 434 pp. Colección Científica INTA Tomo 4. Edit. INTA. Buenos Aires.
- Burkart, A. 1984. Leguminosae, En Correa, M.N. (Directora). Flora Patagónica Parte 4b, 1984. Dicotiledóneas Dialipétalas (Droseraceae a Leguminosae). 309 pp. Colección Científica INTA: Vol. 8
- Burkart, A. 1987. Leguminosae En N. Troncoso & N.M. Bacigalupo (Eds.) Flora Ilustrada de Entre Ríos (Argentina. Parte III. Dicotiledóneas. Arquiclamídeas. A. Salicales a Rosales (Incluso Leguminosae) INTA Buenos Aires 763 pp.
- Cabrera, A.L. 1953. Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires. Edit. ACME. Buenos Aires. 589 pp.
- Cabrera, A.L. & Zardini, E.M. (Eds). 1978. Manual de la flora de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires. Edit. ACME. 256 pp.
- Cato, M.P.C. 1933. On Farming, by Cato the Censor, translated by F. Brehaut. Columbia Univ. Press, New York.
- Collumella, L.J.M. 1930. De Cultu Hortorum, translated by H. B. Ash, Philadelphia.
- Cronquist, A 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. New York ISBN 9780231038805
- Dalla Torre, K.W. and Harms H. 1900-1907. Genera Siphonogamarum ad Systema Englerianum conscripta. Weinhb/Bergstr.
- de Candolle, A.P. Leguminosae.1825. Prodrromus Systemati Naturalis Regni Vegetabilis Vol. 2: 406-410. Paris.
- Dunn, D.B. and Gillett, J. 1966. Lupines of Canada and Alaska. Canada Departament of Agriculture Monograph 2: 1-89 pp. Queen's Press, Ottawa, Canada

- Dunn D.B. and Planchuelo A.M, 1981. *Lupinus heptaphyllus* (Velloso) Hassler vs. *Lupinus hilarianus* Benth. *Taxon* 30 (2): 464-470. I
- Eastwood, R.L. and Hughes, C.E. 2008. Origins of domestication of *Lupinus mutabilis* in the Andes. In: Palta, J. A. and Brger, J. E. Eds. *Lupins for Health and Wealth. Internationala. Lupin Association, Canterbury New Zealand, PP373-379*
- Fariña, I.; Merlo, L.R.; Merlo, T. and Valdez, A. 2019, Performance evaluation of two lupin species in the Pampean Region of Argentina. . Book of Abstracts XV International Lupin Conference: 155-156. Cochabamba, Bolivia 18-22 Marzo 2019
- FAO Food and Agronomy Organization (www.fao.org/statistics/) (consulta permanente)
- Findley, R. and Raymer, S. 1981. Mount St. Helens Aftermath. *National Geographic Magazine* 160(6): 713-733.
- Fuentes, E. and Planchuelo, A.M. 2000. Wild lupins as pioneers of riverside sand banks. In, van Santen, E., M. Wink, S. Weissmann, and P. Röemer (Eds). *Lupin, an Ancient Crop for the New Millenium*: 316-319. ISBN 0-86476-123-6. pp. 481, Auburn USA
- Fuentes, E. and Planchuelo, A.M., 2006. Phytochemical characterization of wild and cultivated species of *Lupinus* in relation with species of others genera of Genisteeae (Fabaceae). In E. van Santen & G. Hill (Eds). *Where Old and New World Lupins Meet*: 108-117. ISBN 0-96476-165-1.
- Greuter, W., McNeill, J.R. Barrie, F.R. Burdet, V., Demoulin, V., Filgueriras, T.S. Nicolson, D.H., Silva, P.C., Skog, J.E., Thehane, P. and Turland, N.J. 2000. *International Code of Botanical Nomenclature (St. Louis Code)*. Gantner/Koeltz
- Hauman, L. 1984 Los géneros de fanerógamas de Argentina, claves para su identificación En Hunziker, A.T., (Ed), *Los géneros de fanerógamas de Argentina, claves para su identificación*. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Vol. 23 (1-4): 1-384.
- Hederick, V. P. Ed. 1972. *Sturtevant's edible plants of the World*. Dover Publications, Inc., New York.
- Hutchinson, J. 1926 *The Families of Flowering Plants*. 2 Vols. London
- Hutchinson, J. 1964. *The Genera of Flowering Plants*, Vol. 1. Clarendon Press, Oxford.
- International Board Plant Genetic Resources, 1981. *Lupin Descriptors*, Roma, 68 pp.
- Käss, E, and Wink, M. 1996. Molecular phylogeny and phylogeogra'hy of *Lupinus* (Leguminosae) inferred from nucleotide sequences of the rbcL gene and ITS1 2 regions of rDNA, *Pl. Syst. Evol.* 208. 139-167.
- Kiesling, R. 2003. *Flora de San Juan. República Argentina. Volumen II. 2003: Dicotiledóneas Dialipétalas. (Oxalidáceas a Umbelíferas)*. Edit. SIGMA. Buenos Aires. 255 pp. Edit. Fundación Universidad Nacional de San Juan. San Juan.
- Lawrence, G.H.M. 1951. *Taxonomy of Vascular Plants*. MacMillan Co., New York.
- Lewis, G.P.B.D. Schrire, B. A. Mackinder and M. Lock. 2005. *Legumes of the world*. Royal Botanic Gardens, Kew. 577 pp.

- Llamas, F. Acedo, C. 2016. Las Leguminosas (Leguminosae o Fabaceae): una síntesis de los usos y de las clasificaciones, taxonomía y filogenia de la familia a lo largo del tiempo. *Ciencias*, 14: 5-18. Revista de divulgación científica. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales de la Universidad de León. ISVN: 1998-3021 (Ed digital).
- LPGW (Legume Phylogeny Working Group) 2013 a. Legume phylogeny and classification in the 21th century: progress, prospects and lessons for other species-rich, clades. *Taxon*, 62: 217-248- DOI: 10.12705/622.8
- LPGW (Legume Phylogeny Working Group) 2013 b. Towards a new classification system for legumes: Progress report from the 6th International Legume Conference. *South African Journal of Botany*, 89:3-9-
- LPGW (Legume Phylogeny Working Group) 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *TAXON* 66 (1): 44–77
- Maurizio, A. 1932. *Histoire de L' Alimentation Vegetale depuis la Prehistoire Jusque nos Jours*. Bibliothe'que Scientifique, 663 pp. Paris.
- Meldrum, A. 2015. Australian sweet lupin production in Australia. p. 19. In Capraro, J. Duranti, M., Magni, C. and Scarafoni, A. (Eds). *Developing Lupin Crop Into a Major and Sustainable Food and Feed Source*. H2O SRL, Genoa, Italy
- Metcalf, C. R. and Chalk. 1950. *Anatomy of the Dicotyledons*. Vol. 1. Clarendon Press, Oxford
- Mohr, U. 1988. An Alternativa Debittering Process for *L. mutabilis*. *Proceedings V Inter. Lupin Conference.*: 701-705. Poznan. Polonia.
- Planchuelo, A.M. 1978. A monograph of *Lupinus* for Argentina, Ph. D. Dissertation, Univ. Missouri-Columbia. Univ. Microfilm Inter. 39/10B, Order N^o 7906915. 179 pp.
- Planchuelo, A.M. 1994. Wild lupins distribution and its implication as germplasm resources. In Neves Martins, J.M. and M.L. Beirao Da Costa (Eds.), *Advances in Lupin Research*: 65-69. ISA-Press. Lisboa. ISBN 972-96603-0-1.
- Planchuelo, A.M. 1998. Lupinos, Aspectos Agronómicos del Cultivo. *Boletín Tec. Lupino*. (1) 23pp, U.N.Córdoba.
- Planchuelo, A.M. 1982. Literature review of the genus *Lupinus*. *Bulletin of International Lupin Association* 4: 37-39.
- Planchuelo-Ravelo, A.M. 1984. Taxonomic Studies of *Lupinus* in South America. *Proc. 3rd Inter. Lupine Conf.*: 40-53, La Rochelle, Francia.
- Planchuelo, A.M. 2007. Evaluación de los usos medicinales de las semillas de lupino blanco (*Lupinus albus* L.). *Bol. Latino del Caribe Plantas Medicinales Aromáticas*. 6(5): 213-215.
- Planchuelo, A.M. 2011. Reviews of the challenges for understanding the South American *Lupinus* species. In Naganowska, B. Kachlicki P and Wolko B. (Eds) *Lupin crops an opportunity for today, a promise for the future*. Pp 27-32. ISBN 978-83-61607-73-1.
- Planchuelo, A.M. 2019. The use of white lupine and others seeds as medicinal supplements at breakfast time. *Book of Abstracts XV International Lupin Conference*: 99-100. Cochabamba, Bolivia 18-22 Marzo 2019

- Planchuelo A.M. and Dunn, D.B. 1984. The simple leaved Lupines and their relatives in Argentina. *Ann. Missouri Bot. Garden* 71(1): 92-103.
- Planchuelo A.M. and Dunn D. 1989. Two new species of the *Lupinus lanatus* complex. *Ann. Missouri Bot. Garden* 76 (1): 303-309
- Planchuelo, A.M. and Fuentes, E., 2001. Taxonomic evaluation and new combinations in *Lupinus gibertianus*-*L. linearis* complex (Fabaceae). *NOVON* 11:442-450. ISSN 1055-3177
- Planchuelo, A.M.; Ravelo A.C. and Ravelo, A.V. 2015. The role of two *Lupinus* species in a mountain ecosystem in Córdoba, Argentina. p. 26. In Capraro, J. Duranti, M., Magni, C. & Scarafoni, A. (eds). *Developing Lupin Crop Into a Major and Sustainable Food and Feed Source*. H2O SRL, Genoa, Italy. ISBN 9788890598944
- Polhill, R.M. 1994, Classification of the Leguminosae. En F.A. Bisby, J. Buckingham, J.B. Harborne (Eds.), *Phytochemical Dictionary of the Leguminosae*, Chapman and Hall, New York, NY (1994), pp. 35-48
- Prieto, J.M.; Yucra Mamani, Y.M. y Luque Vilca, O.M. 2019. Desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis*) asistido por microondas y ultrasonido. Abstract Book, XV International Lupin Conference 2019. Cochabamba, Bolivia: 67.
- Ravelo, A.C. and Planchuelo, A.M. 1999. Estimating growth stages in white lupin (*Lupinus albus* L.) In G. Hill (editor), *A crop for the Next Century.*: 60-63. Lincoln Univ., ISBN 0-86476-118-X.
- Ravelo, A.C. y Planchuelo, A.M. 2003. Aptitud agroecológica de la pradera pampeana argentina para el cultivo del lupino blanco (*Lupinus albus* L.). *AgriScientia* 20: 35-44. ISSN 0327-6244
- Ravelo, A.C. and Planchuelo, A.M. 2006. Evaluation of agroecological conditions for selected cultivars of white lupin (*Lupinus albus* L.) in Argentina. IN E. van Santen & G. Hill (Eds). *Where Old and New World Lupins Meet*: 9-14. I
- Ravelo, A.C., Planchuelo, A.M. y Zanvettor, R., 1997. Aptitud agroclimática de la provincia de Córdoba para el cultivo de lupino blanco (*Lupinus albus* L.). *RADA*: 97-98.
- Seckt, H. 1929-1930. *Lupinus. Flora Cordobensis*. *Revista de la Univ. Nac. Cba.* 26-27: 301
- Smith, C.P. 1938-1953. *Specie Lupinorum*. Saratoga, California
- Smith, C.P. 1943-1944. The genus *Lupinus* in Argentina. *Signature* 21. *Specie Lupinorum*. Saratoga. California
- Solereder, H. 1908. *Systematic Anatomy of the Dicotyledons*. Oxford.
- Tapia, M.E. 2015. El Tarwi, Il Lupino Andino, Lupino, tauri o chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Fondo Ítalo Peruano. Huaylas, Perú. 103 pp.
- Taubert, P. 1894. Leguminosae. En A. Engler and K. Prantl. *Die Natürlichen Pflanzenfamilien* 3(3). Engelmann. Leipzig.
- Theophrastus. (Transl. 1948). *Enquiry into Plants*. Translated by A. Hort. Um. Heinemann, London.
- Turland, N.J., Wiersema, J.H., Barrie, F.R., Greuter, W. Hawksworth, D.L. Herendeen, P.S. Knapp, S. Kusber, W.H. Li, D.Z., Marhold. K., Way, T.W. McNeill, J., Monro,

- A.M., Prado, J. Prince, M.J. y Smith, G.F. 2018. Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas (Código de Shenzhen). Edición en español a cargo de Greuter, W. y Rodríguez, A.M. Berlín, Stiftung Herbarium Greuter (Fundación Herbario Greuter), Berlín, Alemania
- Valderrama Romero, A.S.; Abril Porras, V.H. y Valencia Sallo, C.J. 2015. La importancia del lupino en el mantenimiento y mejoramiento de la fertilidad del suelo. X Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE. Pichincha, Ecuador. pp 22-25
- Wettstein, R. 1935. Handbuch der Systematischen Botanik ed. 4. Leipzig.
- Wojciechowski, M.F. 2013. Towards a new classification of Leguminosae: Naming clades using non-Linnaean phylogenetic nomenclature. South African Journal of Botany 89: 85-93

CAPÍTULO 2

EVALUACIÓN DE CARACTERES MORFOLÓGICOS DIAGNÓSTICOS DE ESPECIES SILVESTRES DE *LUPINUS*

INTRODUCCIÓN

Las especies silvestres vegetales están sometidas a un creciente riesgo de amenaza en su entorno natural por la degradación de los ecosistemas a que pertenecen. De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) cerca de la mitad de las 20.000 especies de interés etnobotánico se encuentran amenazadas o en peligro de extinción (Pimm *et al.*, 2014). La disminución de la cobertura vegetal natural de cualquier ecosistema, contribuye a la erosión del suelo, al aceleramiento de los procesos de desertificación, a la disminución de la biodiversidad y a la pérdida de germoplasma vegetal que puede ser de utilidad para las producciones agrícolas-industriales o farmacéuticas (Planchuelo & Ravelo, 2003; Ravelo *et al.*, 2011).

Muchas especies nativas sin utilización actual son ancestros silvestres de especies cultivadas, por lo tanto, esa relación de parentesco les da un carácter de importancia socio-económico relevante que muchas veces no es tenido en cuenta en el cambio de uso de la tierra. Es por esa razón, que muchas especies silvestres poseen un gran potencial de genes que confieren tolerancia a factores abióticos (sequía, frío, salinidad, etc.) bióticos (resistencia a plagas y enfermedades) así como características nutricionales óptimas, mejores rindes y estabilidad, que con los nuevos mecanismos de mejoramiento vegetal pueden ser reconocidas como un germoplasma de importancia agrícola.

Dentro del marco de un programa de evaluación del estado de conservación de especies relacionadas con cultivos sudamericanos, para su incorporación en la Lista Roja de la UICN, se convocó a un grupo de expertos para evaluar especies que se consideran parientes silvestres de especies cultivadas. Dentro de las 198 especies a evaluar se encontraron 29 especies de *Lupinus* nativas de la región de los Andes Tropicales de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia y son consideradas parientes silvestres del chocho o tarwi (*Lupinus mutabilis* Lindl.). En ese taller se puso en evidencia la necesidad de evaluar

los caracteres morfológicos diagnósticos de cada especie y el rango de variabilidad con otras especies para determinar si pueden ser valorados taxonómicamente (Planchuelo *et al.*, 2019). Los resultados del taller en donde participó la directora de esta tesis, dio lugar al inicio de una investigación conjunta con un equipo de trabajo interdisciplinario de varios países sudamericanos (Planchuelo *et al.*, 2019).

La conservación del germoplasma de las especies cultivadas y silvestres afines fue uno de los principales motivos de la creación del *International Board for Plant Genetic Resources* (IBPGR) en 1974 que luego en 1993 se constituyó como un instituto bajo el nombre de *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI) para auspiciar la recolección de germoplasma y la conservación de simientes en Banco de Genes. Uno de los productos obtenidos de sus acciones fue la caracterización de los recursos fitogenéticos mediante caracteres descriptores morfológicos, biológicos y de cultivo de las especies de *Lupinus* (Cowling *et al.*, 1998).

De manera que la caracterización morfológica de recursos fitogenéticos puede definirse como la determinación de un conjunto de caracteres mediante el uso de descriptores definidos que permiten diferenciar taxonómicamente a las especies. Algunos caracteres pueden ser altamente heredables, fácilmente observables y expresables en la misma forma en cualquier ambiente.

Las características morfológicas que se encaran en este Capítulo sirven para analizar la variabilidad genética, para la identificación de especies mediante descriptores de germoplasma y para contribuir a conservar los recursos genéticos de especies silvestres parientes de cultivadas.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los caracteres morfológicos, los aspectos ecológicos y de distribución de especies silvestres de *Lupinus* para contribuir con información de valor diagnóstico a la categorización de las especies en las Listas Rojas y en los descriptores de germoplasma.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Hacer una revisión de materiales tipos y ejemplares de herbario de instituciones nacionales y extranjeras para evaluar la diversidad morfológica que respalda la identificación de las especies de las colecciones usadas como respaldo de estudios taxonómicos.
- ✓ Recopilar información de las etiquetas de herbario que sirvan para determinar la distribución geográfica y el ambiente ecológico en donde crecen los taxones estudiados.
- ✓ Determinar los caracteres morfológicos vegetativos y florales mediante análisis de preparados permanentes que se puedan usar como documentos del nombre del taxón (especie y/o variedad botánica) que representa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las investigaciones realizadas en especies silvestres incluyeron una exhaustiva revisión bibliográfica que fue complementada con observaciones de materiales de herbario que aportaron información de valor para caracterizar los taxones estudiados.

A continuación se citan los herbarios argentinos en los cuales se trabajó para analizar la colección de ejemplares de especies de *Lupinus*, en orden alfabético de las siglas registradas en el Index Herbariorum: ACOR (Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC); CORD (Museo Botánico de Córdoba); MCNS (Museo de Ciencias Naturales, Salta). Por otro lado, en el marco del Programa de Movilidad Internacional de Profesores “Cuarto Centenario” se realizaron varias pasantías de trabajo en herbarios e institutos europeos, durante el mes de julio de 2012 en donde, se realizó una intensiva evaluación de materiales tipos de especies de distintas regiones sudamericanas. Se citan a continuación por sus códigos los dos herbarios que certificaron los trabajos realizados en sus

instalaciones: B (Museo y Jardín Botánico de Berlin-Dahlem, Alemania); K (Royal Botanical Garden, Kew, Inglaterra). La Fotos 2.1. A. y B. muestran el trabajo de revisión de las colecciones de ejemplares de herbario en ambas entidades botánicas.



Foto 2.1. Tarea de revisión de ejemplares en el herbario. A: Revisión de las colecciones del Herbario B del Jardín Botánico de Berlín; B: Estudio de la colección del Herbario K del Royal Botanical Garden de Kew, Inglaterra.

Además de la revisión de los materiales de herbario de las instituciones citadas anteriormente se contó con el material de herbario que fue donado o prestado para su estudio a la Dra. Planchuelo y que se encuentra depositado en categoría de préstamo en el herbario ACOR y pertenecen a las siguientes instituciones de Argentina y del extranjero, que se citan en orden alfabético de los códigos: BA (Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Buenos Aires); BAA (Herbario de la Facultad de Agronomía, UBA); G (Conservatorio y Jardín Botánico de Ginebra, Suiza); LIL (Fundación Miguel Lillo, Tucumán); MERL, (Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA, CRICYTME) Mendoza; MO (Jardín Botánico de Missouri, EEUU); QCA (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador); SI (Instituto de Botánica Darwinion, San Isidro, Buenos Aires) y UMO (Universidad de Missouri, Columbia, Missouri, EEUU).

Todos los ejemplares de herbario revisados fueron fotografiados y se registraron los datos de las etiquetas: número y nombre del colector; lugar y fecha de recolección y toda información adicional sobre la planta y datos de valor ambiental según las anotaciones que figuraban en los ejemplares analizados.

Además, de algunos ejemplares se extrajo con autorización de los respectivos curadores de los herbarios parte del material para los estudios morfo-anatómicos propuestos en el plan de trabajo y tratados en otros capítulos de esta tesis.

A continuación, se detallan las observaciones realizadas sobre la arquitectura de la planta, las características de los órganos vegetativos y los órganos reproductivos. La nomenclatura para las formas, los tipos de tricomas y la densidad de la pubescencia es la que figura en Lindley (1951) y en Font Quer (1993).

EVALUACIÓN DE LAS PARTES VEGETATIVAS

- **Tipo de hoja:** Se determinó si la planta tenía solo hojas simples, hojas simples y compuestas o sólo hojas compuestas.
- **Número de folíolos:** Se determinó el mayor y el menor número de folíolos que presentaban las plantas.
- **Datos de pecíolo:** Se observó la presencia o ausencia de pecíolo y se midió el largo del pecíolo y la presencia o no de bordes alados.
- **Datos de estípulas:** Se tuvieron en cuenta la longitud de la parte adherida al pecíolo, la forma el largo y el ancho de la parte libre.
- **Datos de hojas o folíolos:** Se observó la forma y se midió el largo, el ancho mayor y el ancho a la mitad de la longitud.
- **Datos de pubescencia:** Se analizó el tipo y densidad de la pubescencia del tallo, del pecíolo, de las estípulas y de la cara adaxial y abaxial de la lámina en las hojas simples y folíolos de las compuestas. En la figura 2.2 se muestra como se coloca un folíolo en un porta objetos para observar la pubescencia de la cara adaxial y abaxial.

EVALUACIÓN DE LOS CARACTERES DE LAS INFLORESCENCIAS

El género se caracteriza por tener inflorescencias terminales del tipo de racimo simple, pero puede haber variaciones debido a que si los pedicelos son muy cortos el conjunto forma una pseudoespiga, por lo tanto, se tomaron en cuenta los detalles y las mediciones de las inflorescencias que se listan a continuación:

- **Posición de la o las inflorescencias respecto al eje principal:** Se analizó si la planta tiene una sola inflorescencia terminal o si además tiene inflorescencias secundarias y la posición de las mismas respecto al eje del tallo.
- **Largo del pedúnculo:** Se midió el pedúnculo desde la base de las hojas en roseta basal o desde donde se inserta la última hoja apical, hasta la base de la primera flor.
- **Disposición de las flores en eje de la inflorescencia:** Se verificó si las flores están dispuestas en forma dispersa o verticilada.
- **Estado de los órganos florales:** También se observó si la inflorescencia presenta flores y frutos en distintos estados de desarrollo.

EVALUACIÓN DE LOS CARACTERES DE LAS FLORES

Para obtener las mediciones de las piezas florales, dos flores totalmente desarrolladas y una bráctea fueron retiradas de cada espécimen y colocadas en un vaso de precipitado, etiquetado con el número de colección. Las flores fueron hidratadas mediante un tratamiento de agua caliente con dos gotas de safranina y una gota de jabón líquido como agente suavizante, los materiales fueron dejados en esa solución durante varios minutos hasta que restauraron su tamaño y textura de flor fresca y luego fueron enjuagados repetidas veces hasta que el agua de enjuague quedo trasparente. Mediante este procedimiento las flores fueron fácilmente disectadas y la tinción facilitó los estudios bajo microscopio. La disección y el montaje se realizó sobre un portaobjeto siguiendo la técnica

de Planchuelo (1978) que consistió en montar una flor intacta y otra disectada mediante un corte en la parte lateral de cada flor y las piezas florales se fueron separando y montando en el portaobjeto con un medio de goma plástica diluida. Luego del montaje los preparados se dejaron secar a temperatura ambiente o bajo una lámpara para luego ser cubierto con una capa protectora de esmalte de uñas transparente. Todos los materiales montados fueron labelados en un costado del portaobjeto indicando la especie, el número del colector del ejemplar de herbario y la sigla del herbario del espécimen al que pertenecía la flor y las piezas montadas.

La Figura 2.1. Representa como se ven los preparados con piezas florales y folíolos y brácteas montadas en portaobjetos para su observación y toma de mediciones, tal como se explica en Planchuelo (1978 y 1994). En forma esquemática se representa una flor completa y una flor disectada en donde se muestra: el cáliz seccionado en un costado y abierto exponiendo la parte interna con los dos labios extendidos; el estandarte en su cara dorsal y un pétalo de las alas y la quilla, indicando en líneas de puntos el ovario que está en su interior. También se muestra una bráctea y un folíolo una línea indicando que en el preparado se monta la cara adaxial en la parte apical y la abaxial en la parte basal.

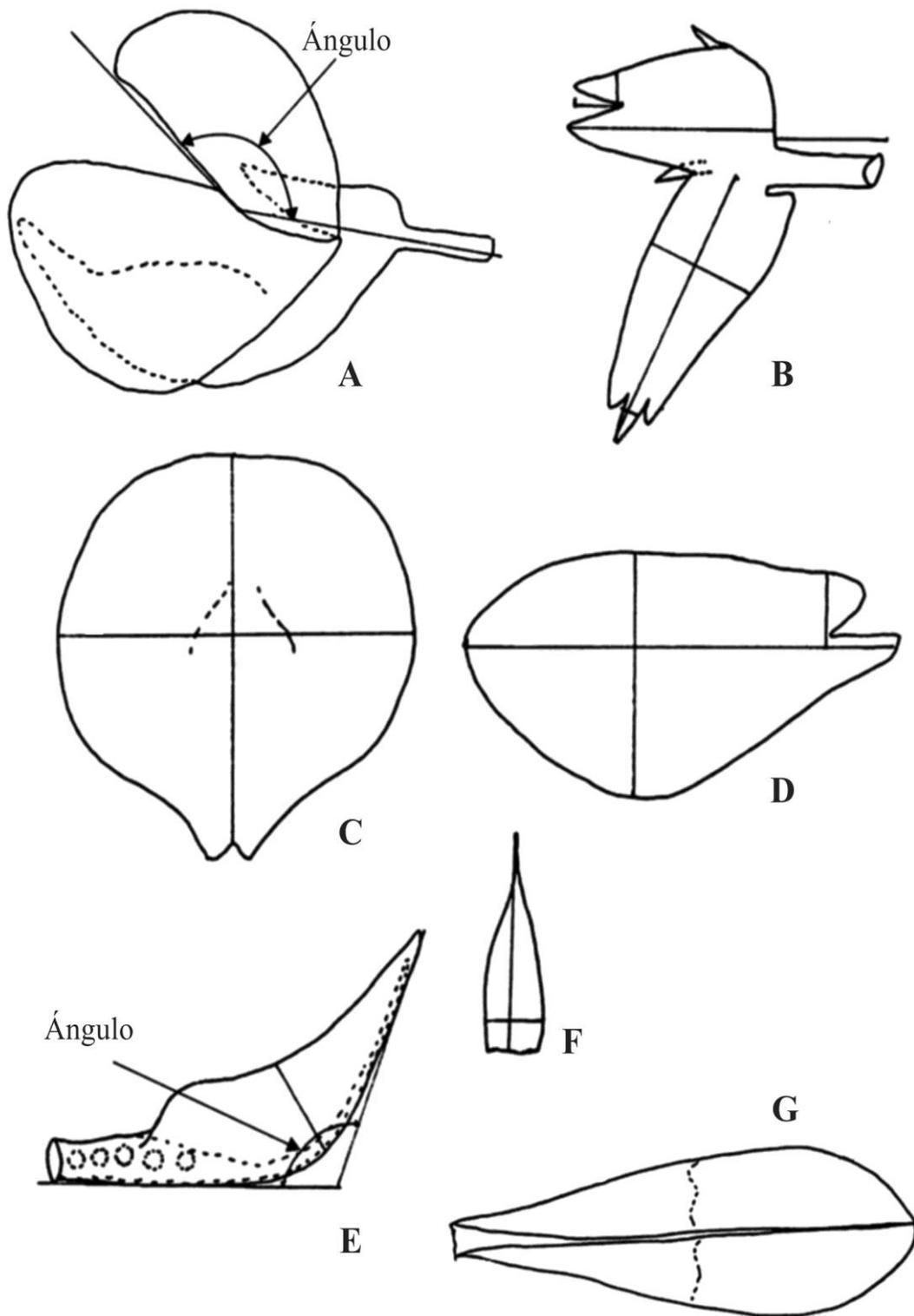


Figura 2.1. Ejemplo de piezas florales y vegetativas que se montan en portaobjetos. A.- Flor entera vista lateral; B.- Cáliz vista interna y abierto por la parte lateral de la unión de los dos labios; C.- Estandarte; D.- Ala; E.- Quilla. F.- Bráctea; G. Folíolo con una línea que indica que la mitad apical tiene montada la cara adaxial y la parte basal la cara abaxial. Las líneas están indicando los lugares y la forma de tomar las mediciones. La lámina está adaptada de la base de datos de ilustraciones sobre lupinos y de los trabajos de Planchuelo (1978-1994).

MEDICIONES REGISTRADAS EN LAS PIEZAS FLORALES

- **Bráctea:** Se midió el largo y ancho de la bráctea cuando se encontraba montada, dado que en algunas especies las brácteas son caducas y es un dato que no se pudo registrar en todas las especies.
- **Flor completa:** Se midió el largo del pedicelo; largo total de la flor desde la base del cáliz hasta el ápice de las alas; el largo de la parte basal del estandarte hasta la parte reflexa; el largo de la parte reflexa; ángulo que forma la parte reflexa sobre su eje horizontal según se indica en la Figura 2.2 A.
- **Cáliz:** Labio inferior: Se midió el largo y ancho máximo; las características del ápice y el largo y ancho de los dientes. Labio superior: el largo total desde la base hasta el ápice de uno de los lóbulos, el largo del los lóbulos desde la separación de la parte soldada hasta el ápice, el ancho de los lóbulos en la parte media; Bractéola: el largo, ancho y distancia de inserción en la parte soldada de los dos labios del cáliz.
- **Estandarte:** Se midió el largo, ancho máximo y ancho en la mitad (en esta lámina ambos anchos coinciden), largo de la uña cuando está presente y densidad de la pubescencia cuando está presente.
- **Alas:** Se midió el largo y ancho máximo, el largo de la uña y el largo y ancho del lóbulo cuando están presentes.
- **Quilla:** Se midió el largo total desde la base hasta el extremo apical, el ancho máximo y el ángulo que forma la parte basal con la parte apical, según las líneas de base que se muestran en la Figura 2.2. B.
- **Androceo y gineceo:** El androceo y gineceo de las especies de *Lupinus* no aportan caracteres diferenciales entre las especies, es por esa razón que no se consideran en las mediciones que se toman de las flores que se montan en porta objetos.

EVALUACIÓN DE LOS CARACTERES DE LOS FRUTOS Y SEMILLAS

Cabe aclarar que la evaluación de los caracteres morfológicos de las especies silvestres se realizó sobre la base del análisis de ejemplares de herbario, que en su mayoría son plantas que se encuentran en estado de floración, por lo tanto los caracteres de frutos fueron evaluados en un menor número de ejemplares del total de los que fueron analizados en las colecciones disponibles. Por otro lado, dado que las legumbres son dehiscentes, no todos los ejemplares que estaban en estado de fructificación retenían las semillas entre las valvas. En aquellos ejemplares que presentaban frutos y semillas se evaluaron los siguientes caracteres:

- Fruto:** Se midió el largo, se registró el tipo de pubescencia y se contó el número de semillas que poseía.
- **Semilla:** Se registró el tamaño y el color de la cubierta seminal en los ejemplares de herbario que contenían semillas y también se evaluaron las semillas de las especies cultivadas para grano.

Como se indicó en el Capítulo 1 los nombres de las especies que se indican como ejemplos, son coincidentes con los que figuran en la Flora del Cono Sur (<http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina>) y en el Banco de datos del *The Plant List*, *A Working List of All Plant Species* (<http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Leguminosae/Lupinus/>).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la revisión bibliográfica especializada y de los estudios de ejemplares de herbario que se realizaron durante la elaboración del proyecto de tesis, se logró compilar una abundante información sobre caracteres morfológicos de los cuales se enumeran ejemplos a continuación.

CICLO DE VIDA

La mayoría de las especies silvestres son perennes, el número de especies anuales es pequeño en relación con el total de especies que componen el género que tal como se informó en el Capítulo 1 varía según los autores entre 200–600 (Käss & Wink, 1996, Planchuelo, 2011). Los mejores representantes de las plantas anuales son los lupinos cultivados para grano que son originarias del la zona del Mar Mediterráneo y la región africana: *Lupinus albus* L., *L. angustifolius* L. y *L. luteus* L. que fueron investigados por Gladstones (1974). Las especies anuales representantes de la flora argentina son: *Lupinus bracteolaris* Desr., y las tres variedades de *L. gibertianus* C.P.Sm., (Planchuelo & Fuentes, 2001) el resto de las especies se comportan como perennes y en el caso de *L. albescens* Hook. & Arn. puede comportarse como anual o bianual, al igual que las distintas razas del chocho, tarwi o lupino andino (*L. mutabilis* Sweet) de los Andes Centrales que tiene razas anuales y perennes (Bonifacio & Alco, 2019).

En algunas especies perennes no arbustivas la parte aérea muere, y sólo las porciones que permanecen vivas durante la temporada siguiente son la raíz unida a un tallo en corona que es subterráneo o cerca del suelo y permite que la porción aérea vuelva a crecer por la brotación de yemas de la corona basal de hojas que se marchitaron, de manera similar a una planta anual herbácea como en el caso de *L. polyphyllus* Lindl.

HABITO DE LA PLANTA

El grado de divergencia en el hábito de las plantas se puede ilustrar con los extremos de tamaños de plantas. Muchas plantas que crecen en zonas montañosas por encima del *timberline* no superan los 3 cm de altura como *L. pulvinaris* Ulbr. de Perú y *L. buchtienii* Rusby, que crece en la Subregión Andina a 3500 m snm (Planchuelo, 1994) y en Argentina en su extremo sur de distribución en el cerro Champaquí de Córdoba. En contraste hay especies con estructuras arbustivas y arbóreas como *L. arboreus* de 1,5-2 m de altura, *L. albifrons* que suelen alcanzar 3 m (datos de la descripción) y un record de alturas entre 4 y 4,50 m en el caso de *L. semperflorens* Hartw. ex Benth. de Perú (Hughes

& Eastwood, 2006). Algunas especies tienen plantas pequeñas que forman una roseta de hojas basales como *L. subacaulis* Griseb., *L. subinflatus* C.P.Sm. y *L. grisebachianus* C.P.Sm., tres especies del Noreste argentino que son afines (Planchuelo & Dunn, 1980) y con las cuales se están haciendo investigaciones de caracteres morfológicos con implicancias taxonómicas (Fabbroni *et al.*, 2019). La mayoría de las especies tienen una arquitectura de planta erguida con diversas alturas. El hábito de las plantas es una de las características más sobresaliente del género y no guarda un patrón de distribución geográfica determinada. En los ecosistemas de montaña se encuentran plantas postradas, subarborescentes, arbustivas y en matas con inflorescencias que nacen de la base de la planta formada por numerosas hojas en roseta basal. La Figura 2.2 muestra los tres tipos principales de arquitectura de plantas de *Lupinus* respecto a las ramificaciones del eje principal del tallo y las Fotos 2.2 muestra fotos de plantas de baja altura en ambiente de montaña.



Figura 2.2. Arquitectura de las plantas respecto al eje principal del tallo.- A: Eje del tallo principal ramificado desde la base; B: Eje principal del tallo dominante poco ramificado; C: Sin eje principal de tallo.



Fotos 2.2. Plantas de *Lupinus* de arquitectura rastrera o cespitosa sin eje principal del tallo desarrollado. - A: planta de hábito rastrero de *L. pulvinaris* Ulbr. de Perú. B: Planta con inflorescencias cubiertas por las hojas de la roseta basal de *L. chrysanthus* Ulbr. de Perú. C: Planta con inflorescencias a ras del suelo pero no cubiertas por hojas basales de *L. umidicola* C.P.Sm. de Salta. D: Planta con roseta basal de hojas y con inflorescencia con pedúnculo desarrollado de *L. microphyllus* Desr.

Uno de los hábitos más comunes es la forma de mata de diferentes alturas de plantas. La arquitectura de planta matosa tiene ramificaciones basales y se pueden encontrar distintas fases fenológicas que van desde inflorescencias en estado de pimpollos, inflorescencias con flores bien desarrolladas e infrutescencias con frutos desarrollados en la misma planta.

Las Fotos 2.3. muestra plantas de especies anuales, bianuales y perennes como ejemplo de una arquitectura de planta matosa.



Fotos 2.3. Plantas de *Lupinus* de arquitectura matosa.- A: Planta anual de *L. albus* L. especie cultivada para grano de origen europeo. B: Planta bianual de *L. albescens* Hook. & Arn. de Santa Fe, Argentina. C: Planta perenne de *L. auronitens* Gill. de la provincia de Buenos Aires, Argentina.

ÓRGANOS VEGETATIVOS

Se detallan a continuación los principales caracteres morfológicos de las partes constitutivas de las plantas con ejemplos de algunas especies que tienen caracteres diferentes a los más comunes en el género.

RAIZ

Todas las especies tienen raíces primarias de estructura pivotante y profunda, pero cuando el suelo es rocoso o en áreas agrícolas tiene piso de arado, las raíces pueden

bifurcarse (Foto 2.4 A). Los nódulos bacterianos se encuentran adheridos a las estructuras del cilindro central de la raíz en donde hacen las conexiones de intercambio de nutrientes. En las ramificaciones secundarias de la raíz se forman los nódulos bacterianos con distintas especies y cepas de *Bradyrhizobium* que realizan la función de la fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico y lo fijan en amoníaco (NH₃) o amonio (NH₄), permitiendo que la planta crezca en mejores condiciones de nutrición. Según los trabajos realizados en especies nativas de *L. albescens* los *Bradyrhizobium* de esta especie son promiscuos (Fulchieri *et al.*, 1998), tienen la habilidad de vivir en cualquier ambiente desfavorable (Granada *et al.* 2015) y por lo tanto son muy efectivos para que la especie pueda colonizar dunas tal como lo señalaron Fuentes & Planchuelo (2000). El crecimiento de plantas en áreas aisladas genera una gran diversidad de *Bradirizobacterias* que hacen simbiosis con las especies de *Lupinus*, como quedó demostrado con el nuevo taxón *Ochrobactrum lupini* descrito para una cepa de *L. honoratus* C.P.Sm. que crece en el cerro Champaquí de Córdoba (Trujillo *et al.*, 2005).

La Figura 2.3. muestra un diagrama de una típica estructura de raíz pivotante de *Lupinus* y las Fotos 2.4. A y B muestran una raíz de *L. mutabilis* que está ramificada por crecer en un suelo impenetrable.

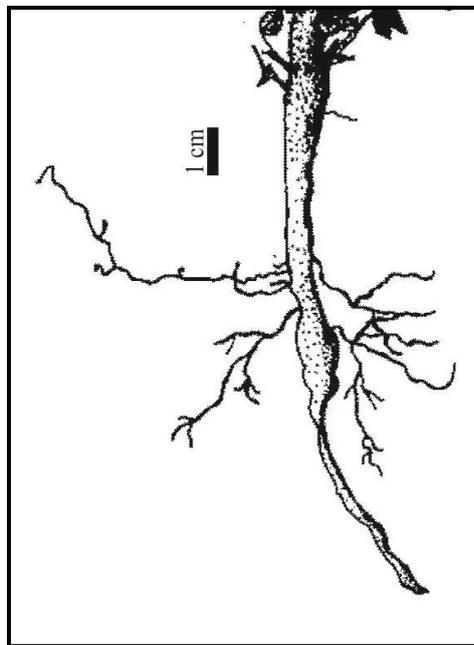
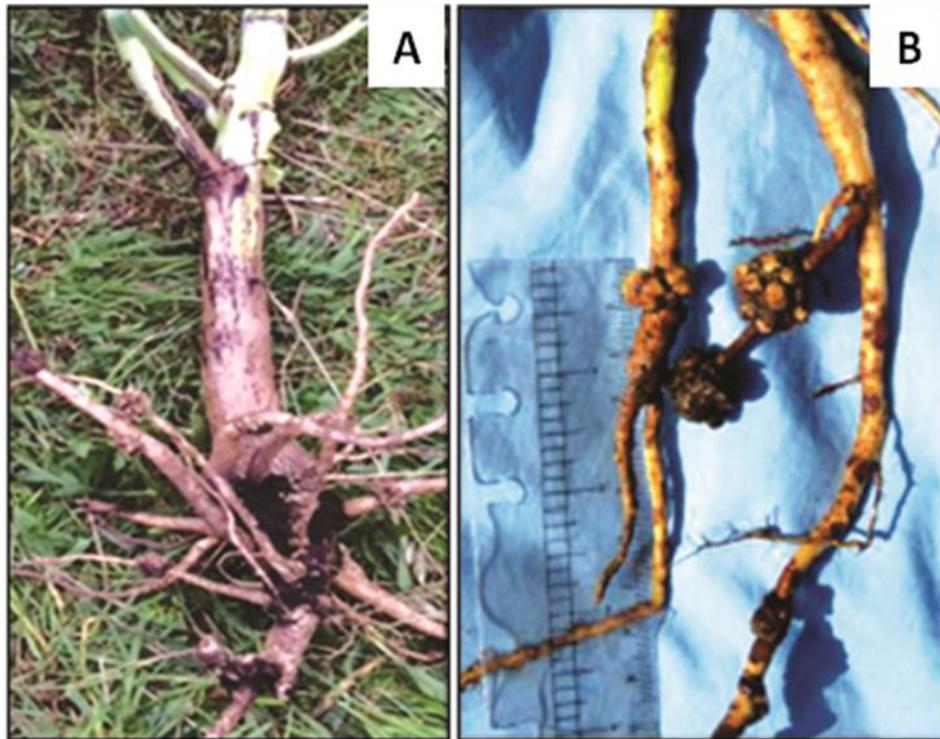


Figura 2.3.- Estructura de una raíz pivotante típica del género *Lupinus*: Esquema de una raíz pivotante de una especie silvestre en un suelo arenoso (*L. gibertianus* var. *reineckianus* (C.P.Sm.) Planchuelo & E. Fuentes, ejemplar de herbario Planchuelo *et al.*, ACOR).



Fotos 2.4.- A.- Foto de una raíz de *L. mutabilis* que está ramificada por crecer en un suelo impenetrable; B.- Detalle de la misma raíz ramificada con nódulos bacterianos. Las fotos fueron tomadas por Ana M. Planchuelo, de una parcela de cultivo de tarwi en Cochabamba, Bolivia, durante el viaje de campo de la XV ILAC por Ana M. Planchuelo.

TALLO

Las plantas pueden presentar tallos herbáceos o leñosos de diámetros diversos destacándose los fistulosos que están inflados y ensanchados que pueden llegar a tener hasta 10 cm de diámetro y nacen de la base de un cúmulo de hojas en roseta basal, como por ejemplo en *L. weberbaueri* Ulbr., que es típico de la flora de alta montaña de Perú; una especie de la flora argentina con estas características la tiene *L. burkartianus* C.P.Sm. nativa del NOA que corresponde a la Subregión Andina (Planchuelo, 1994). En muchas especies cortamente perennes los tallos son herbáceos y huecos por colapso de las células de la médula como ocurre en *L. umidicola* C.P.Sm., que crece en las montañas del noroeste argentino. Las especies sub-arbustivas y arbustivas presentan tallos leñosos con médula como en *L. arboreus* Sims., originaria del oeste de Estados Unidos de Norteamérica y Canadá y que está naturalizada en la zona andina de Patagonia y Tierra del Fuego. La Figura 2.4. muestra un diagrama de los tipos de tallo.

Tallos



Fistuloso



Sin médula



Con médula

Figura 2.4.- Tipo de tallos que pueden presentar las especies de *Lupinus*. Fistuloso con médula ausente y ensanchado, hueco sin médula pero de tamaño normal, y leñoso con médula intacta.

HOJAS

En general la mayoría de las especies de *Lupinus* tienen hojas alternas, estipuladas, pecioladas, y palmaticompuestas. A continuación, se indican las principales características de las partes que forman las hojas del género.

Estípulas

Las hojas de los *Lupinus* como la mayoría de las Leguminosas, son estipuladas con una parte basal adherida al pecíolo y una parte libre de forma triangular o estipulada, muy raramente las estípulas carecen de parte libre como en *L. guaraniticus* (Hass.) C.P.Sm., o esa porción es foliosa como en *L. bracteolaris* Desr. y *L. magnistipulatus* Planchuelo & D. Dunn ex Burkart. El carácter de las estípulas es significativo en especies en donde la parte libre es foliácea (Fig. 2.5 C).

Pecíolo

Las hojas son generalmente pecioladas muy pocas especies tienen hojas sentadas como por ejemplo *L. parvifolius* Gard. y *L. subsessilis* Benth., este carácter es único y separa a estas dos especies del resto de las especies que crecen en los mismos ambientes en Brasil. En general los pecíolos están desarrollados y son pubescentes, en el caso de *L. gibertianus* presenta una estructura cordada con dos lóbulos que a simple vista semejan bordes alados a

cada lado de la nervadura central que tiene *L. angustifolius*. La similitud morfológica de los pecíolos de las dos especies fue mencionada en Planchuelo (1996). La Figura 2.5. muestra un diagrama de los tipos de estípulas y de pecíolos.

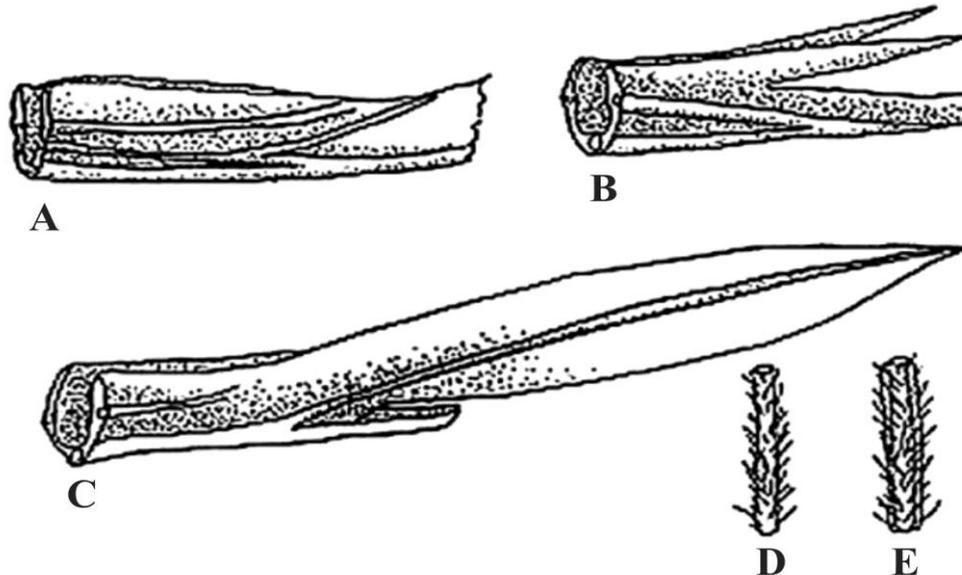


Figura 2.5.- Tipo de estípulas y pecíolos presentes en especies de *Lupinus*. A: estípula carentes de parte libre, con parte adherida al pecíolo formando una lámina, B: Acicular típica. C: Estípula con parte libre foliácea. D: Pecíolo cilíndrico. H: Pecíolo con estructura cordada que semeja dos alas a cada lado de la nervadura central.

Lámina

El tipo de estructura de la lámina de la hoja es una de las principales características que separa las especies en dos grupos, como los determinados por Agardh (1835) que reconoció a un grupo conformado por las especies de hojas simples denominado *Foliis integris* y el otro grupo de hojas digito-compuestas llamado *Foliis digitatis*. Este tratamiento fue seguido por Bentham (1859) para la Flora de Brasil que los llamo *Simplicifolieae* (hojas simples) y *Digitatae* (digito-compuestas).

En general la mayoría de las especies tienen hojas alternas, estipuladas, pecioladas y típicamente digito-compuestas también llamadas palmati-compuestas, con (3) 7-14 (17) folíolos. Un pequeño grupo de 20 especies tienen hojas simples en todo el ciclo de su vida y otras pocas presentan heteroblastía, (*Lupinus magnistipulatus* Planchuelo & D. Dunn, ex Burkart.) mientras que otro grupo presenta heterofilia con hojas simples y compuestas en la

planta adulta (*L. paraguariensis* Chod & Hass.). Las especies de hojas simples crecen en dos áreas de distribución disyuntas, un grupo en la Subregión Atlántica del planalto de Brasil, Paraguay por ejemplo *L. guaraniticus* (Hass.) C.P.Sm. que crece en Misiones y otro grupo de cuatro especies de la Subregión Sudeste de Norte-Centro Americana.

Dentro de las especies de hojas simples se destaca *L. parvifolius* Gard. por tener hojas simples, sésiles y amplexicaules. Una sola especie (*L. comptus* Benth.) tiene hojas trifoliadas y hay también pocas especies con hojas compuestas en la planta adulta y una hoja simple en el estado de plántula (*L. albescens* Hook. & Arnott) o varias hojas simples en estado de roseta basal como por ejemplo *L. magnistipulatus* (Fig. 2.10). Una sola especie (*L. paraguariensis* Chod. & Hass.) presenta hojas simples y compuestas en las etapas juveniles y ambos tipos de hojas en la etapa adulta, siendo la primera hoja de las ramificaciones simple y el resto palmati-compuestas. Los folíolos pueden ser glabros o pubescentes. En esta tesis se adopta el término de hoja simple para nombrar las estructuras foliares que presentan una sola lámina dado que existe una correlación en algunas especies entre la estructura de las hojas de la plántula y el de la primera hoja de una rama, otros autores como Monteiro & Gibbs (1986) llaman a este tipo de hojas unifolioladas.

La Figura 2.6. muestra diferentes tipos de hojas que son representativas de distintas especies de *Lupinus*.

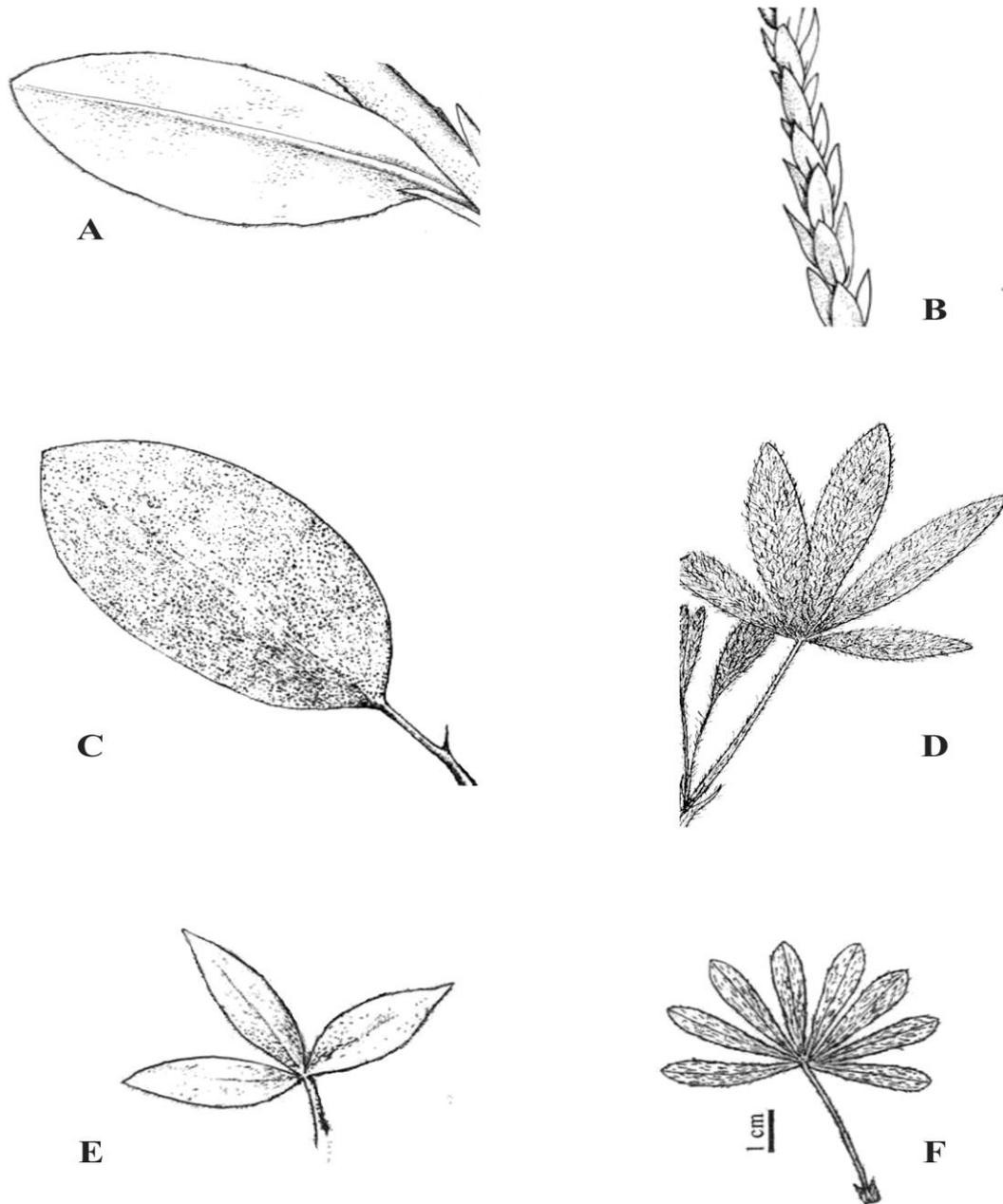


Figura 2.6.- Tipos de hojas representativas de especies de *Lupinus*. A. hoja simple sentada (*L. insignis* C.P.Sm.) B. hojas simples sesiles amplexicaules (*L. parvifolius* Gard.); C. hoja simple peciolada (*L. crotalarioides* Mart. ex Benth.); D.- Hoja palmaticompuesta tectriz y hoja simple originaria del desarrollo de vástago de yema axilar (*L. paraguariensis* Chod & Hass.); Hoja trifoliada único tipo de hoja de estas características para el género (*L. comptus* Mart.); F.- Muestra de una hoja típica palmaticompuesta semejante a la mayoría de las especies (*L. gibertianus* var. *reineckianus* (C.P.Sm.) Planchuelo & E. Fuentes.

Las Fotos 2.5. muestran un caso de heteroblastia, en una planta joven y en una adulta, en donde las hojas juveniles son simples y las hojas de la planta adulta son palmaticompuestas como por ejemplo *Lupinus magnistipulatus*



Fotos 2.5.- Ejemplo de heteroblastía en una planta joven y adulta de *Lupinus magnistipulatus*. A: Planta juvenil con hojas simples, B: Planta adulta con hojas simples en la base de la planta y compuestas en las ramas desarrolladas. Fotos tomadas por Ana M. Planchuelo y perteneciente al Banco fotográfico del Proyecto Lupinos.

INFLORESCENCIAS

Las inflorescencias son racimos terminales plurifloros verticilados o subverticilados que pueden tener de tres a numerosas flores y ser de tamaños que varían desde 2 cm (*L. buchtienii* Rusby, nativa de la Subregión Andina) a 80 cm (*Lupinus polyphyllus* Lindl. originaria del noroeste de Norteamérica y *L. weberbaueri* Ulbr. de Perú). Algunas especies tienen inflorescencias compactas del tipo de racimo-espigiformes con cientos de flores. Las brácteas pueden ser persistentes o caducas de diversos tamaños y generalmente pubescentes en la cara abaxial.

Las Fotos 2.6 muestra tres ejemplos de diferentes estructuras de inflorescencias, dos típicas que representan a la mayoría de las especies y otra compacta que representa a unas pocas especies y las Fotos 2.7. muestra inflorescencias de especies de *Lupinus* con flores de distintos colores.

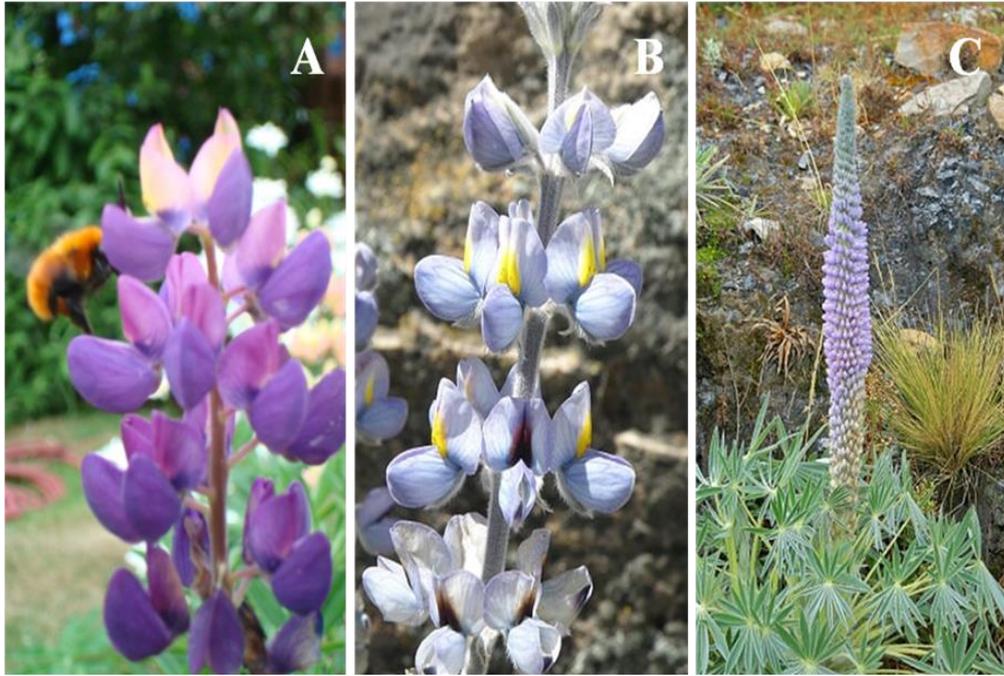
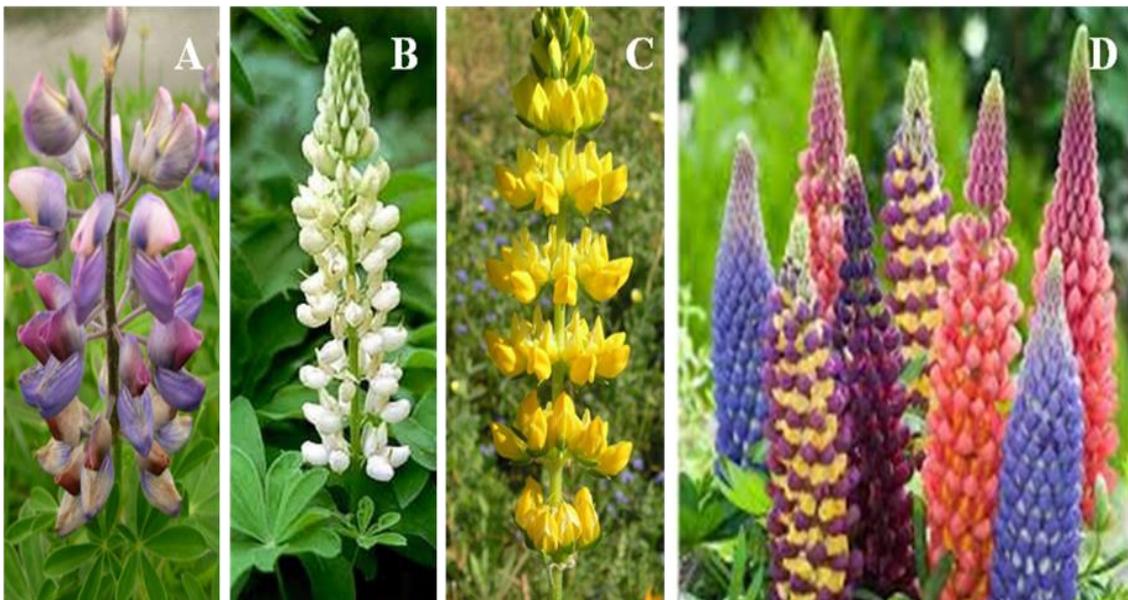


Figura 2.6.- Ejemplo de tipos de inflorescencias de *Lupinus*. A: Inflorescencia subverticilada típica de muchas especies de *Lupinus*. mostrando un abejorro polinizador en una de las flores y los cambios de color del estandarte luego de la fertilización. B: Inflorescencia verticilada que es común en muchas especies mostrando flores con la típica marca blanca y amarilla en el estandarte de flores no polinizadas. C. Inflorescencia del tipo de racimo espiciforme de *L. weberbaueri*



Fotos 2.7.- Inflorescencias de *Lupinus* mostrando flores de distintos colores. A: Inflorescencia con flores de color azul púrpureo que es el más común de *Lupinus* spp. B: Flores de *L. albus* con típicas flores blancas tal como lo indica su epíteto específico. C: Flores de *L. luteus* de típico color amarillo tal como se denomina la especie. D: Inflorescencias de variados colores de flores típicas de los híbridos denominados *Russell lupins*. Fotos del banco de datos del Proyecto Lupinus.

FLORES

Las flores son típicas papilionóideas es decir que presentan una estructura de acuerdo a la Subfamilia a la cual pertenece el género que es el de las Papilionáceas o Fabóideas

Figura 2.7. muestra un preparado montado en un porta objetos con una flor entera y otra disectada utilizando la metodología descrita y que se usa para medir las piezas florales.

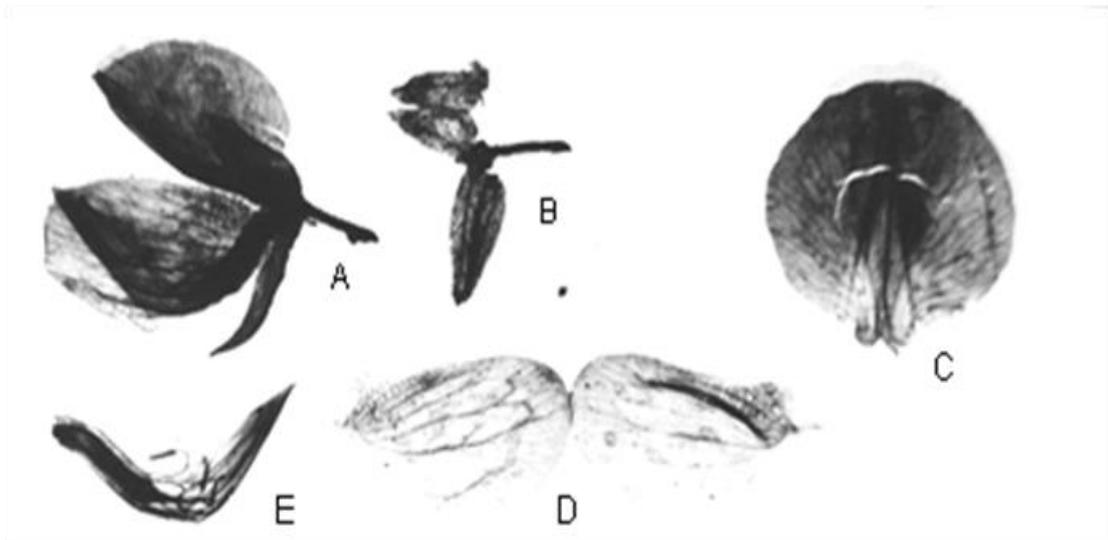


Figura 2.7.- Preparado para análisis de estructuras florales. A.- Flor entera vista lateral; B.- Cáliz disectado. C: Material perteneciente a *Lupinus tucumanensis* C.P.Sm., Ejemplar Lourteig 1139 (K).

Cáliz

Cáliz es bilabiado, pubescente exteriormente y generalmente glabro en la parte interior, el labio inferior es más largo que el superior, el ápice puede ser 3-dentado, agudo, obtuso o truncado; el labio superior es bífido o bilobado. Las bracteolas son pequeñas de no más de 2 mm están adheridas a ambos lados de zona de unión de los dos labios y son generalmente de forma acicular o triangulas, pero también pueden ser lanceoladas en el caso de *L. ignobilis* C.P.Sm.

Corola

La corola posee pétalos de variados colores pero predominando los tonos azules o púrpura con máculas más claras en el centro del estandarte que cambia de color luego de la fecundación. Algunas especies y variedades ornamentales como *L. polyphyllus* tiene flores de muchas tonalidades incluso con inflorescencias variegadas como en los híbridos conocidos como *Russell lupins*. El estandarte es conspicuo reflexo, de variadas formas, generalmente oblanceolado, pero también lanceolado, o más ancho que largo, a veces con una uña marcada como en *L. gibertianus* C.P. Sm., pero otras directamente la parte basal va disminuyendo de anchura hasta la base de inserción. En algunas especies es pubescente en la parte dorsal, pero en la mayoría de las especies es glabro. Las alas son de menor tamaño que el estandarte están unidas por el borde inferior, son glabras y tiene una uña que posee un pequeño lóbulo en la parte libre del borde superior. Los dos pétalos de la quilla están unidos por el borde inferior dejando el borde superior abierto y puede ser glabro o ciliado. La quilla encierra totalmente al androceo y al gineceo.

Estambres

Los estambres son 10 diadelfos, en dos ciclos de cinco estambres cada uno, uno de ellos con anteras pequeñas y otro con anteras un poco más grandes. Todo el androceo está protegido por la quilla que se mantiene cerrada. Los insectos (generalmente abejorros) que visitan la flor para recoger polen, hacen presión sobre los bordes superiores de la quilla y exponen las anteras que diseminan el polen.

Gineceo y óvulos

El gineceo es típico unicarpelar como todas las leguminosas, tiene el estilo curvado hacia arriba en un ángulo de 90°. Los óvulos son anátropos y se encuentran en número de 2 (muy pocas especies) y en números más frecuentes de cinco a ocho.

FRUTO

Las legumbres son dehiscentes excepto en las variedades comerciales que por mejoramiento vegetal son indehiscentes, son comprimidas, pubescentes de tamaños que van desde los 10 mm a los 5 cm de longitud, y contienen entre cinco y ocho semillas. Muy pocas tienen más semillas y en el caso de *L. microcarpus* Sims., cuyo epíteto específico hace alusión al pequeño tamaño del fruto dado que solo tiene dos semillas.

SEMILLAS

Las semillas son comprimidas, con hilo circular u ovado y radícula más o menos prominente, las especies silvestres tienen semillas pequeñas de 1-10 mm de diámetro, mientras que las especies cultivadas para grano miden entre 10 y 20 mm de diámetro. La cubierta seminal es de variados colores predominando en las especies silvestres los tonos marrones con máculas más oscuras, pero en las especies cultivadas se encuentran semillas blancas con algunas marcas de color en la zona hilar o con manchas de colores pardos en toda la superficie.

CONCLUSIONES

La revisión de ejemplares de herbario permitió hacer un banco de datos computarizado con información de la identificación de los taxones (especies, variedades y otras categorías infra-específicas), datos geográficos y ecológicos de los lugares en donde crecen los taxones y de toda la información adicional que se encuentra registrada en las etiquetas de herbario. Las fotografías tomadas de cada ejemplar y las partes de las plantas que fueron extraídas previa autorización de los curadores de los herbarios localidades complementan el banco de datos morfológicos y anatómicos que se instituyó como parte de este proyecto de tesis.

Como conclusión de los estudios realizados se pudo determinar que el hábito y la arquitectura de las plantas junto con la morfología de las hojas son las características más

notables que presenta el género *Lupinus*. Otros caracteres de fácil visualización son el tamaño y características de las inflorescencias y la pubescencia de las partes vegetativas. Si bien los caracteres florales son muy significativos respecto a la forma y tamaño del estandarte que permite identificar especies de complejos taxonómicos como en el caso del complejo de *L. subacaulis* - *L. subinflatus* - *L. grisebachianus*, no son caracteres fácilmente observables y requieren de una visualización de flor disectada y apoyo de instrumentos ópticos para poder medir los tamaños.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Agardh, J.G., 1835. Synopsis Generis Lupini. Ludce, Berlin. pp. 43.
- Bentham, G. 1859. Leguminosae. Papilionaceae. In: Martius, C.F.P.; Endlicher, A.C. & Urban, J. (eds.). Flora Brasiliensis 15(1): 17-32.
- Bonifacio A. and Alco, M. 2019. Obtaining similar phenotypes to the domesticated tarwi from its wild relatives. Book of Abstracts XV International Lupin Conference: 134-135. Cochabamba, Bolivia 108-109 Marzo 2019.
- Cowling, W.A.; Buirchell, B. and Tapia, M.E. Lupin, *Lupinus*. IPGRI, Roma, Italia, 105 pp.
- Flora del Cono Sur (<http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina>) Página de consulta permanente.
- Fabbroni, M., Seisedos, L. and, Planchuelo, A.M. 2019. Morpho-anatomical review as a tool to identified biodiversity in Andean *Lupinus* species complex. Book of Abstracts XV International Lupin Conference: 128-129. Cochabamba, Bolivia 18-22 Marzo 2019
- Font Quer, P. 1993. *Diccionario de Botánica*. Vol. I A-H: 1-607; Vol II I-Z: 608-1243 r Edit. Labor. Buenos Aires. 1244 pp.
- Fuentes, E. and Planchuelo, A.M. 2000. Wild lupins as pioneers of riverside sand banks. In, van Santen, E., M. Wink, S. Weissmann, and P. Röemer (Eds). Lupin, an Ancient Crop for the New Millenium: 316-319. ISBN 0-86476-123-6. pp. 481, Auburn USA
- Fulchieri, M., Bazzicalupo, M., Oliva, L. y Planchuelo, A.M. 1998. Identificación de *Rhizobium* a través del polimorfismo de fragmentos de restricción 16S rDNA. XXII R. Arg. Fisio. Veg.:434-435.
- Gladstones, J.S. 1974. *Lupinus* of the Mediterranean region and Africa. Bull. West. Austr. Depart. of Agr. 26: 1-48.
- Granada, C.E., Beneduzi, A, Lisboa B.B., Turchetto-Zolet, A.C., Vargas, L.K. and Passaglia, L.M.. 2015. Multilocus sequence analysis reveals taxonomic differences among Bradyrhizobium sp. symbionts of *Lupinus albescens* plants growing in arenized and non-arenized areas. Syst Appl Microbiol. 38(5): 323-329.

- Hughes, C. and Eastwood, R. 2006, Island radiation on a continental scale: Exceptional rates of plant diversification after uplift of the Andes. PNAS 103(27): 1034-1039.
- Käss, E. and Wink, M. 1996. Molecular phylogeny and phylogeography of *Lupinus* (Leguminosae) inferred from nucleotide sequences of the rbcL gene and ITS1 2 regions of rDNA, Pl. Syst. Evol. 208: 139-167.
- Lindley, J. 1951. Glosología de los términos usados en Botánica. Miscelánea N° 15. Fundación e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. 125 pp.
- Monteiro R., and Gibbs P.E. 1986. A taxonomic revision of the unifoliolate species of *Lupinus* (*Leguminosea*) in Brazil. Notes Royal Bot. Gard. Edinb. 64(1): 71-104.
- Pimm, S.L.; Jenkins, C. N.; Abell, R.; Brooks, T; Gittleman, J.L.; Joppa, L.N.; Raven, P.H. Roberts, C.M. and Sexton, J.O. 2014. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution and protection. Science 344(6187):987-997. DOI: 10.1126/Science. 1246752.
- Planchuelo, A.M., 1978. A monograph of *Lupinus* for Argentina, Ph. D. Dissertation, Univ. Missouri-Columbia. Univ. Microfilm Inter. 39/10B, Order N° 7906915. 179 págs., ilustr. EEUU. Indexado en WordCat. Library of Congress, USA.
- Planchuelo, A.M., 1994. Wild lupins distribution and its implication as germplasm resources. In Neves Martins, J.M. and M.L. Beirao Da Costa (Eds.), Advances in Lupin Research: 65-69. ISA-Press. Lisboa.
- Planchuelo, A.M., 1996. Relationship between South American and European species of *Lupinus*. In B. Pickergill and M. Lock (Eds) Advances in Legume Systematics 8, Legumes of Economic Importance: 109-116. Royal Bot. Gard. Kew.
- Planchuelo, A.M. 2011. Reviews of the challenges for understanding the South American *Lupinus* species. In Naganowska, B. Kachlicki P and Wolko B. (Eds.) Lupin crops an opportunity for today, a promise for the future. Pp 27-32. ISBN 978-83-61607-73-1.
- Planchuelo, A.M. and Dunn, D.B. 1980. Clarification of *Lupinus grisebachianus*, *L. subacaulis*, and *L. subinflatus* (Leguminosae). Brittonia 32 (3): 387-391.
- Planchuelo, A.M. and Fuentes, E., 2001. Taxonomic evaluation and new combinations in *Lupinus gibertianus*-*L. linearis* complex (Fabaceae). NOVON 11:442-450. ISSN 1055-3177
- Planchuelo, A. y Ravelo, A. 2003. Monitoreo y evaluación de la cobertura vegetal en relación a los procesos que conducen a la desertificación. In: Abraham, E., Tomasini, D., Maccagno, P. (Eds.), Desertificación. Indicadores y Puntos de Referencia en América Latina y el Caribe. Zeta Editores, Mendoza, Argentina, pp. 90-91.
- Planchuelo, A.M., Gonzáles, P., Madriñán, S., Mendoza, M. and Tognelli, M. 2019. Evaluation of Andean *Lupinus* species to be incorporated in the IUCN Red List of Endangered Species. Book of Abstracts XV International Lupin Conference: 132-133. Cochabamba, Bolivia 18-22 Marzo 2019
- Ravelo, A.C., Planchuelo, A.M., Abraham, E. y Navone, S., 2011. Evaluación de la Desertificación en Argentina. Resultados del Proyecto LADA/FAO. PDF in Webpage FAO.

The Plant List, A Working List of All Plant Species
<http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Leguminosae/Lupinus/>).

Trujillo, M.E., Willems, A., Abril, A., Planchuelo, A.M., Rivas, R., Ludueña, D., Mateos, P.F., Martínez-Molina, E. and Velázquez, E. 2005. Nodulation of *Lupinus albus* by strains of *Ochrobactrum lupini* sp. nov. Applied and Environmental Microbiology. 71 (3): 1318-1327.

CAPÍTULO 3

LA MORFO-ANATOMÍA FOLIAR COMO APORTES AL CONOCIMIENTO DE LAS RELACIONES ENTRE LAS ESPECIES DE *LUPINUS*

INTRODUCCIÓN

Según los conceptos de Carlquist (1961), la hoja es uno de los órganos más diversificados de las Angiospermas y su anatomía puede revelar muchos datos de importancia taxonómica, como así también, es el órgano que más influye en el comportamiento de las plantas de cultivo para la producción de granos.

Desde el punto de vista fisiológico la morfología de las hojas y la arquitectura de la planta están directamente relacionadas con el área foliar y la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa, que son los parámetros básicos en la producción de fotoasimilados que influyen significativamente en la producción de biomasa y en los rendimientos en granos para un óptimo índice de cosecha en las especies cultivadas (Jeuffroy & Ney, 1997).

En las plantas silvestres la morfología de las hojas cumple las mismas funciones que en las plantas cultivadas, pero en la mayoría de ellas se desconoce las estructuras morfoanatómicas en relación al área foliar y a la acumulación de biomasa, dado que la producción de granos no tiene valor económico. Sin embargo, la estructura de las hojas y el índice de área foliar de especies silvestres en ambientes naturales pueden ser la clave de la supervivencia de la especie en relación a la competencia por luminosidad, y por la economía del agua en períodos desfavorables. Determinar ese tipo de relación es muy dificultoso en plantas silvestres pero los estudios morfoanatómicos pueden servir de base para posteriores análisis de estimación de área foliar entre diferentes especies o en la misma especie pero en diferentes ambientes naturales.

Con respecto a las especies de Leguminosas se determinó que el área foliar individual depende del número de células y del tamaño de las células y que el aumento en

tamaño de las hojas comprende dos fases distintas y sucesivas: la fase 1 implica la división celular, mientras que la fase 2 implica la expansión celular (Lecoeur *et al.*, 1995). Un tema pendiente es demostrar si el crecimiento de las hojas y los folíolos de *Lupinus* siguen el mismo patrón en cada una de las dos fases mencionadas anteriormente. Esta propuesta de trabajo es una etapa previa a futuros estudios sobre características foliares que apoyen estudios sobre crecimiento de hojas y área foliar en plantas silvestres y cultivadas.

ANTECEDENTES TERMINOLÓGICOS SOBRE LA MORFOLOGÍA FOLIAR DE *LUPINUS*

En el caso de los *Lupinus*, que es uno de los pocos géneros de Leguminosas caracterizado por tener hojas palmati-compuestas; el desafío es interpretar la relación entre las especies que tienen hojas compuestas (la mayoría de los taxones) y las especies que tienen hojas con una sola lámina foliar o limbo en la planta adulta (alrededor de 20 especies) y las otras pocas especies (alrededor de ocho) que presentan heteroblastia o heterofilia con hojas unilaminadas y hojas palmati-compuestas a lo largo de su ciclo de vida o en una misma planta adulta (una sola especie).

No hay una opinión unánime entre los autores sobre la terminología que se aplica a la hoja que presentan una sola lámina foliar en *Lupinus*. Charles P. Smith en el tratamiento de los lupinos que crecen en Brasil "*Lupinus in Brazil*" (Smith, 1946) designó al "Grupo 8" de su clave como de hoja unifoliolate "*Folia omnia unifoliolata*" pero en la descripción de las especies, a las hojas simples las denominó como "hojas no digitadas" ("*sine foliis digitatis*"). Hutchinson (1964) en la clave de la Tribu Lupineae, separó *Lupinus* por los caracteres de "hojas simples, digitadas con pocos a muchos folíolos o 1-folioladas. Polhill (1976) designó el carácter de 1-3-foliolado como común para las especies de América Central y América del Sur, y más tarde Bisby (1981) describió la Subtribu Lupinae, con sólo el género *Lupinus*, como "hojas 5-17-foliolate, palmate, raramente simple". Monterio & Gibbs (1986) discutieron sobre la terminología aplicada a la hoja de una sola lámina, y adoptaron lo que se consideraban, un enfoque más conservador, tratando a las especies como *unifoliolate*, o sea unifolioladas.

Para esta tesis se adopta el término "hojas simples" de acuerdo a los principios establecidos por las investigaciones de David Dunn y Ana M. Planchuelo que establecen que la ontogenia de las plantas refleja la filogenia del género, siendo esta determinación tomada sobre la base de que muchas especies presentan hojas simples en la base de la planta o en estado de plántula y luego hojas normales palmati-compuestas en estado adulto, considerando que las hojas simples son un estado primitivo del germoplasma en el género (Planchuelo, 1978; Planchuelo & Dunn, 1984).

LAS CARACTERÍSTICAS MORFO-ANATÓMICAS DE LAS HOJAS EN EL GÉNERO *LUPINUS*

Desde el punto de vista de las funciones fisiológicas de las plantas, la epidermis foliar es el tejido que regula el intercambio de dióxido de carbono y oxígeno para el metabolismo de la fotosíntesis y la respiración y además, controla la temperatura de la planta por medio de facilitar o disminuir la transpiración. La combinación entre el grosor y componentes de la cutícula y los indumentos epidérmicos desempeñan un papel importante en la protección y defensa de la planta (Hewson, 1988), por ser la primera barrera para evitar deterioros en los tejidos fotosintetizantes activos de la hoja en un medio ambiente desfavorable, ejerciendo un rol de defensa contra la contaminación y contra los patógenos (Merino *et al.*, 1999)

La morfo-anatomía de las hojas de especies de *Lupinus* fue muy poco estudiada, y según Golovchenko (2000), una de las primeras descripciones sobre hojas de *Lupinus* se encuentran en los trabajos de Maisurjan & Atabekova (1974) que describe a las hojas como delgadas, con una epidermis cubierta por una cutícula de diferentes espesores, con estomas hundidos en ambas caras y con la cara abaxial más pubescente que la cara adaxial. Posteriormente Acuña & Planchuelo (1999) proveen las características anatómicas foliares de plántulas de tres especies cultivadas para grano: *Lupinus albus* L., *L. luteus* L. y *L. angustifolius* L. Otros estudios como los de Golovchenko (2000) hacen una breve descripción de las características de las epidermis foliares de cinco especies europeas, tres

americanas y dos híbridos genéticos de especies cultivadas de *Lupinus*. En relación a especies silvestres, Zamora-Natera & Terrazas (2012) describen la anatomía foliar y el pecíolo de cuatro especies nativas de México, mientras que Briceño *et al.* (2000) lo hacen para dos especies de los Andes venezolanos y Seisdedos & Planchuelo (2011) caracterizan las epidermis de nueve especies nativas de Argentina.

Es precisamente a través de los caracteres foliares en donde se hace necesario investigar las interrelaciones genéticas que presentan las especies para establecer la importancia que tienen las estructuras morfo-anatómicas como marcadores discriminantes de las especies silvestres, tal como está plasmado en los trabajos publicados por Planchuelo & Dunn (1980, 1984) y Planchuelo (1996 a).

TERMINOLOGÍA SOBRE INDUMENTO FOLIAR

La epidermis foliar en muchos casos tiene una cobertura protectora que en términos generales se conoce con el nombre de indumento foliar y si bien está plenamente concebido que el indumento constituye el conjunto de glándulas, escamas, papilas, pelos o tricomas que cubren la superficie de la hoja, no hay una clara definición según los autores para definir cada uno de los elementos que conforman el indumento. La mayoría de los autores consideran que el término tricoma es sinónimo de pelo, incluyendo a las papilas como un tipo de pelo (Strasburger *et al.*, 1986), sin embargo el concepto de tricoma es más abarcativo por que agrupa a todos los tipos de excrecencia epidérmica. Según Font Quer (1982) señala, "los pelos son tricomas en forma alargada, a modo de hebra o de cerdas", luego describe un sinnúmero de pelos según su función y características morfológicas. Payne (1978) en la "Glosología de la terminología de las plantas", comienza su descripción diciendo "Los pelos o tricomas de las plantas..." considerando los términos como sinónimos, mientras que Lindley (1951) al tratar la cobertura superficial de los órganos de las plantas, solamente considera el término pelos y no tricomas a los componentes de las distintas coberturas entre ellas las consideradas: pubescente, vellosa, tomentosa, lanosa, glandular o barbada.

Como resultado de una intensa evaluación de la terminología descrita por Fobes (1884); Lindley (1951), Esau (1959, 1993), Banerjee (1976), Payne (1978), Cortes Benavides (1980), Font Quer (1982), Strasburger *et al.* (1986), Fahn (1985), Dimitri & Orfila (1985) Hewson (1988), Valla (1993), Delbón (2007) y Salmaki *et al.* (2009), y de acuerdo con la morfología observada en los estudios epidérmicos de las hojas, en esta tesis se utilizó el término "pelo" *s.st.* definiéndolo como se explica a continuación:

- ✓ **Pelo:** Estructuras de origen epidérmico de crecimiento unipolar, uni o pluricelular, que tiene una porción enclavada en la epidermis y una porción elongada que se eleva por encima de las células normales de la epidermis foliar.

La nomenclatura utilizada en la descripción del tipo y densidad de la pubescencia y características de células epiteliales es una combinación de la terminología descrita por los autores antes citados, pero con predominancia a las definiciones de Lindley (1951).

OBJETIVO GENERAL

Analizar las estructuras foliares de hojas simples y compuestas, de plantas adulta de especies de *Lupinus* representativas de las dos principales áreas de distribución para determinar los caracteres diagnósticos que sirvan de apoyo a la taxonomía y filogenia del género para comprender las relaciones entre las especies que crecen en distintos ambientes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar las estructuras foliares macroscópicas de hojas simples y compuestas de una selección de especies representativas de las dos Subregiones Sudamericana de distribución de género (Subregión Atlántica y Subregión Andina).
- ✓ Analizar la morfo-anatomía de los estomas en hojas y folíolos de las especies seleccionadas.

- ✓ Hacer una revisión de las características estructurales y determinar las diferencias en la densidad de la pubescencia, las características de los pelos y las ornamentaciones de la epidermis de las hojas o folíolos de especies representativas de distintos ambientes.

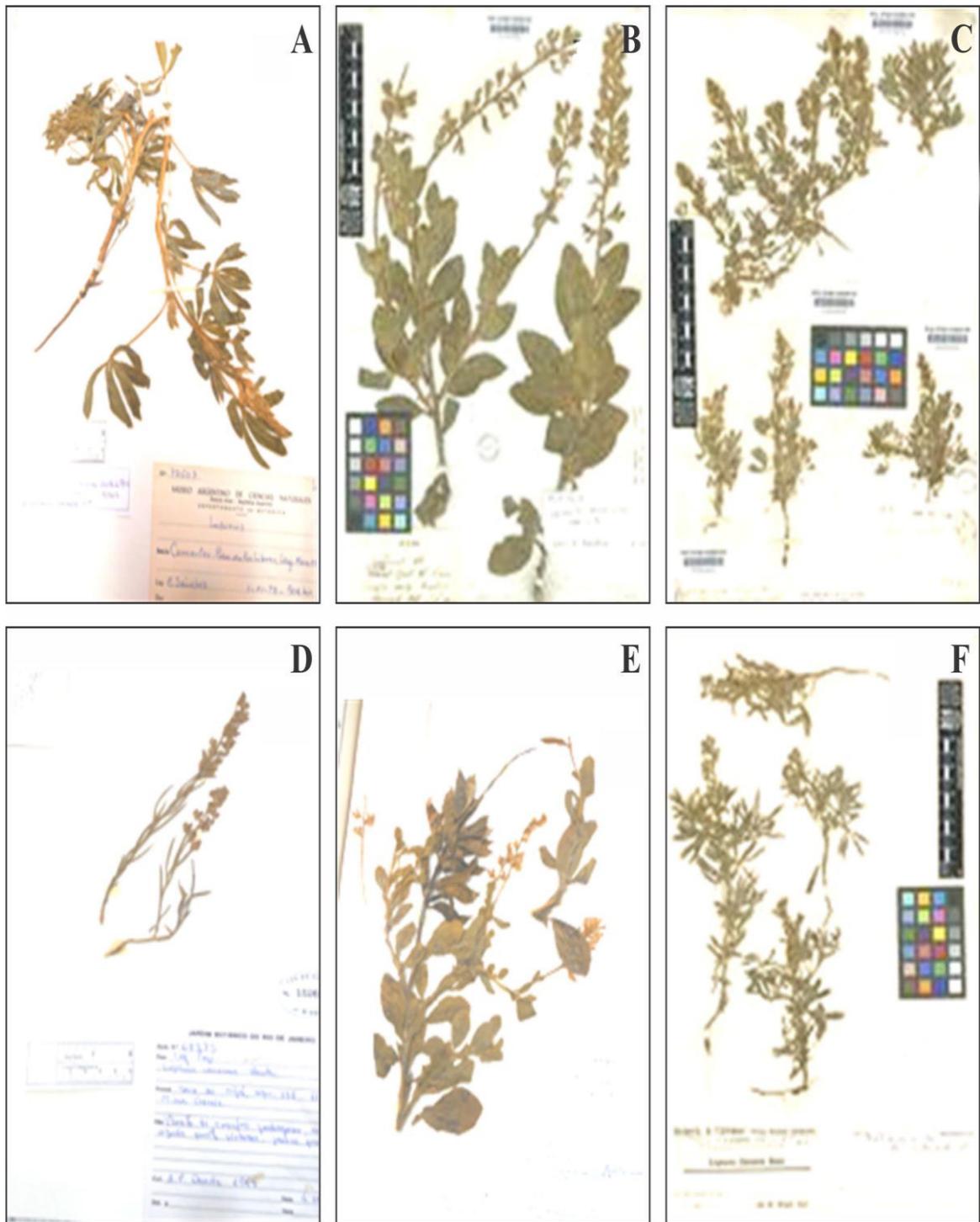
MATERIALES Y MÉTODOS

En este Capítulo se abordan las diferencias morfológicas y anatómicas de la epidermis de un grupo de especies nativas de la Subregión Atlántica y de la Subregión Andina (Planchuelo, 1994), que son las principales áreas de distribución de *Lupinus* en la Región Sudamericana y que nunca fueron estudiadas en profundidad. La validez de los nombres específicos fue verificada en: The Plant List (2013), IPNI (2017) y en la Flora del Cono Sur (Página Web Instituto Darwinion, 2019). Las especies estudiadas fueron seleccionadas según la disponibilidad de hojas y folíolos extraídos de ejemplares de los herbarios en donde se revisó el material de las colecciones y que fueron obtenidos previa autorización de los curadores de las instituciones. Las especies son:

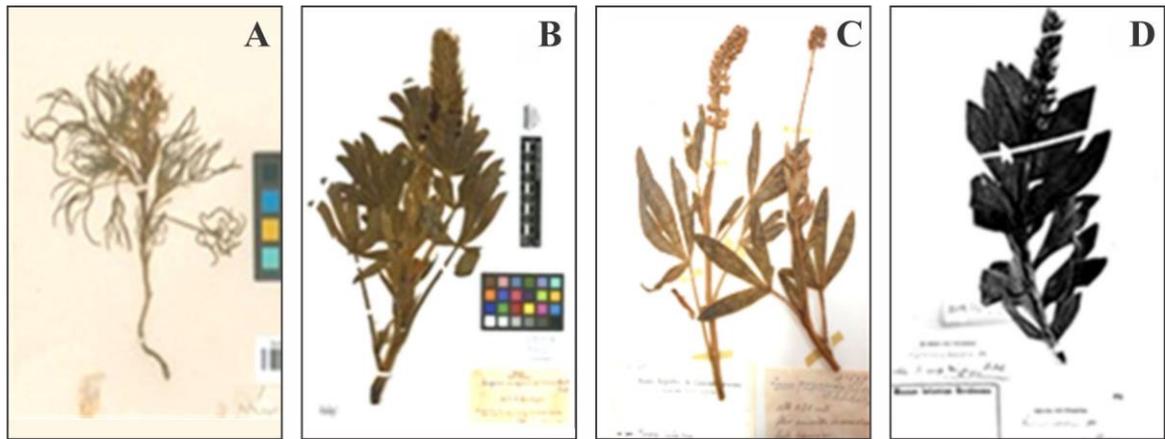
Especies representativas de la Subregión Atlántica: *Lupinus albescens* Hook. & Arn., *L. arenarius* Gardner, *L. bracteolaris* Desr., *L. coriaceus* Benth., *L. crotalarioides* Benth., *L. gibertianus* C.P.Sm., *L. linearis* Desr., *L. magnistipulatus* Planchuelo & Dunn, *L. paraguariensis* Chodat & Hassl. y *L. velutinus* Benth.

Especies representativas de la Subregión Andina: *Lupinus alivillosus* C.P.Sm., *L. grisebachianus* C.P.Sm., *L. lespedezoides* C.P.Sm., *Lupinus magniflorus* C.P.Sm.; *L. nubigenus* Kunth, *L. pubescens* Benth., *L. ramosissimus* Benth., *L. tauris* Benth.

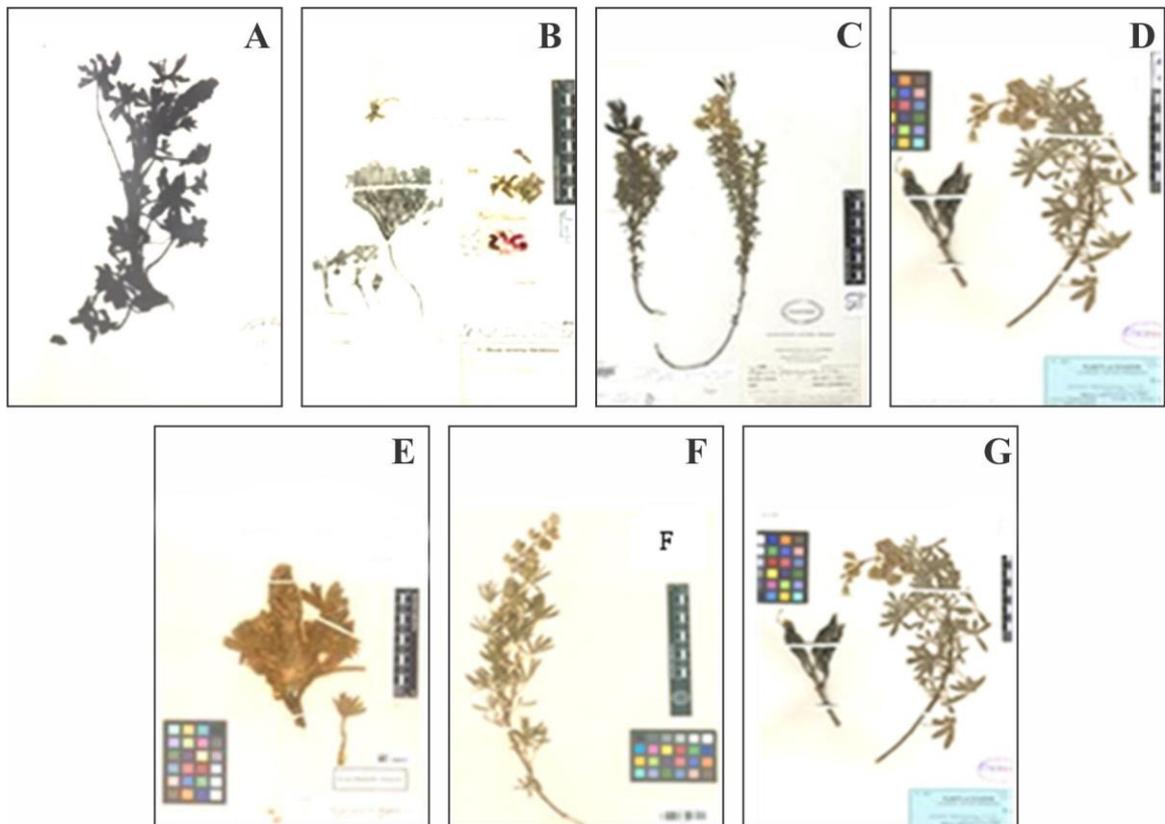
Las Fotos 3.1., 3.2., 3.3. y 3.4. muestran fotos de ejemplares de herbarios representativos de las especies estudiadas. Las fotos provienen del Banco de Datos computarizado de materiales tipos y especímenes de herbarios del JSTORE, Global Plants (ITHAKA: <https://plants.jstor.org/>), y de fotos de ejemplares de distintos herbarios tomadas durante la revisión de las colecciones. Todas ellas forman parte del banco de datos fotograficos del proyecto *Lupinus* del CREAN-IMBIV-CONICET-UNC de la FCA,UNC.



Fotos 3.1. Muestra de especímenes representativos de las especies estudiadas de la Subregión Atlántica. A: *Lupinus albescens*, Ejemplar del herbario BA; B: *L. arenarius*, Holotipo del herbario K; C: *L. bracteolaris*, Ejemplar del herbario K; D: *L. coriaceus*, Ejemplar del herbario MO; E: *L. crotalarioides*, Ejemplar del herbario MO; F: *L. gibertianus*, Ejemplar del herbario K.



Fotos 3.2. Muestras de especímenes representativos de las especies estudiadas de la Subregión Atlántica. A: *Lupinus linearis*, Ejemplar del herbario P; B: *L. magnistipulatus*, Isoparatipo del herbario R; C: *L. paraguariensis*, Ejemplar del herbario BA; D: *L. velutinus*, Ejemplar del herbario BA.



Fotos 3.3. Muestra de especímenes representativos de las especies estudiadas de la Subregión Andina. A: *Lupinus alivillosus*, Holotipo del herbario DS; B: *L. gibertianus*, Isotipo del herbario P; C: *L. lespedezoides*, Holotipo del herbario DS; D: *L. magniflorus*, Isotipo del herbario COLO; E: *L. nubigenus* Kunth, Holotipo del herbario P; F: *L. ramosissimus*, Ejemplar del herbario PI; G: *L. tauris*, Holotipo del herbario K.

DESCRIPCIÓN DE PUBESCENCIAS

El tipo de indumento o pubescencia de las hojas y folíolos fue observado en toda la superficie epidérmica en hojas de ejemplares de herbario, sin previo tratamiento, con microscopios estereoscópico binoculares con aumentos de 10-20.

Para describir los tipos de pubescencia posibles de encontrar en la epidermis se consideraron los criterios de Lindley (1951) que fueron interpretados y levemente modificados según se ilustran en la Figura 3.1.

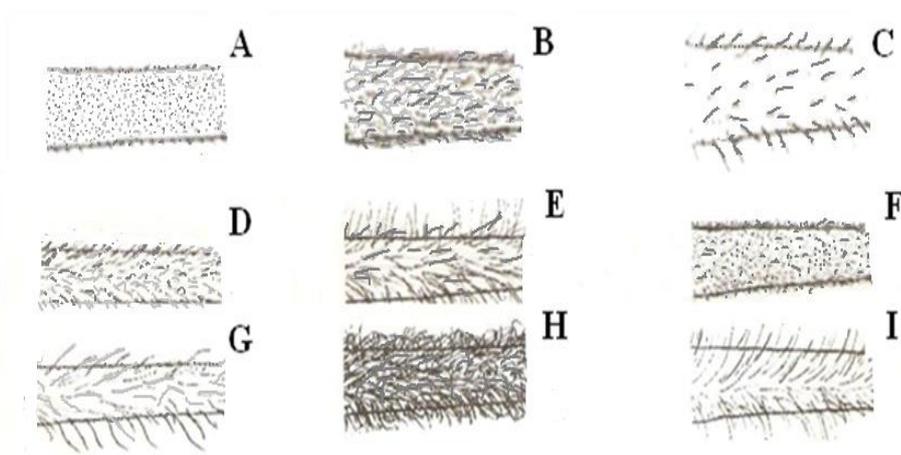


Figura 3.1. Características de los tipos de pubescencias. A: Papilosa, formada por papilas que sobresalen de la superficie epidérmica pero no son alargadas; B: Seríceea, formada por pelos finos adpresos sobre la superficie; C: Estrigosa, formada por pelos rígidos, agudos y ásperos; D: Velutina, formada por pelos cortos tipo terciopelo; E: Velloso, formada por pelos largos o largos y cortos más o menos compactos y adpresos; F: TomENTOSA, formada por pelos cortos generalmente ramificados y tupidos; G: Pilosa, formada por pelos largos o largos y cortos, más o menos esparcidos, semi-expandidos o semi-adpresos; H: Lanosa, formada por pelos largos o largos y cortos entremezclados, semejante a vellosa pero con pelos enmarañados; I: Hirsuta, formada por pelos derechos esparcidos, semi-expandidos y más o menos rígidos, si los pelos no son rígidos corresponde a Hirsuta suave.

Como consecuencia de la gran variabilidad de las longitudes de los pelos en la lámina foliar de las distintas especies, se creó la necesidad de establecer un rango de longitudes que definan claramente los pelos considerados cortos, de los considerados largos. Para ello se tomaron medidas bajo microscopio con escala ocular micrométrica y se establecieron los siguientes parámetros de referencias:

- ✓ Para las especies que poseen dos tipos bien definidos de pelos, unos cortos que tienen más o menos la mitad de la longitud de los largos. se indican las longitudes de los pelos en las siguientes categorías:
 - **Pelos cortos:** $\leq 950 \mu\text{m}$ de longitud
 - **Pelos largos:** $\geq 1.000\mu\text{m}$ de longitud
- ✓ Para las especies que no poseen pelos largos y cortos bien diferenciados en dos categorías, se indican las longitudes de los pelos en una sola categoría.
 - **Pelos intermedios:** longitud mínima-longitud máxima en micrones.

Para determinar la forma en que se insertan los pelos respecto al ángulo que forman con la superficie epidérmica se consideraron las siguientes tres categorías:

- ✓ **Pelos extendidos o erectos:** Los pelos que forman un ángulo 90° con respecto a la superficie,
- ✓ **Pelos semi-adpresos:** Los pelos que forman un ángulo de 45° con respecto a la superficie.
- ✓ **Pelos adpresos:** Los pelos que están totalmente inclinados y forman un ángulo menor a 30° con respecto a la superficie.

Las Fotos 3.4. muestra distintos tipos de pubescencia con diferentes inclinaciones de los pelos respecto a la superficie epidérmica.



Fotos 3.4. Características de la inserción de pelos en la epidermis. A: Pelos extendidos o erectos. B: Pelos semi-adpresos. C: Pelos adpresos. Fotos originales de los materiales estudiados. A: *Lupinus allivillosus* C.P.Sm.; B: *L. arenarius* Gardner; C: *L. velutinus* Benth.

Para determinar la densidad de la cobertura epidérmica independientemente del tipo de pubescencia se estableció una escala de valores con un rango de 0 a 4 en donde:

- 0** = Epidermis totalmente libre de pelos y papilas, aplicable a superficie Glabra
- 1** = Epidermis con papilas esparcidas o densas, aplicable a superficie Papilosa.
- 2** = Epidermis con pelos muy esparcidos en toda la superficie foliar, adpresos o no, o restringidos a los bordes y nervaduras, que dejan ver grandes superficies de la epidermis como si fuera glabra, aplicable a superficie Glabrosa.
- 3** = Epidermis con pelos esparcidos en toda la lámina foliar dejando ver grupos de células epidérmicas, aplicable a pubescencias: Estrigosa, cuando los pelos son rígidos y ásperos; Hirsuta, cuando los pelos están esparcidos y son más o menos rígidos; Hirsuta suave, cuando los pelos no son rígidos; Pilosa, cuando los pelos son largos o largos y cortos y están semi-expandidos o semi-adpresos.
- 4** = Epidermis con pelos adpresos cubriendo toda la superficie foliar que no dejan ver las células epidérmicas, aplicable a pubescencias: Velutina, cuando los pelos son cortos tipo terciopelo; Seríceo, cuando los pelos son más o menos largos, finos y están adpresos; Velloso, cuando hay dos capas de pelos largos o largos y cortos cubriendo toda la superficie; Lanoso, cuando hay pelos largos o largos y cortos y están enmarañados.

Para la observación anatómica de los tipos de pelos y estomas se tomó la porción media de las hojas simples y la parte media del folíolo medio de las hojas palmati-compuestas y se confeccionaron preparados histológicos temporarios y semipermanentes. Dadas las grandes diferencias en la densidad de la pubescencia que tenían las especies, para poder observar claramente las epidermis de ambas caras de las hojas y folíolos, se ensayaron diferentes técnicas histológicas para establecer cuáles eran las más apropiadas para poder obtener una buena visión de las células que componen las epidermis adaxial y abaxial de cada especie. Las técnicas empleadas fueron: el raspado y breve macerado con hipoclorito de sodio; la técnica de “peeling” (D' Ambrogio de Argüeso, 1986), peeling modificado (Zarlavsky, 2014), el método de Jeffrey (D' Ambrogio de Argüeso, 1986) y en algunos casos, la técnica de diafanización según Dizeo de Strittmater (1973). Las epidermis se colorearon con safranina diluida y se montaron en glicerina al 50%

(D'Ambrogio de Argüeso, 1986). Los preparados obtenidos fueron observados, interpretados y fotografiados con un Microscopio Zeiss, provisto de cámara fotográfica. Una selección de las fotografías son las que ilustran este Capítulo.

Con el objetivo de observar en detalle las ornamentaciones cuticulares de la epidermis, las estructuras celulares y las características de los pelos en forma tridimensional, se realizaron observaciones con microscopio electrónico de barrido (MEB). Los materiales utilizados fueron trozos de hojas o folíolos obtenidos de la misma manera que la utilizada para los estudios de microscopía óptica. El material fue montado sin realizar el punto crítico por ser materiales deshidratados muertos, según directivas de los técnicos del Laboratorio de Microscopía Electrónica y Análisis por Rayos X (LAMARX) de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física, UNC.

Para poder observar los estomas en las epidermis de la lámina de las especies con pubescencia densa del tipo viloso o lanoso se eliminaron los pelos mediante una máquina de afeitar manual que se pasó suavemente en el trozo de lámina foliar fijada en un portaobjeto. El montaje fue en tacos con cinta de carbono doble faz, y cubiertos con una capa de 12 nm de oro. Las fotografías fueron tomadas según las observaciones realizadas en un microscopio Zeiss, modelo Sigma con un cañón Géminis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS EPIDÉRMICAS CON MICROSCOPIA ÓPTICA

Los análisis epidérmicos mediante observaciones de preparados obtenidos por distintas técnicas histológicas permitieron tener una evaluación de las células epidérmicas y su distribución en relación a los tipos de estomas y pelos que cubren la lámina foliar de las especies estudiadas.

CARACTERÍSTICAS FOLIARES COMUNES A TODAS LAS ESPECIES DE AMBAS SUBREGIONES

Las investigaciones mostraron que las especies de ambas Subregiones (Atlántica y Andina) presentaron similitudes respecto a los siguientes caracteres:

- ✓ **ESTOMAS:** Las especies de ambas Subregiones tienen estomas en ambas caras de la lámina foliar, por lo tanto, los órganos foliares son considerados como anfistomáticos. Según las características celulares, la mayoría de los estomas son anomocíticos o ranunculáceos, es decir sin células anexas, siendo el tipo más común y presente en otros géneros de Leguminosas (Taia, 2004; Freire *et al.*, 2005). En algunas especies de la Subregión Atlántica se encontraron también estomas anisocíticos o crucíferos con tres células auxiliares, y en otras especies ambos tipos de estomas. Como característica general se encontró que los estomas están levemente hundidos en relación al nivel de las células epidérmicas en concordancia con lo observado por Golovchenko (2000), Seisdedos & Planchuelo (2011) y Zamora-Natera & Terrazas (2012).
- ✓ **PUBESCENCIA:** Varias especies, independientemente de la Subregión en donde crecían los ejemplares estudiados, presentaron la cara adaxial glabra, lo que indicó que la pilosidad foliar es una característica netamente genética y no está restringida o relacionada a factores ambientales. Si bien se encontraron diferencias en la densidad de la pubescencia en ambas caras de la lámina en plantas de una misma especie, la totalidad de los materiales estudiados mostraron una mayor densidad de pubescencia en la cara abaxial, por lo tanto, esa particularidad puede ser considerada como una plesiomorfía genérica y no una adaptación ambiental.
- ✓ **PELOS:** Si bien hay varios tipos de pelos que están presentes en distintas proporciones en unas y otras especies, en la mayoría de ellas son tricelulares, formados por una célula basal globosa vacuolizada de paredes delgadas y de mayor tamaño que las otras células epidérmicas, que sostiene un epitricopodio de paredes gruesas y por encima una célula apical acicular con base redondeada y denso contenido citoplasmático (Fig. 3.2). Esta descripción del tipo de pelo fue dado a conocer por primera vez para el género *Lupinus* en un estudio de plántula

de dos especies graníferas (*Lupinus albus* y *L. angustifolius*) por Seisdedos & Planchuelo (2018). En la Foto 3.11, se vé un canal que se forma en la célula apical que sirve para coleccionar agua de rocío que es típico de ambientes de montaña.

La Figura 3.2 muestra una fotomicrografía de un pelo tricelular típico de las epidermis foliares de las especies de *Lupinus*, señalando las células que lo constituyen.

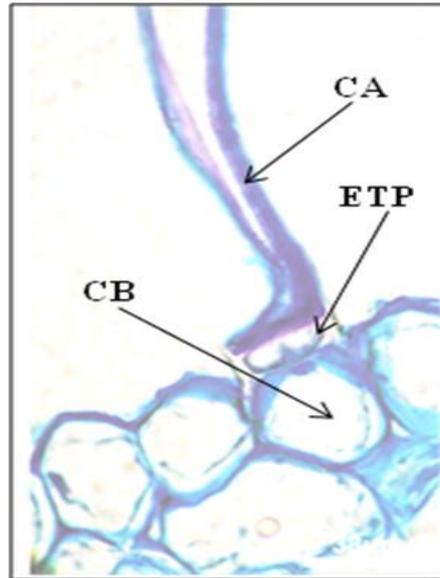


Figura 3.2. Estructura anatómica de un pelo tricelular típico de especies de *Lupinus*. Referencias. CA= célula apical; ETP=epitricopodio; CB=célula basal.

CARACTERÍSTICAS FOLIARES EXCLUSIVAS DE LAS ESPECIES DE LA SUBREGIÓN ATLÁNTICA

A continuación, se caracterizan los tipos foliares y las epidermis de las especies que son nativas de la Subregión Atlántica agrupadas por las particularidades de presentar hojas simples, simples y palmati-compuestas o solamente palmati-compuestas.

ESPECIES DE LA SUBREGIÓN ATLÁNTICA DE HOJAS SIMPLES

Este grupo de especies presenta solamente hojas simples en todo el ciclo de vida de las plantas y son exclusivas de esta subregión. Un grupo de ocho especies muy semejantes crecen en la parte norte del Estado de Florida y en una angosta franja costera en algunos de los Estados desde Carolina del Sur a Mississippi, que según los trabajos de Dunn (1971)

son parientes cercanos relacionados con una dispersión a larga distancia, posiblemente por pájaros migratorios que transportaron las semillas desde las costas de Brasil. Si bien la morfología y las características foliares de estos dos grupos de especies con distribución disyunta son idénticas, estudios moleculares mostraron que no hay relación de parentesco entre ellas (Eastwood *et al.*, 2008).

***Lupinus arenarius* Gardner**

Es una especie perenne sufruticosa de 50-70 cm de altura, que crece en la zona del Cerrado brasileño Monteiro & Gibbs (1986). Las hojas son simples, oval-lanceoladas, 4-5 x 2-3,5 cm, pecioladas con estípulas formando una vaina en el pecíolo y parte libre subulada de 2-3 mm. Con respecto a los estomas: las hojas son anfistomáticas, con estomas de tipo anomocítico. Los pelos son tricelulares con cutícula ornamentada. La pubescencia es subadpresa vellosa, con pelos tricelulares cortos y largos. En la cara adaxial los cortos miden 350-500 µm y los largos, 1.300 µm, en la cara abaxial los cortos miden 400-600 µm y los largos 1.900 µm. En la base de los pelos se encuentran ocho células epidérmicas en forma radiadas (Fotos 3.5. B1, B2, B3; B4 y Foto 3.10. E).

***Lupinus coriaceus* Benth.**

Es una especie perenne con tallos casi sin ramificaciones saliendo de la base de la corona caulinar, de 20 a 50 cm de altura, que crece en la zona del Cerrado brasileño (Monteiro & Gibbs, 1986). Las hojas son simples sentadas linear lanceoladas de 4-12 x 0.5-1 cm, y coriáceas, sin porción libre de estípulas. Con respecto a los estomas: las hojas son anfistomática, con estomas de tipo anisocítico. La cara adaxial es glabra y la abaxial tiene pocos pelos tricelulares especialmente en bordes y nervaduras. Los pelos son cortos de 400-500 µm y largos de 1000-1.200 µm. En la base de los pelos se encuentran ocho células epidérmicas radiadas (Fotos. 3.5. D1-D2 y Fotos 3.9. B y C).

***Lupinus crotalarioides* C. Mart. ex Benth.**

Es una especie perenne herbácea de 30 cm a 1 m de altura que crece en el Distrito Federal y en los Estados de Goiás y Minas Gerais en Brasil (Monteiro & Gibbs, 1986). Las hojas son simples con la lámina ovoide 3.5-9 x 2-5 cm, pecioladas con la parte libre de las estípulas foliácea y triangular. Con respecto a los estomas: las hojas son anfistomáticas, con estomas de tipo anomocítico. En ambas caras de las hojas la pubescencia es pilosa con

pelos tricelulares, lisos, cortos de 400-500 μm y largos de 1.000-1.200 μm . En la cara abaxial la pubescencia es más adpresa y un poco más densa que la adaxial. En la base de los pelos hay ocho células en forma radiada (Foto.3.5. E1; Foto 3.8. A y Foto 3.10. C)

***Lupinus velutinus* Benth.**

Es una especie perenne de 30-50 cm de altura, que crece en el Cerrado brasileño (Monteiro & Gibbs, 1986). Las hojas son simples pecioladas, con lámina oval-elíptica 6-13 x 2-6.5 cm y estípulas con la parte libre triangular de 8-15 x 3-5 mm. Con respecto a los estomas: las hojas son anfistomáticas, con estomas de tipo anomocítico y anisocítico. La pubescencia es densa, vellosa y adpresa en ambas caras de la hoja, formada por dos tipos de pelos unos tricelulares, largos de 1.600-2.700 μm con cutícula ornamentada y con 10 células epidérmicas radiadas en la base y otros pluricelulares rectos y cortos de 200 μm (Fotos 3.6. E1-E2; Foto 3.10.D y Foto. 3.11. C).

La Tabla 3.1 resume las características epidérmicas típicas de las hojas simples de las especies de la Subregión Atlántica que fueron seleccionadas.

Tabla 3.1. Características típicas de la epidermis de las hojas de una muestra de especies nativas, de hojas simples, de la Región Sudamericana, Subregión Atlántica

Especie	Estomas	Pubescencia		Características de los pelos
		Adaxial	Abaxial	
<i>L. arenarius</i>	Anomocítico	Vellosa 3	Vellosa 3-4	Tricelulares cortos: 350-500 μm Tricelulares largos: 1.300-1.900 μm Pluricelulares cortos: 130-140 μm
<i>L. coriaceus</i>	Anisocítico	Glabra 0	Glabrosa 1	Tricelulares cortos 400-500 μm Tricelulares largos: 1.000-1200 μm
<i>L. crotalarioides</i>	Anomocítico	Pilosa 3	Pilosa 4	Tricelulares cortos 370-600 μm Tricelulares largos: 1.200-1.300 μm
<i>L. velutinus</i>	Anomocítico y Anisocítico	Vellosa 4	Vellosa 4	Tricelulares largos: 1.600-2.700 μm Pluricelulares: 200 μm con ornamentaciones

ESPECIES DE LA SUBREGIÓN ATLÁNTICA CON HETEROBLASTIA O HETEROFILIA DE HOJAS SIMPLES Y PALMATI-COMPUESTAS EN ESTADO JUVENIL O ADULTO

Las características de este grupo de especies son exclusivas de la Subregión Atlántica de la Región Sudamericana y no se encuentran en ninguna otra especie de otras Subregiones. El carácter diferencial es que presentan hojas simples sólo en estado juvenil o en la planta adulta, siendo simple la primera hoja de ramas laterales y el resto de las hojas son palmati-compuestas. En el caso de *Lupinus albescens* la hoja simple es la primera y a veces también la segunda hoja que se desarrollaron de la plúmula del embrión y que al germinar la semilla se desarrollan por encima de los cotiledones (Planchuelo & Dunn, 1984) y en estado adulto solo presenta hojas palmati-compuestas, mientras que *L. magnistipulatus* las hojas simples forman una corona de hojas en la base de la planta juvenil pero no se encuentran luego en los ejes caulinareos de las plantas. El único caso de especie que posee los dos tipos de hojas en la planta adulta es *L. paraguariensis* en donde las hojas simples están representadas solamente por la primera hoja de un brote de una yema lateral de cualquier hoja normal palmaticompuesta de la planta adulta.

***Lupinus albescens* Hook & Arn.**

Es una especie que se comporta como anual, bienal o cortamente perenne, de estructura herbácea de 30 a 60 cm de altura, que habita a lo largo del río Paraná al sur de Brasil, Paraguay y Mesopotamia Argentina (Planchuelo & Dunn, 1984; Planchuelo, 1999). Las hojas son palmati-comuestas pecioladas con (5) 7-10 folíolos en la planta adulta y sólo una o dos hojas simples en estado de plántula, los folíolos son oblanceolados con lámina de 5-9 cm x 10-12 (15) mm, las estípulas son subuladas con una parte libre de 10-15 mm de largo. Con respecto a los estomas: los folíolos son anfiestomáticos, con estomas de tipo anisocítico y anomocítico. La pubescencia es pilosa en ambas caras, los pelos son tricelulares, sin ornamentación, los cortos miden 200-250 µm y los largos, 1.200-1.400 µm. Alrededor de la base de los pelos se disponen de doce a trece células en forma radial. (Foto 3.5.A1-A2 y Fig. 3.8. D).

***Lupinus magnistipulatus* Planchuelo & Dunn**

Es una especie perenne, erecta de estructura herbácea de 20 a 35 cm de altura, que crece en Brasil, Paraguay y Misiones a orilla de los ríos y bordes de caminos (Planchuelo & Dunn, 1989; Planchuelo, 1999). Las hojas son simples en los primeros estadios de la planta y forman una roseta de hojas en la base de la planta adulta, el resto de las hojas son palmati-compuestas con (3)5-7 folíolos oblanceolados 5-7 cm x 8-15 mm, las estípulas son foliáceas con una parte libre de 4-7 cm. Con respecto a los estomas: los folíolos son anfistomáticos con estomas de tipo anomocítico y anisocítico. La pubescencia es lanosa en ambas caras, formada por pelos tricelulares cortos y largos. En la cara adaxial los cortos miden 300 μm y los largos 2.100 μm y en la cara abaxial los pelos cortos miden 500 μm y los largos 3.000 μm . En la base de cada pelo hay doce células distribuidas en forma radial (Fotos 3.6. C1, C2, C3).

***Lupinus paraguariensis* Chodat & Hassl.**

Es una especie bienal o cortamente perenne, de 20 a 48 cm de altura que habita en el sur de Brasil, Paraguay y en Argentina en las provincias de Misiones y Corrientes (Planchuelo & Dunn, 1984; Planchuelo, 1999). Las hojas son simples en la etapa juvenil de la planta y en la primera hoja de cada rama en la planta adulta y el resto son hojas palmati-compuestas con 3-5(7) folíolos. Todas las hojas son pecioladas con estípulas con parte libre triangular de 5 x 2 mm. Las hojas simples y las hojas palmati-compuestas con (3) 5 (7) folíolos tienen lámina anchamente elíptica, 10-13 x 2-3,5(4,5) cm. Con respecto a los estomas: las hojas y los folíolos son anfistomáticos con estomas de tipo anomocítico y anisocítico. La pubescencia es densa con pelos tricelulares en ambas caras de entre 3.500 y 4.000 μm de largo. En la base de los pelos se encuentran diez a doce células distribuidas en forma radial. (Fotos 3.6. D1-D2).

La Tabla 3.2 resume las características típicas de las especies de la Subregión Atlántica de hojas simples y palmati-compuestas que fueron seleccionadas para los estudios epidérmicos.

Tabla 3.2. Características típicas de la epidermis de hojas y folíolos de una muestra de especies nativas con heteroblastia o heterofilia de la Región Sudamericana, Subregión Atlántica

Especie	Estomas	Densidad de pubescencia		Características de los pelos
		Cara Adaxial	Cara Abaxial	
<i>L. albescens</i>	Anomocítico y Anisocítico	Pilosa 3	Pilosa 3-4	Tricelulares cortos: 200-250 μm Tricelulares largos: 1.200-1.400 μm
<i>L. magnistipulatus</i>	Anomocítico y Anisocítico	Lanada 4	Lanada 4	Tricelulares cortos 300-500 μm Tricelulares largos: 2.100-3.000 μm
<i>L. paraguariensis</i>	Anomocítico y Anisocítico	Vellosa 3	Vellosa 4	Tricelulares largos: 3.500-4.000 μm

ESPECIES DE LA SUBREGIÓN ATLÁNTICA CON SOLO HOJAS PALMATI-COMPUESTAS

Este grupo de especies presenta sólo hojas palmati-compuestas en todo el ciclo de la planta que corresponde a la morfología foliar típica y más común en todas las especies de *Lupinus* que crecen en todas las áreas de distribución del género.

***Lupinus bracteolaris* Desr.**

Es una especie anual de pequeño porte 10-30 cm de alto, con pubescencia extendida en todas sus partes vegetativas, que crece en suelos arenosos a orillas de ríos y arroyos, en Brasil, Paraguay, Uruguay y noreste argentino (Planchuelo, 1996b, 1999). Las hojas son palmati-compuestas pecioladas con 3-7 folíolos obovados, oblanceolados o oval-elípticos, de 1,5-3 cm x 2,5-5 mm, con estípulas con parte libre foliáceas de 12-25 x 3-4 mm. Con respecto a los estomas: los folíolos son anistomáticos con estomas de tipo anomocíticos. Ambas caras de los folíolos son pilosas con pelos largos expandidos y erectos de 2.400-4.000 μm de longitud, los pelos están en mayor densidad en la cara abaxial. En la base de los pelos se encuentra ocho células distribuidas en forma radial. (Fotos 3.5. C1, C2; Fotos 3.8 B y C; Foto 3.10. B y Fotos 3.11.A).

***Lupinus gibertianus* C.P. Smith**

Es una especie anual herbácea de 20-70 cm de altura que crece en el sur de Brasil, Paraguay, Uruguay, Chaco, Misiones, Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe. (Dunn & Planchuelo, 1981; Planchuelo, 1999). Las hojas son palmati-compuestas pecioladas con (5)7 folíolos de distintas formas y tamaños que dieron origen a la descripción de las siguientes tres variedades (Planchuelo & Fuentes, 2001): *Lupinus gibertianus* C.P.Sm. var. *gibertianus*, con folíolos angostamente oblanceolados de 15-25 x 4-6 mm; *L. gibertianus* C.P.Sm. var. *reineckianus* (C.P.Sm.) Planchuelo & E. Fuentes, con folíolos oblanceolados de 28-38 x 7-8,5 mm y *L. gibertianus* C.P.Sm. var. *berroanus* (C.P.Sm.) Planchuelo & E. Fuentes con folíolos anchamente oblanceolados, de 30-45 x 10-15 mm. Con respecto a los estomas: en todas las variedades los folíolos son anfistomáticos con estomas de tipo anomocítico en su mayoría, aunque se pueden observar algunos de tipo anisocítico en la cara abaxial. La cara adaxial es glabra mientras que la cara abaxial tiene pelos tricelulares semi-densos de longitudes intermedias 400-900 μm . En la base de los pelos se encuentran diez a doce células distribuidas en forma radial (Foto 3.6. A1, Foto 3.9. A y Foto 3.10. A).

***Lupinus linearis* Desr.**

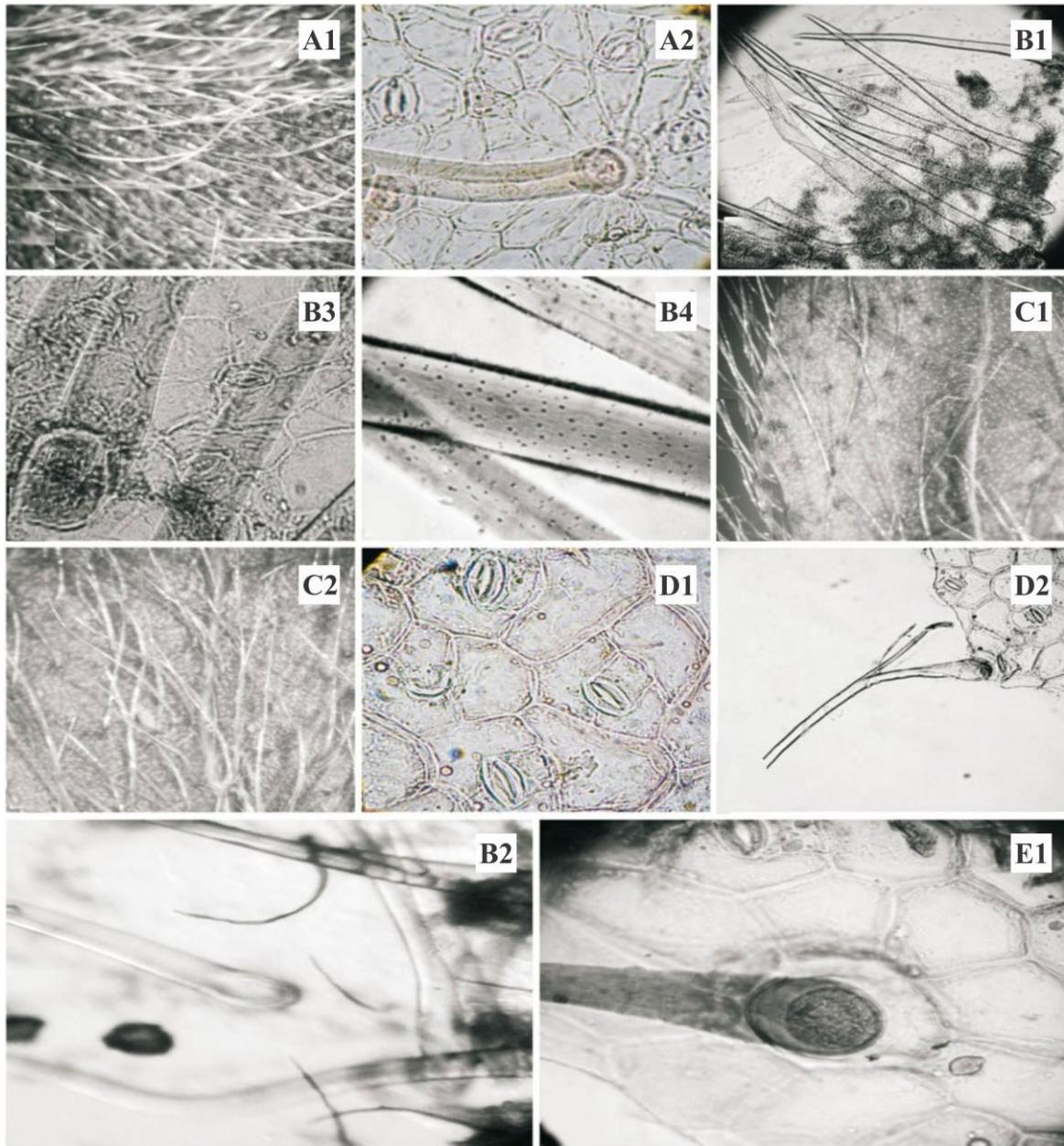
Es una especie anual, herbácea, de porte bajo de no más de 40 cm de altura, que crece en suelos arenosos de la Mesopotamia argentina (Misiones, Corrientes y Entre Ríos) Uruguay, Paraguay y sureste de Brasil (Planchuelo, 1999; Planchuelo & Fuentes, 2001). Las hojas son palmati-compuestas, pecioladas con (5) 7-9 folíolos lineares de 3,5-4,5 cm x 1,5-3 mm, con estípulas con parte libre linear subulada de 3-6 mm de longitud. Con respecto a los estomas: los folíolos son anfistomáticos con estomas de tipo anomocítico. La cara adaxial es glabra y la cara abaxial presenta pelos tricelulares de distintas longitudes intermedias de 450-900 μm de largos, en la base de cada pelo hay seis células epidérmicas distribuidas en forma radial. Esta especie tiene afinidades morfológicas con la cultivada *L. angustifolius* L. (Planchuelo 1996a). (Fig.3.6. B1.)

La Tabla 3.3 resume las características típicas de la epidermis de las especies de la Subregión Atlántica de hojas palmati-compuestas que fueron seleccionadas para los estudios epidérmicos.

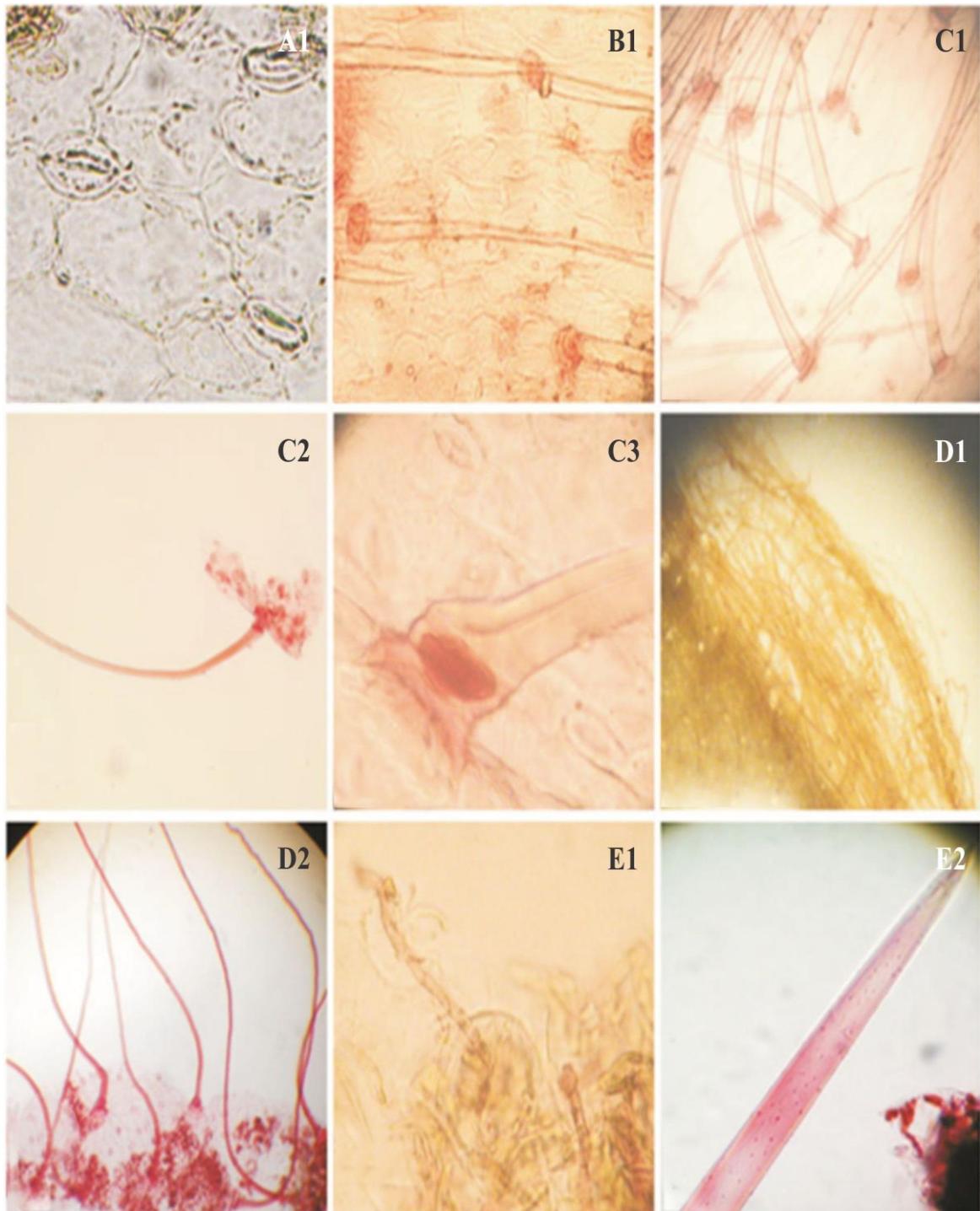
Tabla 3.3. Características típicas de la epidermis de los folíolos de una muestra de especies nativas de hojas palmati-compuestas de la Región Sudamericana, Subregión Atlántica

Especie	Estomas	Densidad de pubescencia		Características de los pelos
		Cara Adaxial	Cara Abaxial	
<i>L. bracteolaris</i>	Anomocítico	Pilosa 2-3	Pilosa 3	Tricelulares largos: 2.400-4.000 μm
<i>L. gibertianus</i>	Anomocítico	Glabra 0	Pilosa 3	Tricelulares intermedios 400-900 μm
<i>L. linearis</i>	Anomocítico	Glabra 0	Pilosa 2-3	Tricelulares intermedios 450-900 μm

En las Fotos 3.5 y 3.6. se muestra una selección de la pubescencia, de las características de los estomas y de los pelos de las caras adaxiales y abaxiales de hojas y folíolos de las especies tratadas, ordenadas alfabéticamente por el epíteto específico.



Fotos 3.5. Ejemplos de epidermis foliar de especies de la Subregión Atlántica. Referencias: A: *Lupinus albescens*: A1, Cara adaxial, 40x; A2, cara adaxial, detalle de estomas y pelos 400x.- B: *L. arenarius*; B1, Cara abaxial, 100x; B2, Cara adaxial detalle de pelo tricelular y tres pelos más cortos pluricelulares, 400x; B3, Cara abaxial, detalle de estoma cubierto por un pelo tricelular, 400x; B4, detalle de ornamentación de la cutícula de un pelo tricelular, 600x;. C: *L. bracteolaris*: C1, Cara adaxial, 40x; C2, Cara abaxial, 40x; D: *L. coriaceus*; D1, Cara adaxial mostrando estomas anisocíticos, 400x; D2, Cara abaxial, detalle de un pelo, 100x; E: *L. crotalarioides*: E1, Vista en detalle de la porción basal de un pelo tricelular mostrando las células epidérmicas rodeando al pelo en forma radiada.



Fotos 3.6. Ejemplos de epidermis foliar de especies de la Subregión Atlántica. Referencias: A: *Lupinus gibertianus*: A1, Cara adaxial, vista de estoma en epidermis glabra, 400x; B: *L. linearis*: B1, Cara abaxial mostrando pelos tricelulares, 100x; C: *L. magnistipulatus*: C1, Cara adaxial, mostrando pelos tricelulares 100x; C2, Detalle de un pelo tricelular aislado, 100x; C3, Detalle de la porción basal de un pelo tricelular mostrando el epitricopodio la base de la célula apical, 400x; D: *L. paraguariensis*: D1, Cara abaxial mostrando la pubescencia densa, 40x; D2: Detalle de pelos tricelulares, 100x; E: *L. velutinus*, E1, Cara abaxial detalle de un pequeño pelo pluricelular, 400x; E2, Detalle de las pequeñas ornamentaciones de la cutícula de la célula apical de un pelo tricelular, 400x.

CARACTERÍSTICAS FOLIARES EXCLUSIVAS DE LAS ESPECIES DE LA SUBREGIÓN ANDINA

A continuación, se caracterizan los tipos foliares y las epidermis de las especies que son nativas de la Subregión Andina. En esta Subregión no se presentan diferencias por tipos de hojas ya que todas las especies poseen hojas palmati-compuestas.

***Lupinus alivillosus* C.P.Sm.**

Es una especie perenne herbácea, de porte erecto de 20-60 cm de altura, se la considera una especie relictica que crece en la zona de Tafí del Valle en Tucumán, Argentina (Planchuelo, 1978, 1999). Las hojas son palmati-compuestas, pecioladas con 7-9 folíolos oblanceolados 1,5-2,5 cm x 4-7 mm, con estípulas con parte libre subulada de 7-13 mm de longitud. Con respecto a los estomas: los folíolos son anfistomáticos con estomas de tipo anomocítico. La cara adaxial es papilosa y la cara abaxial presenta una pubescencia extendida, semidensa de pelos tricelulares largos de 1.500-2.500 μm , en la base de cada pelo hay seis células epidérmicas distribuidas en forma radial (Fotos 3.7. A1, A2; Fotos 3.9 D y Foto 3.9. B).

***Lupinus grisebachianus* C.P.Sm.**

Es una especie perenne, subfrútice de 30-40 cm de altura, con numerosos tallos que nacen en la base de la planta de un caulex semi enterrado, nativa del noroeste de Argentina y crece en las laderas y valles de Jujuy, Salta y Tucumán por encima de los 3000 m s.n.m. (Planchuelo & Dunn, 1980, Fabbroni *et al.*, 2019). Es una especie afín a *L. subacaulis* y *L. subinflatus* de las cuales se diferencia entre otros caracteres por su densa pubescencia. Las hojas son palmati-compuestas, pecioladas con 9-11 folíolos oblanceolados de 2,5-4 x 0,5-0,7 cm, con estípulas con parte libre subulada de 6-10 mm de longitud. Con respecto a los estomas: los folíolos son anfistomáticos con estomas de tipo anomocítico hundidos. Ambas caras de los folíolos tienen pubescencia serícea, siendo la cara abaxial un poco más densa. Los pelos son tricelulares de dos longitudes, los cortos 200-500 μm y los largos 900-1.200 μm , en la base de cada pelo hay ocho células epidérmicas distribuidas en forma radial (Fotos 3.7. B1, B2).

***Lupinus lespedezoides* C.P.Sm.**

Es una especie perenne herbácea, de porte erecto de 20-40 cm de altura, crece en los Andes y fue coleccionada en Colombia (Smith, 1944). Las hojas son palmati-compuestas, cortamente pecioladas con 5-7 folíolos oblanceolados 2-3 cm x 3-5 mm con lámina semi-coriácea, con estípulas con parte libre subulada muy pequeñas de no más de 4 mm. Con respecto a los estomas: los folíolos son anfistomáticos con estomas de tipo anomocítico encriptado. La cara adaxial tiene pubescencia rala y la cara abaxial tiene pubescencia más densa, en ambas caras la cutícula es gruesa. Los pelos son tricelulares con cutícula ornamentada, de dos longitudes, en la cara adaxial los cortos de 200 μm y los largos de 800 μm y en la cara abaxial los cortos de 500 μm y los largos de 1.000 μm , en la base de cada pelo hay ocho células epidérmicas distribuidas en forma radial. (Fotos 3.7. C1, C2; Foto 3.8. E y Foto 3.9. F).

***Lupinus magniflorus* C.P.Sm**

Es una especie subarborescente de 60-120 cm de altura que crece en las laderas y valles de los Andes de Ecuador (Smith, 1940) su distribución está pendiente porque posiblemente esté relacionada con otras especies subarborescentes de los Andes Centrales. Su epíteto específico hace referencia a sus flores grandes de 2-2,5 cm. Las hojas son palmati-compuestas con 5-7 folíolos elípticos a elípticos oblanceolados 14-25 x 3-5 mm, con estípulas con parte libre subulada de 3-5 mm. Con respecto a los estomas: los folíolos son anfistomáticos con estomas de tipo anomocíticos encriptados. La cara adaxial es papilosa, y la cara abaxial pilosa con pelos tricelulares cortos de 200-400 μm y largos de 1000-1.200 μm (Foto 3.7. D1; Foto 3.8. F y Foto 3.9. E).

***Lupinus nubigenus* Kunth**

Es una especie perenne matosa con ramificaciones basales y sin tallo principal desarrollado que crece a más de 4000 m s.n.m. en los Andes de Ecuador y Perú es una de las especies analizadas para incluir en la Lista Roja de Especies Amenazadas (Planchuelo *et al.*, 2019). Las hojas son palmati-compuestas largamente pecioladas, con 7-9 folíolos oblanceolados, de 3,5-4,5 cm x 5-8 mm, con estípulas linear-lanceolada con parte libre de 10 mm de longitud. Con respecto a los estomas: los folíolos son anfistomáticos con

estomas anomocíticos. La cara adaxial con pubescencia vellosa y la abaxial lanosa ambas caras con pelos cortos de 200 a 500 μm y pelos largos de 2.000-2.700 μm (Foto 3.10. F)

***Lupinus ramosissimus* Benth.**

Es una especie arbustiva muy ramosa de 90-130 cm de altura, que crece en las laderas montañosas y valles de los Andes de Ecuador y Perú, su estado de conservación fue evaluado como parte de los estudios de especies para ser incluidas en la Lista Roja de Especies Amenazadas (Planchuelo *et al.* 2019). Las hojas son palmati-compuestas con pecíolos del mismo largo que los folíolos en número de 5-7, lineares 20-30 x 2-3 mm con estípulas con la parte libre linear de 2-3 mm. Con respecto a los estomas: los folíolos son anfistomáticos con estomas anomocíticos. La cara adaxial es glabra y la cara abaxial vellosa con pelos tricelulares de distintos tamaños que van de 200-800 μm (Foto 3.7. E1)

***Lupinus tauris* Benth.**

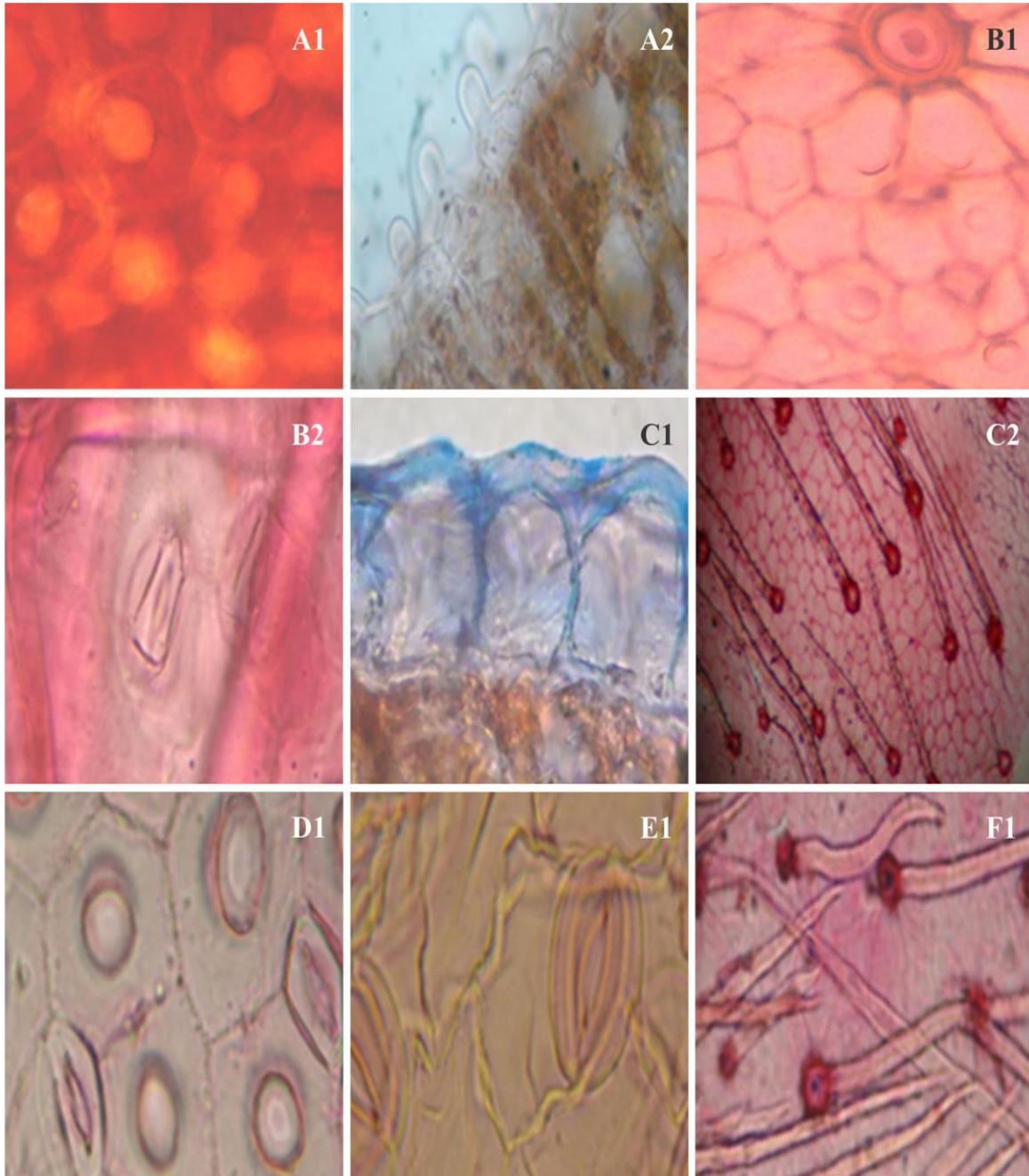
Es una especie que forma un subarbusto bajo achaparrado de 40-60 cm de altura que crece en las laderas montañosas y valles de los Andes de Colombia, Ecuador y Perú (Smith, 1944, 1951) Las hojas palmati-compuestas cortamente pecioladas con 4-5 folíolos carnosos con márgenes revolutos, 10-11 x 3-3,5 mm. Con respecto a los estomas: los folíolos son anfistomáticos con estomas anomocíticos. Los folíolos tienen pubescencia estrigosa en ambas caras siendo la abaxial un poco más densa y ambas caras con pelos de distintos tamaños que van de los 300 a los 900 μm (Foto 3.7. F.1).

La Tabla 3.4 resume las características típicas de la epidermis de las especies nativas de la Subregión Andina que fueron seleccionadas para los estudios epidérmicos.

Tabla 3.4. Características típicas de la epidermis de los folíolos de una muestra de especies nativas de hojas palmati-compuestas, de la Región Sudamericana, Subregión Andina

Especie	Estomas	Densidad de pubescencia		Características de los pelos
		Cara Adaxial	Cara Abaxial	
<i>L. allivillosus</i>	Anomocíticos	Papilosa	Pilosa 2	Tricelulares largos: 1.500-2.500 μm
<i>L. grisebachianus</i>	Anomocíticos	Seríceea 3-4	Seríceea 4	Tricelulares cortos 200-800 μm Tricelulares largos: 1000-1.200 μm
<i>L. lespedezoides</i>	Anomocíticos	Pubescente 2	Pubescente 3	Tricelulares cortos 200-500 μm Tricelulares largos: 1.000-1.200 μm
<i>L. magniflorus</i>	Anomocíticos	Papilosa 0	Pilosa 3	Tricelulares cortos 200-400 μm Tricelulares largos: 1.000-1.200 μm
<i>L. nubigenus</i>	Anomocíticos	Vellosa 4	Lanosa 4	Tricelulares cortos 200-400 μm Tricelulares largos: 2.000-2.700 μm
<i>L. ramosissimus</i>	Anomocíticos	Glabra 0	Vellosa 3	Tricelulares intermedios 200-800 μm
<i>L. tauris</i>	Anomocíticos	Estrigosa suave 3	Estrigosa suave 4	Tricelulares intermedios 300-900 μm

En las Fotos 3.7 se muestra una selección de ejemplos de epidermis de especies que crecen en la Subregión Andina de la Región Sudamericana.



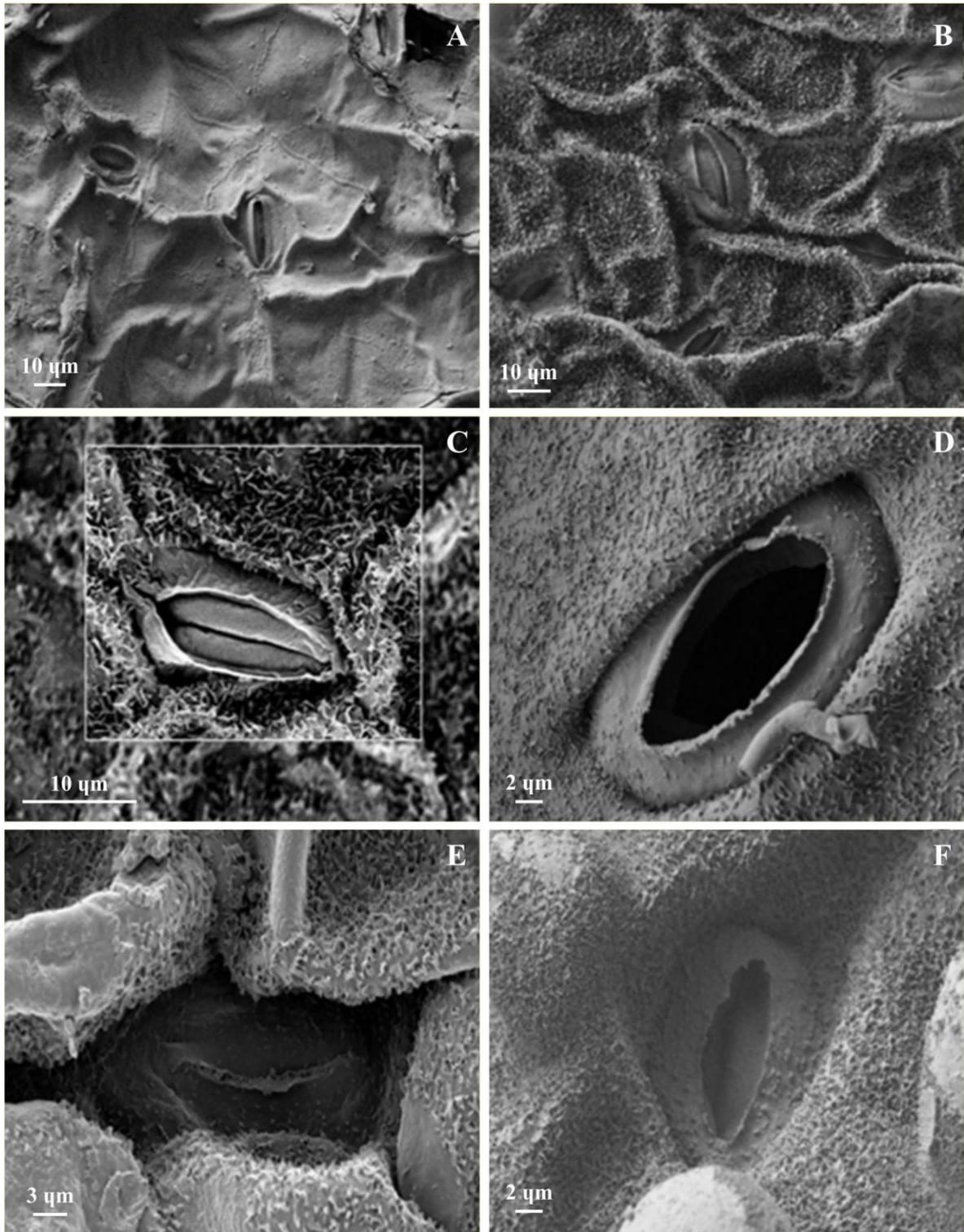
Fotos 3.7. Ejemplos de epidermis foliar de especies de la Subregión Andina. Referencias: A: *Lupinus alivillosus*. A1: Cara adaxial glabra papilosa, 400x; A2: Cara adaxial, vista lateral de papilas. B: *L. grisebachianus*; B1: Cara adaxial, células epidérmicas distribuidas en forma radiada en la base de un pelo tricelular y estomas 400x; B2: Cara adaxial, mostrando estomas hundidos en vista superficial 400x C: *L. lespedezoides*; C1: Borde de la lámina foliar mostrando células epidérmicas de la cara adaxial con cutícula gruesa, 600x C2: Cara abaxial, mostrando pelos tricelulares largos y cortos con cutícula ornamentada. D: *L. magniflorus*; D1: Cara adaxial papilosa, y estomas anomocíticos. 400x; E: *L. ramosissimus*; E1: Células epidérmicas de contornos ondulados y estomas hundidos, 500x. F: *L. tauris*; F1: Cara abaxial, mostrando pelos tricelulares largos y cortos.

ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS EPIDÉRMICAS CON MISCROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO

Los análisis epidérmicos mediante observaciones con microscopio electrónico de barrido (MEB) permitieron ver en forma tridimensional las características de las ornamentaciones cuticulares, las células epidérmicas, la posición de los estomas respecto a las células epidérmicas que los rodean y la estructura de los pelos.

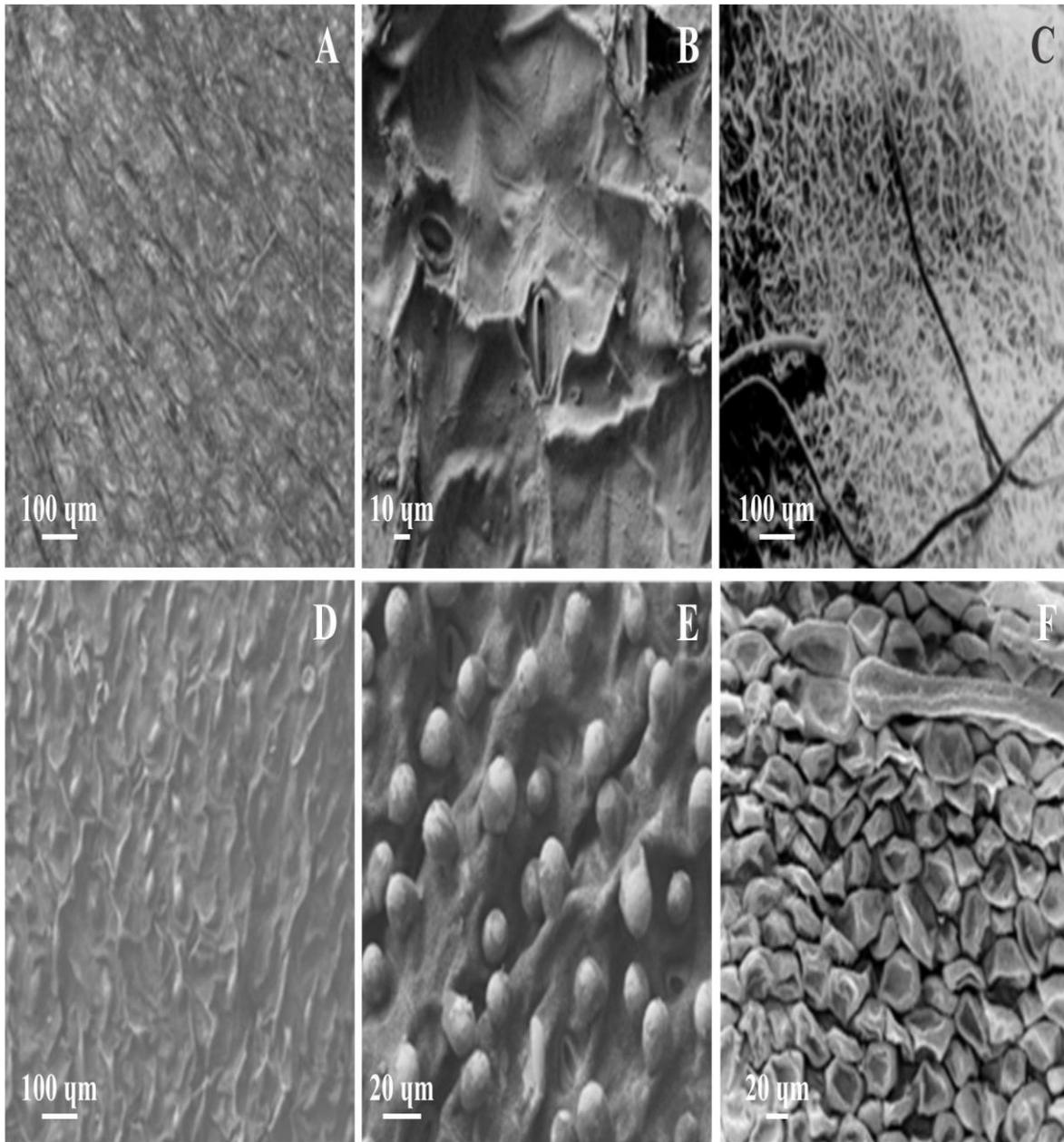
Como se puede observar en la Figura 3.10 la totalidad de los estomas, independientemente del área de distribución de la especie y de la pubescencia que cubre las superficies epidérmicas foliares, se encuentran por debajo de las células epidérmicas, y en algunas especies semicubiertos por las ondulaciones de las células epidérmicas y las ornamentaciones de la cutícula y en otras encriptados. En los casos de *Lupinus lespedesoides* y *L. magniflorus*, ambas especies de la Subregión Andina, los estomas que se muestran fueron extraídos de la cara adaxial que en *L. lespedesoides* tiene una pubescencia rala y en *L. magniflorus* es papilosa. El hundimiento de los estomas de estas especies, que tienen epidermis foliares sin indumento protector denso, es posiblemente que responda a una adaptación xerofítica como consecuencia de las características ambientales de las laderas y valles alto-andinos en donde crecen estas especies, que presentan una gran amplitud térmica y alta insolación. Por otro lado, las tres especies de la Subregión Atlántica, *L. bracteolaris*, *L. crotalarioides* y *L. velutinus* si bien los estomas están por debajo de las ornamentaciones de la cutícula de las células epidérmicas no están encriptados, posiblemente porque las especies crecen en ambientes más húmedos y sin una gran amplitud térmica que provoca contrastes en los metabolismos de la transpiración, respiración y fotosíntesis.

En las Fotos 3.8. se muestran ejemplos de tipos de estomas en fotografías seleccionadas entre el total de fotos tomadas con MEB de las especies de *Lupinus* que crecen en las Subregiones Atlántica y Andina.



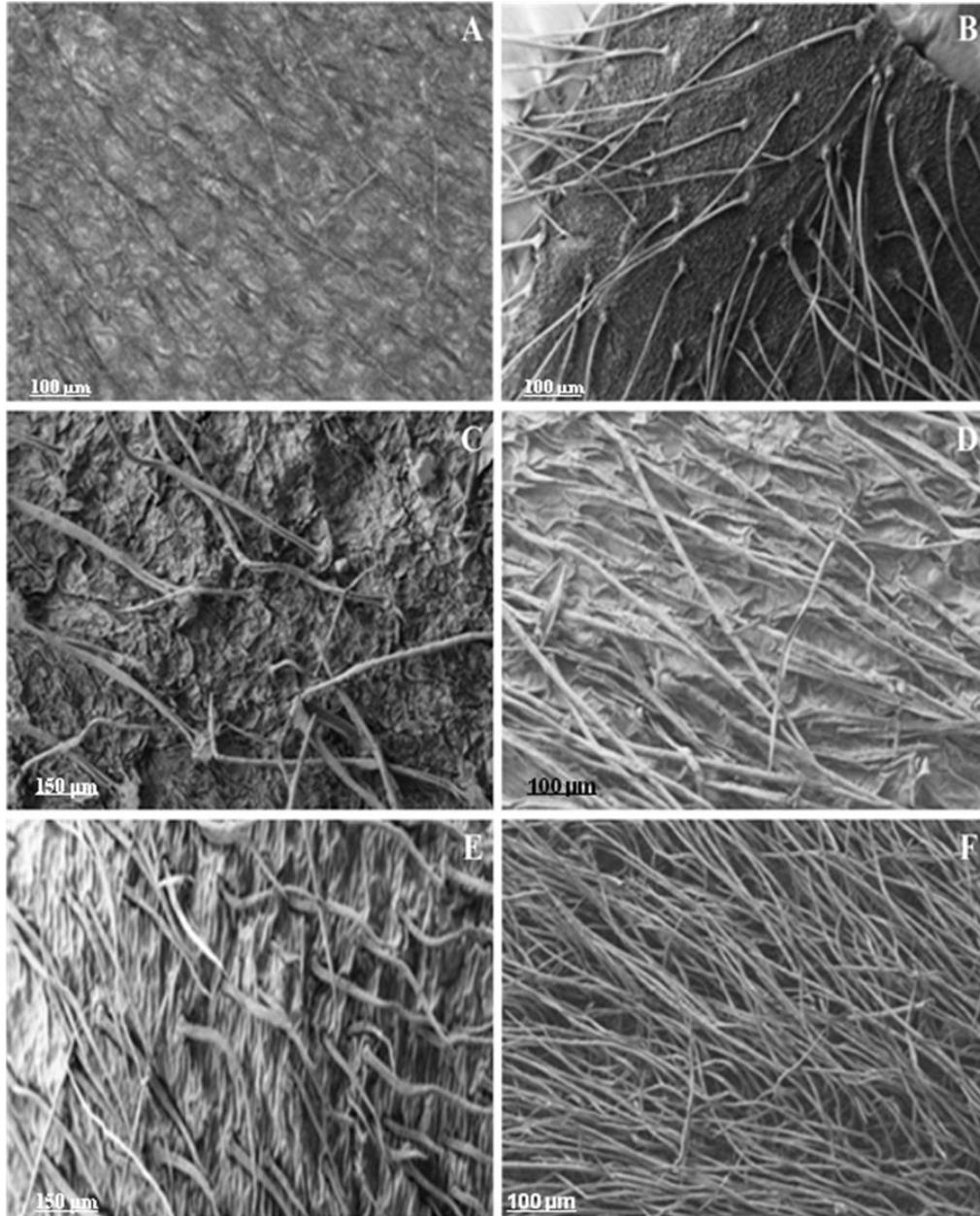
Fotos 3.8. Ejemplos de tipos de estomas de especies representativas de las Subregiones Atlántica y Andina. A: *Lupinus crotalarioides*; B y C: *L. bracteolaris*; B. Vista general de la epidermis con estomas, C. Detalle de un estoma y cutícula ornamentada; D: *L. albescens*; detalle de un estoma abierto que quedó expuesto después de remover la pubescencia que lo cubría y que se muestra por un trozo de pelo tricelular. E: *L. lespedezoides*, detalle de un estoma encriptado; F: *L. magniflorus* detalle de un estoma encriptado y papilas epidérmicas.

Las Fotos 3.9. se muestran ejemplos de epidermis glabras en vista general y detalle, una epidermis glabrosa con pelos aislados y tres epidermis papilosas de distintas densidades de papilas que fueron seleccionadas de las fotografías tomadas con MEB de especies de las Subregiones Atlántica y Andina.

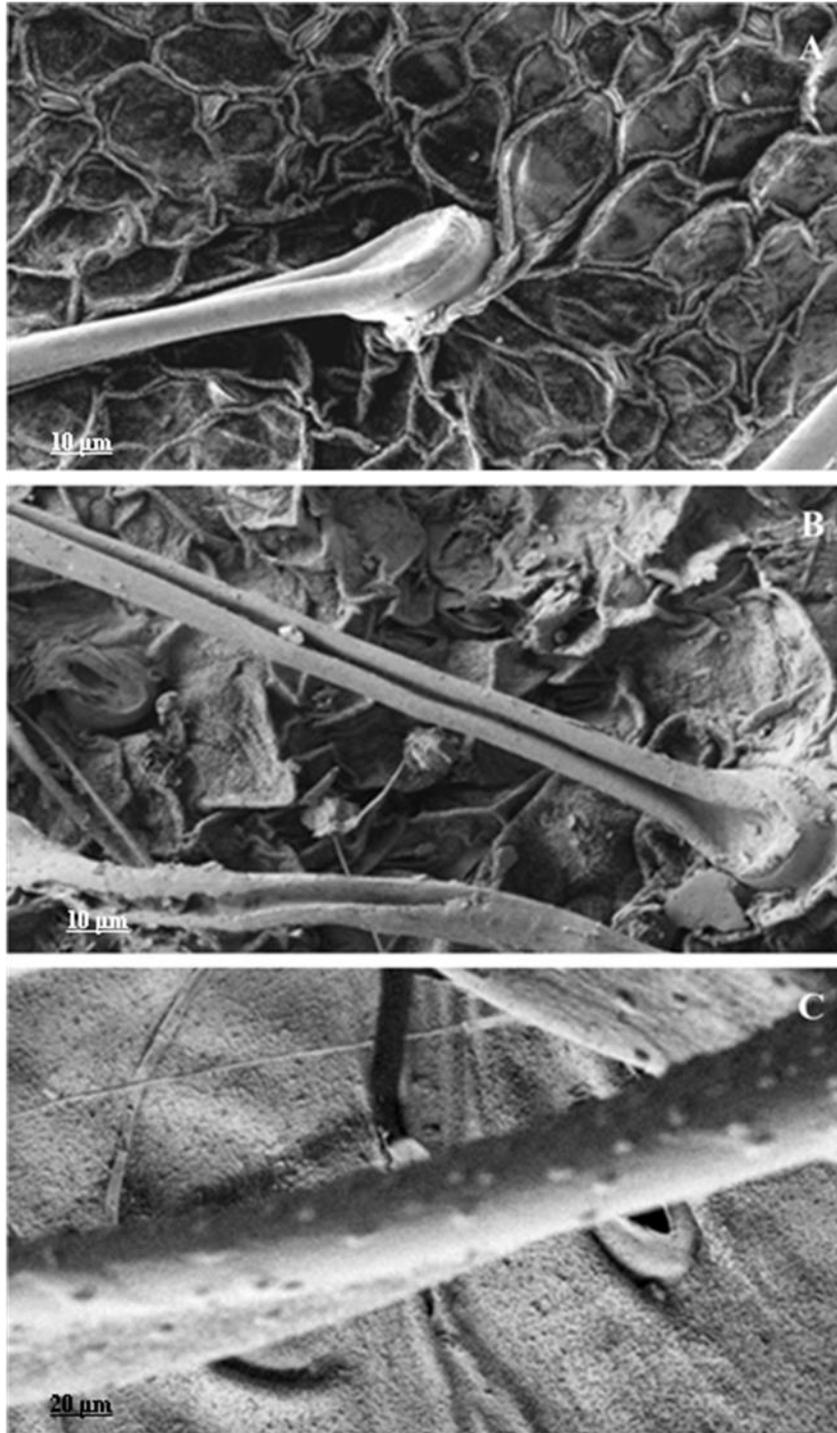


Fotos 3.9. Ejemplos de diferentes tipos de epidermis foliares, glabras y papilosas de especies de *Lupinus* de las Subregiones Atlántica y Andina. A: Vista general de epidermis glabra, categoría 0 (*Lupinus gibertianus*, cara adaxial); B: Detalle epidermis glabra, categoría 0, (*L. coriaceus*: cara adaxial); C: Detalle epidermis glabrosa, categoría 2 (*L. coriaceus*, cara abaxial); D: Vista general de epidermis papilosa, categoría 1 (*L. allivillosus*, cara adaxial), E: Detalle de epidermis papilosa, categoría 1 (*L. magniflorus*, cara adaxial); F: Detalle de epidermis papilosa con pelos tricolulares esparcidos, categorías 1 y 2 (*L. lespedezoides*, cara adaxial).

Las Fotos 3.10 se muestran distintos tipos de densidades de pubescencias encontradas en las epidermis foliares de las especies estudiadas de las Subregiones Atlántica y Andina y las Fotos 3.11 se muestran detalles de pelos tricelulares típicos en especies de *Lupinus*.



Fotos 3.10. Ejemplos de tipos de densidades de pubescencias foliares de especies de *Lupinus* de las Subregiones Atlántica y Andina. A: Pubescencia esparcidamente pilosa, con pelos largos tricelulares, semi-adpresos, rango 3 (*Lupinus gibertianus*, cara abaxial); B: Pubescencia Hirsuta suave, con pelos largos tricelulares expandidos, rango 3 (*L. bracteolaris*, cara abaxial); C: Pubescencia Pilosa con pelos tricelulares largos y cortos, rango 3 (*L. crotalarioides*, cara adaxial); D: Pubescencia Velloso con pelos tricelulares largos con cutícula ornamentada y pelos pluricelulares cortos, rango 4 (*L. velutinus*, cara abaxial); E: Pubescencia Velloso, con pelos tricelulares cortos y largos y pluricelulares cortos, rango 4 (*L. arenarius*, cara abaxial) F: Pubescencia Lanosa, con pelos tricelulares largos entremezclados, rango 4 (*L. nubigenus*, cara abaxial).



Fotos 3.11. Muestra en detalles de pelos tricelulares típicos de las especies de *Lupinus*. A: Detalle de la parte basal de un pelo tricelular mostrando parte de la célula apical y el epitricopodio en la base que se inserta mediante una célula basal entre las células epidérmicas que se distribuyen en forma radiada alrededor la base (*Lupinus bracteolaris*); B: Detalle de célula apical de un pelo tricelular mostrando el canal que forma para colectar agua de rocío y trasladarla hacia la célula basal pasando por el epitricopodio (*L. alivillosus*). C: Detalle de una célula apical de un pelo tricelular ornamentado (*L. velutinus*)

Como se puede apreciar en ambas Subregiones de especiación del género *Lupinus* se encuentran especies con epidermis glabras en la cara adaxial de la lámina foliar, ya sea hojas simples como en el caso de *L. coriaceus*, o se trate de folíolos de hojas palmati-compuestas como en el caso de *L. gibertianus* y *L. linearis* que son especies que crecen en la Subregión Atlántica y también en folíolos de especies originaria de la Subregión Andina como *L. ramosissimus*. En cuanto a la presencia de papilas se observó que la densidad de papilas varía siendo esparcidas en *L. allivillosus*, más compactas en *L. magniflorus* y muy compactas en *L. lespedezoides*. La densidad de las papilas se puede deber posiblemente a diferencias en los tamaños de las células epidérmicas que las contienen, pero que no se analizar con exactitud en estos estudios.

Con respecto a los tipos de pubescencias se encontraron densidades muy variadas por lo tanto se puede afirmar que no hay un sólo patrón de tipo de pubescencia para el género *Lupinus*, cada especie tiene sus características propias, independientemente del área de origen de la especie. La mayoría de las especies presentan indumento con pelos tricelulares como por ejemplo *Lupinus bracteolaris*, todos son largos (2.300-2.400 μm) y en otras como en *L. magniflorus*, hay pelos largos y cortos (800-1.000 y 200-400 μm) pero también hay especies en donde los pelos son de distintas longitudes y no hay una clara diferencia de longitudes como para separarlos en dos categorías como por ejemplo *Lupinus ramosissimus* y *L. tauris*. Solo dos de las especies estudiadas presentaron pelos tricelulares con cutícula ornamentada por pequeñas protuberancias que sobresalían de su superficie como en el caso de *L. arenarius* y *L. velutinus*, especies de hojas simples muy similares que crecen en el Cerrado brasileño.

CONCLUSIONES

Del análisis comparativo de las características foliares que presentan las especies de las dos áreas de especiación del género *Lupinus* en Sudamérica se destaca que sólo en la Subregión Atlántica crecen especies con hojas simples y especies que presentan heterofilia y heteroblastia.

Con respecto a las características anatómicas de la lámina la epidermis es unistratificada con estomas con una distribución anfistomática. Se evidenció que si bien la mayoría de las especies tienen estomas anomocíticos o ranunculáceos, que es el más común dentro de la Familia Leguminosas, solo cuatro especies (*L. albecens*, *L. gibertianus*, *L. magnistipulatus* y *L. paraguariensis*) de la Subregión Atlántica mostraron estomas anisocíticos o crucíferos con tres células auxiliares, por lo tanto esos caracteres son poco comunes para el género. La distribución de los estomas no pudo ser asociada ni con la densidad de la pubescencia ni con las características ambientales ya que las especies que contenían estos tipos de estomas crecían en lugares similares a otras que presentaban los estomas típicos de las Leguminosas. En general los estomas presentan cierto grado de adaptación xerofítica dado que siempre se encuentran por debajo de las células epidérmicas, pero en varias especies de la Subregión Andina que presenta condiciones ambientales más extremas se encontraron especies con estomas hundidos (*L. grisebachianus* y *L. ramosissimus*) y en otras encriptados (*L. lespedezoides* y *L. magnistiulatus*).

Se puso en evidencia que la falta de pubescencia en la cara adaxial de las láminas de las especies no es un carácter exclusivo de ninguna Subregión y por lo tanto no se puede atribuir a condiciones ambientales particulares, dado que cada Subregión tiene características ambientales propias y muy diferentes entre sí. Solo dos especies de la Subregión Andina (*L. alivillosus* y *L. magniflorus*) y una de la Subregión Atlántica (*L. coriaceus*) presentaron epidermis foliar papilosa en la cara adaxial, y dos especies de esta última Subregión (*L. velutinus* y *L. arenarius*) poseían pelos pluricelulares cortos y recto, lo que demuestra que estas características no son muy comunes dentro del género.

Uno de los caracteres predominante en todas las especies son los pelos tricelulares con una célula basal inserta en la epidermis, un epitricopodio que es una célula de paredes gruesas y vacuolizada y una célula apical aguzada de distintas longitudes. Estos tipos de pelos se encuentran cubriendo las láminas foliares en diversas densidades y ángulos de inserción.

Como se pudo observar en la Figura 3.12 B la célula apical forma un canal que facilita la escorrentía del agua de lluvia o del rocío acumulado hacia las células de la base, lo que permite una hidratación de los tejidos foliares en ambientes de montaña por encima de los 3.000 m s.n.m., en donde hay mucha insolación durante el día y grandes diferencias térmicas entre el día y la noche. Esa vía de provisión de agua está especializada para ambientes de montaña en donde el suelo es rocoso y carece de humedad edáfica.

Estos estudios permitieron caracterizar diversas especies y definir caracteres morfoanatómicos que pueden ser considerados como comunes y típicos de todas las especies de *Lupinus* o exclusivos de valor diagnóstico para diferenciar especies que crecen en ámbitos semejantes o diferentes y contribuir con información de valor para estudios taxonómicos o filogenéticos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Acuña N. and Planchuelo, A.M. 1999. Comparative morphology of lupin seedling. In G. Hill, Towards the 21th Century: 386-393. Lincoln, University. New Zealand
- Banerjee U. C. 1976. Trichomes: their application in taxonomy of American species of Lindens, 497-504. In: Jahari, O. Editor. Scanning electron microscopy. Vol. 1. Illinois Institute Technology Research Institute. Chicago, Illinois. 782 pp.
- Bisby F.A., 1981. Genisteae (Adans.) Benth. In: Polhill, R.M., Raven, P.H. (Eds.), Advances in Legume Systematics 1. Royal Botanic Gardens, Kew. pp. 409-425
- Briceño B., Azócar A., Fariñas M. y Rada F. 2000. Características anatómicas de dos especies de *Lupinus* de los Andes venezolanos. Pittieria 1(29-30): 21-35
- Carlquist S. (1961) Comparative Plant Anatomy. Holt, Rinehart and Winston, New York, 29-36.
- Cortes Benavides F. 1980. Histología Vegetal Básica. H. Blume Ed. Madrid 127 Pp. ,
- D'Ambrogio de Argüeso A. 1986. Manual de técnicas de histología vegetal. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires. 83 pp.
- Delbón N., Cosa M.T., Dottori N. y Stiefkens L. 2007. Análisis comparativo de los caracteres epidérmicos en *Flourensia campestris* y *F. oolepis* (Asteraceae). Bol. Soc. Arg. Bot. 42 (3-4): 45-250.
- Dimitri M. J. y E. Orfila. 1985. Tratado de Morfología y Sistemática Vegetal. Ed. Acme. Bs. As, 499 p.
- Dizeo de Strittmater C. 1973. Nueva técnica de diafanización. Bol. Soc. Arg. Bot. 5(1) : 126-129

- Dunn D. B. 1971. A case of long range dispersal and "rapid speciation" in *Lupinus*. Trans. Mo. Acad. Sci. 5: 26-38.
- Dunn D.B. and Planchuelo A.M, 1981. *Lupinus heptaphyllus* (Velloso) Hassler vs. *Lupinus hilarianus* Benth. Taxon 30 (2): 464-470.
- Eastwood R.J., Drummond CS, Schifino-Wittmann M.T. and Hughes C. E. 2008. Diversity and evolutionary history of lupins—Insights from new phylogenies. In: Palta J.A., Berger J.B. eds. Lupins for Health and Wealth. Proceed. 12th Internat. Lupin Conf.: 346-354
- Esau K. 1959. Anatomía Vegetal. Ed. Omega S.A. Barcelona 729 pp.
- Esau K. 1993. Anatomía de las Plantas con Semillas. Ed. J. Wiley & Sons Inc. New York, 512 pp.
- Fabbroni M., Seisedos L. and Planchuelo A.M. 2019. Morpho-anatomical review as a tool to identified biodiversity in Andean *Lupinus* species complex. Book of Abstracts XV International Lupin Conference: 128-129. Cochabamba, Bolivia.
- Fahn A. 1985. Anatomía Vegetal. Ed. Pirámide, Madrid, España, 470 pp.
- Flora del Cono Sur. 2019. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur. www.darwin.edu.ar (Página de consulta permanente)
- Font Quer P. 1982. 8^a reimpresión. Diccionario de Botánica. Ed. Labor. Barcelona, 1244 pp.
- Forbes F.B. 1884. On the Botanical Terms for Pubescence. *J. Bot. London* 22: 232
- Freire, S. E., Arambarri, A. M., Bayón, N. D., Sancho, G., Urtubey E., Monti, C., Novoa, M. C., & Colares, M. N. (2005). Epidermal characteristics of toxic plants for cattle from the Salado river basin (Buenos Aires, Argentina). *Bol. Soc. Arg. Bot.* 40: 241-281.
- Golovchenko O.V. 2000. The morphology of the epidermis in some lupin species. In G. Hill (Ed.), A crop for the Next Century.. pp 5-6. Lincoln University . Christchurch, New Zealand.
- Hewson H.J. 1988. Plant Indumentum Handbook of Terminology. Australian Flora and Fauna Series. Bureau of Flora and Fauna, Canberra, Australia. 27 pp.
- Hutchinson J. 1964. The Genera of Flowering Plants, Vol. 1. Clarendon Press, Oxford.
- IPNI 2017. International Plant Names Index. <http://www.ipni.org/ipni> (Página de consulta permanente).
- Jeuffroy M.H. and Ney, B, 1997. Crop physiology and productivity . *Rield Crops Research* 53: 3-16.
- Lecoeur J., Wery, J., Turc, O. and Tardieu, F., 1995. Expansion of pea leaves subjected to short water deficit: cell number and cell size are sensitive to stress at different periods of leaf development. *J. Exp. Bot.*, 46: 1093-1101.
- Lindley J. 1951. Glosología de los términos usados en Botánica. *Miscelánea N° 15. Fundación e Instituto Miguel Lillo*. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. 125 pp.
- Maisurjan N.A., and Atabekova A.I. 1974. *Lupin*. Moskow, Kolos: 463 p. (en ruso, dato de Golovchenko, 2000).

- Merino E.F., Maestri D. and Planchuelo A.M., 1999. Chemotaxonomic evaluation of leaf alkanes in species of *Lupinus* (Leguminosae). *Bioch. Systematic & Ecology* 27(3):297-301
- Monteiro R and Gibbs P.E. 1986. A taxonomic revision of the unifoliolate species of *Lupinus* (Leguminosae) in Brazil. *Notes Royal Bot. Gard. Edinb.* 64(1): 71-104.
- Payne W.W. 1978. A Glossary of Plant Hair Terminology. *Brittonia* 30(2): 239-255.
- Planchuelo A.M., 1978. A monograph of *Lupinus* for Argentina, Ph. D. Dissertation, Univ. Missouri-Columbia. Univ. Microfilm Inter. 39/10B, Order N^o 7906915. 179 págs., ilustr. EEUU.
- Planchuelo A.M. 1994. Wild lupins distribution and its implication as germplasm resources. In: Neves Martins J.M., Beirao Da Costa M.L., eds. *Advances in Lupin Research. Proceed. 7th Internat. Lupin Conf.*: 65-69.
- Planchuelo A.M., 1996 a. Relationship between South American and European species of *Lupinus*. In B. Pickergill & M. Lock (Eds) *Advances in Legume Systematics 8, Legumes of Economic Importance*:109-116. Royal Bot. Gard. Kew
- Planchuelo A.M., 1996 b. A new species of *Lupinus* (Fabaceae: Lupininae) from Southeastern Brazil. *Brittonia*, 48(2): 263-265.
- Planchuelo A.M., 1999. *Lupinus*. En Zuloaga, F. & O. Morrone (Edit.) *Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina*: 689-692. MO Bot. Garden, USA. ISBN 0-915279-65-7.
- Planchuelo A.M. and Dunn, D.B., 1980. Clarification of *Lupinus grisebachianus*, *L. subacaulis*, and *L. subinflatus* (Leguminosae). *Brittonia* 32 (3): 387-391
- Planchuelo A.M. and Dunn, D.B. 1984. The simple leaved Lupines and their relatives in Argentina. *Ann. Missouri Bot. Garden* 71(1): 92-103.
- Planchuelo A.M. and Dunn D. 1989. Two new species of the *Lupinus lanatus* complex. *Ann. Missouri Bot. Garden* 76 (1): 303-309.
- Planchuelo A.M. and Fuentes, E., 2001. Taxonomic evaluation and new combinations in *Lupinus gibertianus*-*L. linearis* complex (Fabaceae). *NOVON*11:442-450. ISSN1055-3177.
- Planchuelo A.M., Gonzáles, P., Madriñán, S., Mendoza, M. and Tognelli, M. 2019. Evaluation of Andean *Lupinus* species to be incorporated in the IUCN Red List of Endangered Species. *Book of Abstracts XV International Lupin Conference*: 132-133. Cochabamba, Bolivia.
- Polhill R. M.. 1976. Genisteeae (Adanson) Benthham and Related Tribes (Leguminosae). *Bot. Syst.* 1: 211-247. Royal. Bot. Garden. Kew.
- Salmaki Y., Zarre S., Jamzad Z. and Brauchler C. 2009. Trichome micromorphology of Iranian *Stachys* (Lamiaceae) with emphasis on its systematic implication. *Flora* 204, 371-381.
- Seisedos L. and Planchuelo A.M. 2011. Morphological studies of leaflets epidermis as a contribution for understanding *Lupinus* taxonomy and phylogeny. In Naganowska, B. Kachlicki P and Wolko B. (eds) *Lupin crops an opportunity for today, a promise for the future*. pp 43-47. ISBN 978-83-61607-73-1.

- Seisdedos L. y Planchuelo A.M. 2018 Caracterización morfoanatómica de plántulas de dos especies graníferas de lupinos (*Lupinus albus* y *L. angustifolius*, Fabaceae). *Lilloa* 55 (1): 67-80. ISSN: 0075-9481.
- Smith C.P. 1940. The South American shrubby or bushy lupines with the upper calyx-lip bidentate or entire. *Signature* 10, Paper Thirteen, *Specie Lupinorum*: 161-162. Saratoga, California.
- Smith C.P. 1944. *Lupinus* in Colombia. *Signature* 27, Paper 39, *Specie Lupinorum*: 419, Saratoga, California.
- Smith C.P. 1946. *Lupinus* in Brazil *Signature* 30. Paper 46, *Specie Lupinorum*: 481-501. Saratoga, California.
- Smith C.P. 1951. Colombia Six Valle del Cauca One, *Signature* 40, Paper 97. *Specie Lupinorum*: 699-700. Saratoga, California.
- Strasburger E.; Noll F.; Schenc H y Schimper A.F.W. 1986. *Tratado de Botánica*. 37 e.. ed. Omega. Barcelona. 1098 pp.
- Taia K.W. 2004. Leaf characters within tribe *Trifolieae* (family Leguminosae). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7: 1463-1472.
- The Plant List 2013. <http://www.theplantlist.org/> (Página de consulta permanente)
- Valla J.J. 1993. *Botánica, morfología de las plantas superiores*. 8va. Reimpresión. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 332 pp.
- Zamora-Natera J.F.y Terrazas, T. 2012. Anatomía foliar y del pecíolo de cuatro especies de *Lupinus* (Fabaceae). *Rev. Mex. Biodiv.* 83(3): 687-697.
- Zarlavsky G.E. 2014. *Histología vegetal. Técnicas simples y complejas*. Buenos Aires, Argentina: Sociedad Argentina de Botánica. 198 pp.

CAPÍTULO 4

MORFOLOGÍA DE SEMILLAS Y PLÁNTULAS DE DOS CULTIVARES DE *LUPINUS* Y GERMINACIÓN DE CUATRO ESPECIES SILVESTRES DE VALOR ORNAMENTAL

INTRODUCCIÓN

Las semillas son las depositarias del potencial genético de las especies agrícolas y la disposición de semillas de buena calidad es fundamental para obtener buenos cultivos, lograr la seguridad alimentaria y erradicar el hambre, especialmente en los países en desarrollo, que es una de las misiones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (McGuire, 2015). La calidad de las semillas incluye un número de atributos como: pureza genética y física, calidad fisiológica (viabilidad y vigor) y la sanidad. Estos atributos están íntimamente ligados a las características de la cubierta seminal que es la primera barrera de defensa ante condiciones desfavorables que pueden sufrir las semillas antes y después de la siembra. Es por estas razones que conocer las características físicas de las semillas de las variedades disponibles de una misma especie puede contribuir a la toma de decisiones en los momentos de la siembra de un cultivo. Además, cuando se relacionan los requerimientos del cultivo y las condiciones agroecológicas de las distintas áreas, es necesario establecer cómo deben ser utilizadas las especies y variedades que más se ajusten, en los sistemas modernos de agricultura. Para ello es conveniente evaluar el comportamiento de aquellas especies promisorias en distintos estados de desarrollo, como lo es el proceso de germinación, ya que es la etapa más crítica y fundamental para el éxito en el establecimiento de las plántulas (Perissé *et al.*, 2002; Perissé & Planchuelo, 2004; Pascualides & Planchuelo, 2007).

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LAS SEMILLAS DE LEGUMINOSAS Y DE *LUPINUS*

La morfología de las semillas de Leguminosas ha sido ampliamente estudiada (Burkart, 1952; Corner, 1976; Polhill, 1976; Gunn, 1981; Lersten, 1981; Boeswinkel & Bouman, 1984; Manning & van Staden, 1987a; Kirkbride *et al.*, 2003 entre otros), en un principio con un enfoque filogenético y sistemático, y posteriormente tratando de establecer relaciones entre las diferentes estructuras y sus funciones. Teniendo en cuenta la variada terminología utilizada por diversos autores para describir los tegumentos de las semillas tales como: cubierta seminal (Esau, 1982), episperma, espermoderma y testa (Font Quer, 1982), se adopta para esta tesis los conceptos definidos por Yaklick *et al.*, (1989, 1996) y Perissé (1997) entre otros, que utilizan el término cubierta seminal en sentido amplio, equivalente al término “seed coat” empleado en la bibliografía extranjera, referida a Leguminosas. Por definición la cubierta seminal está conformada por todas las capas celulares que rodean al embrión sin discriminación entre las capas de los tejidos originales del óvulo que sufren modificaciones durante el desarrollo de la semilla.

La cubierta seminal juega un papel importante en la longevidad de las semillas, ya que es la primera barrera contra las condiciones ambientales adversas, Yaseen *et al.*, 1994), proporcionando al embrión de una protección física y química para evitar la ruptura celular del embrión durante la imbibición (Duke *et al.*, 1981; Perissé, 1997, Perissé & Planchuelo, 2004)

Las semillas de la mayoría de las Leguminosas guardan un patrón de distribución de tejidos muy estable (Corner, 1976; Polhill, 1976; Gunn, 1981; Manning & van Staden, 1987a y b;), sin embargo el espesor de las capas celulares así como la ornamentación de la cubierta seminal, pueden presentar diferencias morfológicas significativas (Saint Martin, 1986; Lersten 1981; Perissé & Planchuelo, 2004).

Con respecto a la morfología de la cubierta seminal Newell & Hymowitz, (1978) demostraron que para *Glycine*, existen pequeñas variaciones entre las especies, mientras que en *Lupinus* las diferencias morfológicas a nivel de la ornamentación de la cubierta son

muy notorias (Fuentes *et al.*, 1994; Perissé & Planchuelo, 2004) y además la morfometría y la composición de minerales de las semillas tienen efectos directos en el proceso de germinación (Pablo-Pérez *et al.*, 2013). Es de destacar que existen dos principales grupos de especies según los caracteres de la cubierta seminal. Estos grupos son el de las semillas rugosas denominadas "rough seed" que comprenden seis especies originarias de la región Mediterránea Europea y Africana; y las semillas lisas conocidas como "smooth-seed", que comprende a la totalidad del resto de especies (Gladstones, 1974, 1984; Heyn & Herrnstadt, 1977; Fuentes *et al.*, 1994; Perissé & Planchuelo, 2004).

En las últimas décadas se ha prestado atención a la presencia de las "aréolas" señaladas por Endo & Ohashi (1997, 1998a, 1998b) y Lackey (1981, 2007) en diferentes tribus y géneros de Leguminosas Papilionoideas; y que fueron citadas por Yaklich *et al.* (1989, 1996) como "pit" y "anti pit" para *Glycine*. Estas estructuras, definidas por sus características celulares propias, se encuentran en la cara abaxial de los cotiledones, el "pit", al que se le contrapone el "anti-pit" en la cara interna del endosperma unido a la cubierta seminal (Perissé & Tourn, 2015). La posición, forma y características de las aréolas son datos de interés taxonómico (Endo & Ohashi, 1998; Lackey, 2007). Aún más, se ha sugerido que el contacto entre las células de ambas superficies opuestas las mantienen conectadas, permiten una alineación entre la cubierta seminal, el endosperma y el embrión, y explican su función nutricional durante el llenado de la semilla y también durante la imbibición (Yaklich *et al.*, 1996; van Dongen *et al.*, 2003; Perissé & Tourn, 2015). Aún más, la presencia de aréolas cotiledonares se considera un estado apomorfo en el clado Papilionoideas según lo determinó Lackey (2007).

Por otro lado, el tamaño de la semilla que se siembra para la obtención de una buena producción de granos, ha sido reconocido como un factor que influye en el crecimiento y desarrollo vegetal, como así también en la obtención de mejores rendimientos en varios cultivos importantes. Según Carámbula (1977) el peso de las semillas varía con respecto al genotipo y al ambiente. A este respecto Marañón & Grubb (1993) confirmaron que las semillas pequeñas presentan mayor germinación, lo que indican una correlación negativa entre el tamaño de la semilla y la tasa de crecimiento relativo, mientras que según las afirmaciones de Tenorio-Galindo *et al.* (2008) las semillas

más grandes tienen mayor resistencia a condiciones adversas y presentan mejores porcentajes de germinación.

Fontes & Ohlrogge (1972) evaluaron la capacidad competitiva de poblaciones de soja obtenidas a partir de semillas de diferentes tamaños y concluyeron que, la siembra de semillas grandes permitió alcanzar plantas uniformes, siendo éste un factor básico para lograr un mayor rendimiento de granos, mientras que para la misma especie Johnson & Luedders (1974) observaron que el tamaño de la semilla no influyó en la emergencia de plántulas ni en el rendimiento del cultivo.

Las investigaciones sobre tecnología de semillas de especies cultivadas para grano de lupinos han demostrado que hay diferencias significativas en el tamaño y las propiedades físicas de las semillas, lo que influye sobre el manejo tecnológico de las mismas (Grochowicz & Andrejko, 2006) y en el manejo agronómico del cultivo (Huyghe, 1993). El tamaño influye en forma directa en el crecimiento de la plántula y en la densidad de siembra. Según Huyghe (1993) y Lobos *et al.* (2008) las semillas más pesadas tienen mayor porcentaje de germinación, sin embargo con respecto al tamaño de las mismas no hay una confirmación contundente de la relación de dicha variable con el porcentaje de germinación.

Es por las razones antes expuestas y debido a que las características de tamaño y peso difieren entre especies e incluso entre variedades de una misma especie cultivada, es importante analizar las características morfológicas, los tamaños y los pesos de muestras de semillas de las dos especies de lupinos (*L. albus* y *L. angustifolius*) más promisorias para ser cultivadas en áreas agrícolas de la zona pampeana argentina y cooperar con los emprendimientos agrícolas de los cultivos de lupinos que se llevaron y se están llevando en Argentina (Ravelo & Planchuelo 1996, 2006; Ravelo *et al.*, 1997, 1999).

IMPORTANCIA DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE GERMINACIÓN DE *LUPINUS*

El porcentaje de germinación es un indicador de viabilidad de las semillas e indirectamente determina la calidad de la futura planta adulta (Thomson, 1982). La absorción de agua es el primer paso en el proceso de germinación y depende de la permeabilidad de la cubierta seminal y de las características internas de la semilla que determinan el patrón de germinación, tal como lo demostraron Mc Donald *et al.* (1988a, b) McDonald (1994), Perissé & Planchuelo (2004) y Duke *et al.* (2006)., Está demostrado que el proceso de germinación se ve afectado por el deterioro de las capas de los tejidos seminales y por la pérdida de integridad de las membranas celulares que implica la fuga de electrolitos.

Por otro lado, la dureza de las semillas y la latencia o dormancia son las principales estrategias de sobrevivencia de las especies silvestres en condiciones de medio ambientes desfavorables (Kuo & Chen. 1992; Sanabria *et al.*, 2001). En general las especies silvestres no domesticadas presentan semillas duras, que no germinan en forma inmediata y que requieren de un pre-tratamiento de escarificación de la cubierta seminal para que se produzca la imbibición. Los impedimentos de imbibición de las semillas impermeables o duras, tienen implicancias tanto fisiológicas como agronómicas (Bhattacharya & Saha, 1990). Existen varios métodos de escarificación de semillas y es necesario encontrar el que más se ajusta a las características de cada especie, por lo tanto, se consideró un aporte importante analizar diferentes metodologías de escarificación para lograr una germinación efectiva de las especies silvestres que tienen potencial de ser cultivadas, tal como lo hicieron para especies de *Lupinus* de la flora de México (Alderete-Chávez *et al.*, 2010; Pablo-Pérez *et al.*, 2013).

Los avances de los conocimientos sobre estos temas que fueron generados por el proyecto de esta tesis ya fueron dados a conocer en las siguientes publicaciones Seisdedos & Planchuelo (2011, 2017).

IMPORTANCIA DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE MORFO-ANATOMÍA DE LA PLÁNTULA DE *LUPINUS*

Entre las publicaciones que tratan temas morfo-anatómicos de plántula y planta Holden & Chesters (1925), Dracup & Kirby (1996); Acuña & Planchuelo (1999); Golovchenko (2000); Petrova (2002) y Zamora-Natera & Terrazas (2012). marcaron los inicios de los conocimientos de la anatomía y distribución de los tejidos en los distintos órganos de la plantas, que controlan los ritmos de crecimiento desde la primera fase de la germinación hasta la estructura final de la planta adulta.

Los estudios morfo-anatómicos encarados en esta tesis aportan conocimientos sobre las características de los tejidos, que sirven de base para estudios fisiológicos y de mejoramiento vegetal de especies cultivadas, tal como se evidenció la necesidad en las conferencias internacionales de la International Lupin Association.

OBJETIVO GENERAL

Analizar las características de las semillas y de las plántulas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius*, como así también de especies silvestres que tengan características ornamentales para que sirvan de antecedentes los planes de mejoramiento vegetal de las especies cultivadas y para establecer mecanismos del cultivo de especies silvestres según fue establecido por la International Lupin Association

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar las características propias de las semillas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius*.
- ✓ Invetigar si hay presencia de aréolas cotiledonares en las especies cultivadas estudiadas.

- ✓ Caracterizar la morfo-anatomía de las plántulas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius*.
- ✓ Evaluar diferentes metodologías para la escarificación de cuatro especies silvestres de valor ornamental.

MATERIALES Y MÉTODOS

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE SEMILLAS DE ESPECIES CULTIVADAS DE *LUPINUS*

Para la evaluación de los caracteres físicos de tamaños de las semillas se utilizaron muestras de los cultivares Rex y Línea 31 de *Lupinus albus* del fitomejorador von Baer de Temuco, Chile y para *L. angustifolius* el cultivar Tango del Banco Nacional de Germoplasma de Polonia situado en “Wiatrowo Breeding Station”, Polonia y el cultivar Tango del fitomejorador von Baer.

NOMENCLATURA UTILIZADA

El análisis de la morfología de las semillas de especies cultivadas y silvestres se realizó sobre la base de los criterios de la terminología adoptados por Perissé (1997). Se reconocen las definiciones de las partes constitutivas de las semillas, que fueron investigadas por Perissé (1997) y Perissé & Planchuelo. (2004), que se definen de la siguiente manera:

Hilo: cicatriz de forma más o menos oval que deja el funículo al desprenderse de la semilla.

Halo o Corona: elevación más o menos pronunciada que rodea y forma parte de la compleja región hilar.

Arilo: membrana más o menos conspicua, formada por restos del funículo que permanecen adheridos al hilo formando un marco alrededor del mismo.

Lente: zona ligeramente sobre elevada en la cubierta seminal, generalmente discolor comparada con el resto de la semilla. Se encuentra en la línea del rafe, próxima al hilo, opuesta al micrópilo.

Rafe: comprende a la zona delimitada por el extremo hilar opuesto al micrópilo y a la base de la semilla, que coincide con la chalaza e incluye a la lente.

Antirafe: corresponde a la zona que va desde la base de la semilla hasta el hilo, atravesando el lóbulo radicular e incluyendo al micrópilo.

Aréola: Cotiledonar: área presente en la superficie de la cara abaxial de los cotiledones (en el embrión), con características celulares propias (Endo & Oashi, 1998). Equivale al término “pit” definido por Yaklich *et al.* (1989) para *Glycine*.

Complemento de la Aréola: área presente como contraparte de la aréola cotiledonar, que se observa en los restos de endosperma que permanecen adheridos cara interna de la cubierta seminal. Equivale al término “antipit” definido por Yaklich *et al.* (1989) para *Glycine*.

La Figura 4.1 muestra las semillas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius* y las regiones que fueron consideradas en el análisis de las mediciones.

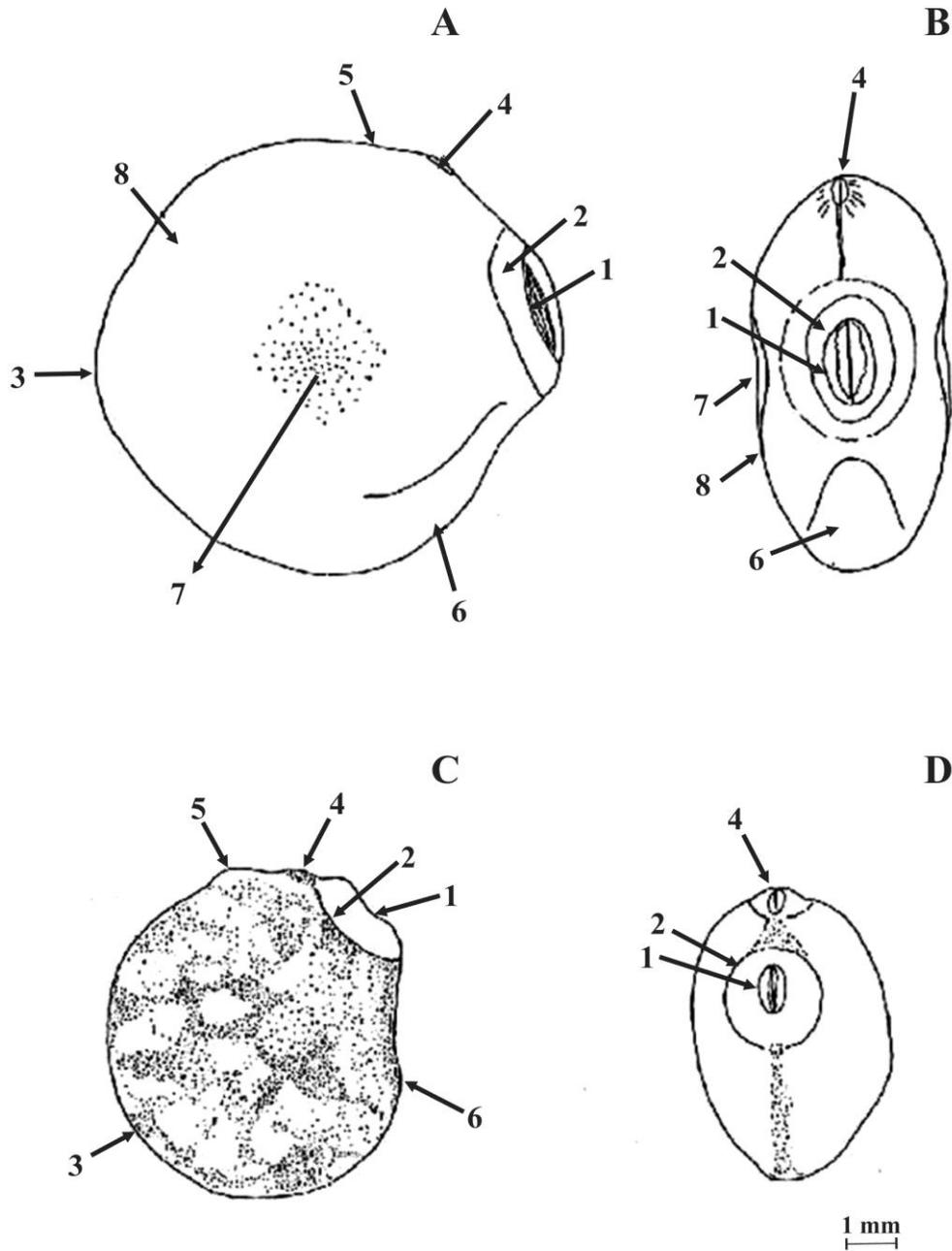


Figura 4.1. Esquema de las diferentes regiones de las semillas. A-B: *Lupinus albus*; C-D: *L. angustifolius*: 1, hilo; 2 Corona, 3 zona opuesta al hilo; 4, lente; 5, posterior a la lente; 6, bordes laterales, 7, depresión lateral central; 8, extremo del lóbulo radicular. (Lámina extraída y adaptada de Perissé, 1997)

Las características de las semillas se determinaron sobre una muestra de 30 semillas sin hidratar de cada cultivar elegidas al azar del total de semillas disponible de cada una de ellas. Se tomaron ocho mediciones bajo lupa 10x con calibre vernier de precisión. Las mediciones se realizaron con las siguientes especificaciones

- **Largo:** desde la protuberancia de la radícula hasta el extremo de la parte opuesta.
- **Ancho:** en el medio de la semilla en una transversal en ángulo recto al eje del largo
- **Espesor medio:** en el punto medio en donde se cruzan las rectas de medición de largo y ancho.
- **Espesor del borde:** únicamente en la parte del borde de las semillas de *Lupinus albus* por presentar una depresión lateral en la parte media.
- **Largo de la corona:** desde los dos puntos de máxima protuberancia de la corona hilar en el eje de mayor longitud.
- **Largo del hilo:** en el eje de mayor longitud en la parte interna de la corona hilar.
- **Ancho de la corona:** en el eje de menor longitud, en la parte media del eje de la medida del largo de la corona hilar.
- **Ancho del hilo:** en el eje de menor, longitud de la parte interna de la corona hilar, y en el medio del eje de medición del largo del hilo.

La terminología utilizada para la descripción de las formas y los colores se corresponde con la glosología de Lindley (1951). Para la descripción de las aréolas se siguió la terminología propuesta por Endo & Ohashi (1998) y Lakey (2007)

PRESENCIA DE ARÉOLAS COTILEDONARES

Para la identificación de las aréolas se siguió la metodología de Perissé & Tourn (2015), para ello se sumergieron 4-6 semillas en una solución al 1% de cloruro de 2, 3, 5 trifenil tetrazolio (TZ) durante 24 horas a temperatura ambiente y en oscuridad. Luego, se retiró la cubierta seminal y se observó el embrión bajo microscopio estereoscópico. En las

zonas que revelaron la presencia de aréolas con la tinción de TZ, se realizaron preparados semipermanentes de cortes transversales de los cotiledones para ser analizados con microscopía óptica; y en distintos planos en semillas “secas” (cubierta seminal y embriones), para su estudio con microscopía electrónica de barrido (MEB). Las secciones se montaron en tacos sobre cinta de carbono doble faz, se cubrieron con una capa de 12 nm de oro, y se observaron en un microscopio Zeiss, modelo Sigma con un cañón Géminis perteneciente al Laboratorio de Microscopía Electrónica (LAMARX) de la Facultad de Matemáticas, Astronomía y Física (FAMAF- UNC) y se tomaron registros fotográficos.

ANATOMÍA DE PLÁNTULA DE ESPECIES CULTIVADAS PARA GRANO

Para los ensayos de germinación se utilizaron para *Lupinus albus* el cultivar Rex y para *L. angustifolius* el cultivar Tango. Las muestras de semillas estuvieron almacenadas a 5°C y humedad relativa menor al 50% hasta el momento de la siembra. Para la germinación se tomaron 60 semillas al azar por especie, que fueron sembradas en tres repeticiones a razón de 20 semillas por terrinas de 20 x 30 cm, con un sustrato de arena comercial gruesa. Las terrinas fueron colocadas en una cámara de cultivo a 20°C de temperatura, con un fotoperíodo de 8 h y con 16 h de oscuridad, según las recomendaciones del International Seed Testing Association (ISTA, 2007).

A los 20 días de la siembra se seleccionaron 15 plántulas al azar (cinco de cada terrina) que fueron extraídas con un pan de sustrato. Las raíces se lavaron y se realizaron las mediciones de la elongación del hipocótilo, epicótilo y pecíolo con una regla flexible con precisión de 0,5 mm bajo lupa con 4x de aumento. Se seleccionó la tercera hoja y en el folíolo medio, se midió el largo y ancho máximo (parte distal del folíolo oblanceolado). Esas mismas plántulas se utilizaron para los estudios realizados en material fresco y se eligió la más representativa de la muestra de cada especie para ilustrar gráficamente su morfología (Fig. 1). El resto de las plántulas se conservó en FAA (formaldehído, ácido acético, etanol 96°) para el análisis morfo-anatómico de cortes transversales de los órganos de las plántulas.

Con las plántulas obtenidas de los ensayos de germinación, se realizaron extracciones de las epidermis de las caras adaxial y abaxial de los folíolos por diversas técnicas histológicas, de raspado y breve macerado con hipoclorito de sodio, técnica de peeling (D'Ambrogio de Argüeso, 1986) y de peeling modificado (Zarlavsky, 2014). Las secciones de epidermis fueron teñidas con safranina y montadas en gelatina-glicerina. Se tomaron fotografías con microscopio óptico.

Se realizaron preparados semipermanentes de cortes transversales de la raíz primaria, hipocótilo, epicótilo, pecíolo y de la zona media del folíolo central del tercer nófilo siguiendo las técnicas de D'Ambrogio de Argüeso (1986). Los cortes se tiñeron con la doble coloración de azul astral para identificar la celulosa en las paredes primarias y con safranina para la identificación de la lignina en las paredes secundarias; finalmente se montaron en glicerina al 50%. Se utilizó una solución acuosa del reactivo de Lugol (iodo-ioduro de potasio) para la detección de almidón.

Con los pequeños trozos de raíz primaria, hipocótilo, epicótilo, pecíolos y folíolos de las plántulas conservadas en FAA fueron utilizados para realizaron preparados permanentes. Cada sección fue deshidratada en una serie de concentraciones ascendentes de alcohol etílico/xilol, con la posterior inclusión en parafina (Zarlavsky, 2014). Se realizaron cortes transversales de 12 a 14 μm de espesor con un micrótopo rotativo. Los cortes fueron teñidos con la doble coloración de azul astral y safranina y se montaron con Bálsamo de Canadá sintético. Los preparados se analizaron y se tomaron registros fotográficos con cámara adosada a un microscopio óptico Stemi Demi 4.

ENSAYOS DE GERMINACIÓN DE ESPECIES SILVESTRES PARA CULTIVO ORNAMENTAL

Las semillas de las especies silvestres se recolectaron de plantas que crecían en su ambiente natural y que fueron encontradas durante excursiones botánicas que formaron parte de los estudios de especies nativas del "Proyecto Lupinos" (Proyecto PMT SID 0569, titulado "Estudios multidisciplinarios sobre el potencial agrícola e industrial de los lupinos en Argentina" financiado por Agencia Nacional de Investigaciones Científicas y

Técnicas) dirigido por la Dra. Planchuelo. Para documentar las especies se realizaron especímenes de herbario que fueron identificados taxonómicamente por la directora del proyecto y depositados en el herbario ACOR de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Córdoba. Las muestras de semillas utilizadas provienen de frutos maduros cerrados y de frutos abiertos que aún retenían semillas luego de la dehiscencia, de varias plantas que crecían en la misma o zonas vecinas con las mismas condiciones ambientales. Los frutos cerrados fueron trillados a mano y todas las semillas se guardaron en bolsas de papel madera y conservaron a 5 °C y humedad relativa ambiente menor al 50% hasta el momento de su uso en investigaciones. Si bien en los viajes de recolección de materiales se encontraron plantas en estado de fructificación, la recolección de semillas fue muy difícil dada la rápida dehiscencia de los frutos al tratar de extraerlos, es por esa razón que los estudios se realizaron solo con las especies que poseían mayor cantidad de semillas maduras para poder hacer ensayos de germinación con diferentes metodologías de escarificación por ser semillas consideradas duras y siguiendo las condiciones ambientales descriptos en las normas ISTA (2004).

A continuación se enumeran en orden alfabético las cuatro especies analizadas indicando el hábito de las plantas, el lugar de origen y la bibliografía que reseña características de las mismas.

- ***Lupinus albescens* Hook & Arnott:** es una especie que se comporta como anual o perenne de ciclo corto, nativa de la Subregión Atlántica de la Región Sudamericana (Planchuelo & Ravelo, 1984). Fruto y semillas: la legumbre es de 4-6 x .8-1.0 cm, con 5 a 7 semillas; las semillas son de 5.8-6.5 x 4.5-5.7 mm, generalmente marrón oscuro, ocasionalmente marrón oscuro con manchas de los colores más oscuros. Se la clasificó como colonizadora de dunas en islas del Paraná (Fuentes & Planchuelo, 2000).

- ***Lupinus arboreus* Sims.:** es una planta subarborescente originaria del noroeste de Canadá y Estados Unidos de Norteamérica; está naturalizada en la zona cordillerana de la Patagonia y Tierra del Fuego y se hibrida con *L. polyphyllus* que también fue introducida en la zona (Planchuelo, 1984). Fruto y semillas: la legumbre es de 4-6 x 0.9-1.2 cm, con 8-11 semillas, de 6 x 4 mm, semillas de un solo color generalmente marrón oscuro a negro, distribuido en forma uniforme.

- ***Lupinus gibertianus* C.P.Sm.:** esta especie es anual y crece en la Mesopotamia Argentina, sur de Brasil y Uruguay, en los bordes e islas del Río Paraná. (Dunn & Planchuelo, 1981, Planchuelo & Fuentes, 2001). Fruto y semillas: la legumbre es de 3-5 x 1-1,5 cm con 4-8 semillas de 3-4 x 2,8 mm de un color amarillento, cubiertas con un moteado bronceado de manchas y rayas.

- ***Lupinus polyphyllus* Lindl.:** es una especie perenne que se comporta como anual por rebrote de la corona basal, es oriunda del noroeste de Canadá y Estados Unidos de Norteamérica, fue introducida como planta ornamental y está naturalizada en la zona cordillerana de la Patagonia (Planchuelo, 1984), principalmente en Tierra del Fuego en donde es un ícono de la ciudad de Ushuaia (Ob.per. Planchuelo, 2015). Fruto y semillas: la legumbre es de 3-5x 0.8-1.2 cm, con 8-10 semillas de 3x4 mm, moteadas con manchas de color marrón claro y oscuro.

Una muestras de 80 semillas de cada especie fue seleccionada al azar y se procedió a separar grupos de 20 semillas de cada especie para ser usadas en los ensayos de germinación, que consintieron en semillas sin tratar (control) y semillas tratadas con tres tipos de escarificación a saber: con agua a 80 °C por cinco minutos (Teles *et al.* 2000), raspadas con papel de lija para madera grado 120 en la zona opuesta al hilo y pinchadas con una aguja delgada en la parte posterior al hilo.

Los ensayos de germinación se llevaron a cabo en cajas de Petri con papel de filtro humedecido, con dos réplicas de 10 semillas cada uno, para cada tratamiento de escarificación y para semillas no tratadas como control. Todos los experimentos de germinación se llevaron a cabo en una cámara de cultivo a 20°C constante y un fotoperíodo de 8/16 h luz, oscuridad respectivamente, según lo recomendado por ISTA (2004). La germinación se definió cuando la radícula, emergió con 2 mm de largo a través de la cubierta seminal. El porcentaje total de germinación se determinó a los 10 días de la siembra.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Todos los datos de mediciones fueron sometidos a un análisis estadístico para verificar si las diferencias de las medias aritméticas eran o no significativas, mediante el test de Tukey con el Programa InfoStat (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

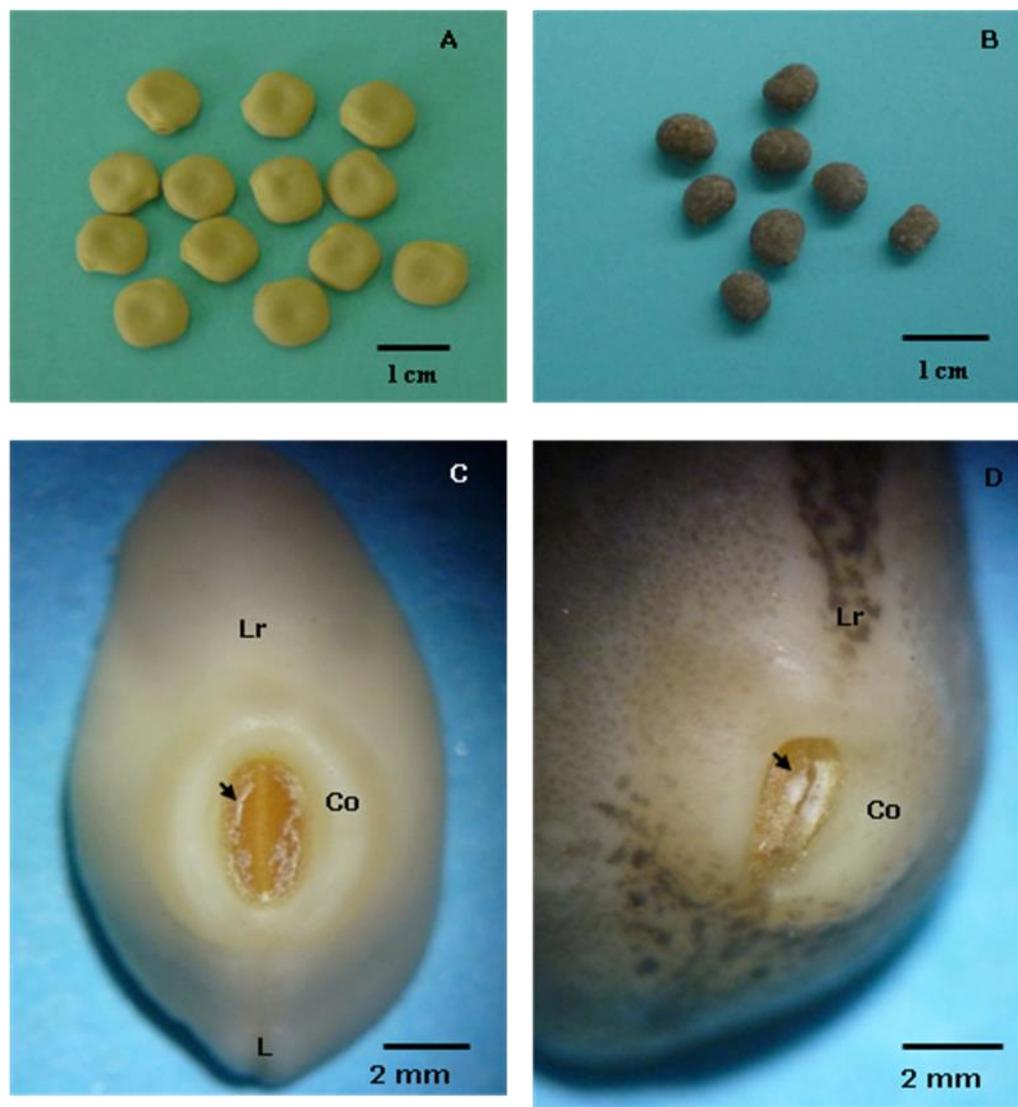
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE SEMILLAS CULTIVADAS

Las principales diferencias observadas entre las semillas de las dos especies estudiadas fueron: la forma, el tamaño y el color de la cubierta seminal como lo ilustra la Figura 4.2.

El análisis exomorfológico mostró que mientras la forma de las semillas de *L. albus* vista en el plano medio (vista lateral) es cuadrangular, comprimida lateralmente, con una depresión lateral central, las semillas de *L. angustifolius* son esféricas y sin depresión lateral. En cuanto al tamaño, varió entre especies y también entre variedades, en este caso siempre las semillas de *L. albus* se caracterizaron por su mayor dimensión comparadas con las de *L. angustifolius*.

Con respecto a las tonalidades de las semillas se observó una gran diferencia entre las especies, mientras que, la cubierta seminal de *L. albus* se caracterizó por su color homogéneo, blanco ebúrneo (Foto 4.1 A), las semillas de *L. angustifolius* mostraron una variada gama de tonalidades desde el blanco ebúrneo al moteado oscuro, sobre base de tonos marrones (Foto 4.1 B). Con respecto a los cultivares de *L. angustifolius*, el cultivar Caro presentó una cubierta seminal maculada pardo albescente, y el cultivar Tango, un fondo albescente ligeramente maculado con manchas castañas en la zona hilar y en la lente (Foto 4.1.D). Las Fotos 4.1 muestra el hilo elíptico en *L. albus* y el arilo que deja expuesto el surco hilar (Foto 4.1.C),

mientras que en *L. angustifolius*, el hilo es obovado, con un arilo conspicuo que recubre el surco hilar; y el extremo del lóbulo radicular se visualiza sobre la segmento de mayor dimensión del hilo (Foto 4.1.D). El micrópilo no se observa ya que se encuentra incluido en el hilo. Estas características concuerdan en términos generales con las señaladas para ambas especies por Perissé (1997) y Perissé & Planchuelo (2004).



Fotos 4.1. Características morfológicas de semillas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius*. A y C: *L. albus*; B y D: *L. angustifolius* vista general; C y D: detalle del hilo. Flecha, arilo; Co, halo o corona; L, lente; Lr, lóbulo radicular.

El resultado del análisis de las características dimensionales de las especies y cultivares estudiados se detallan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Dimensiones características de las semillas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius*

Especie/ variedad	Largo mm	Ancho mm	Espesor medio mm	Espesor borde mm	Largo corona	Largo de hilo mm	Ancho corona	Ancho hilo mm
1/Rex	12, 1±0,9 a	11,4±0,8 a	5,0±0,7 a	5,4±0,8 a	3,8±0,1 a	2,3±0,2 a	2,7±0,3 a	1,2±0,3 a
2/L 31	11,2±0,6 b	10,4±0,4 a	3,7±0,3 b	4,5±0,2 b	3,2±0,2 b	1,4±0,2 b	2,1±0,2 b	0,97±0,08b
			Espesor medio					
3/Caro	7,5±0,4 c	6,5±0,4 c	5,6±0,4 c		2,2±0,2 c	1,1±0,2 c	1,3±0,3 c	0,60±0,09 c
4/Tango	7,2±0,7 c	5,7±0,5 c	5,2±0,4 c		1,9±0,3 c	1,0±0,2 c	0,9±0,2 c	0,48±0,08 c

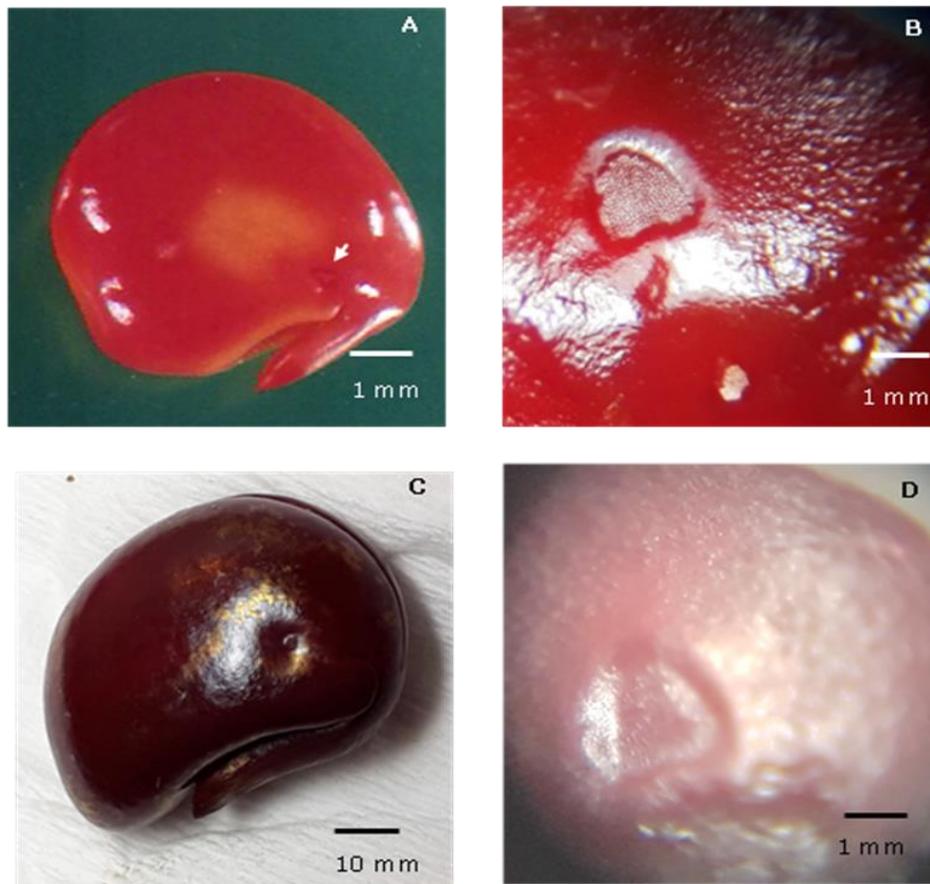
Referencias: 1, *Lupinus albus*, cultivar Rex; 2, *L. albus* cultivar L 31; 3, *L. angustifolius*, cultivar Caro; 4, *L. angustifolius* cultivar Tango. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente según test de T a un nivel de significancia de 0,05 %.

Estos resultados muestran, como se expresó con anterioridad, que hay diferencias significativas entre los tamaños de las semillas de las dos especies. A su vez, dentro de las muestras de lupino blanco, el cultivar Rex presentó un mayor tamaño respecto al cultivar L 31, en las variables: largo, espesor medio y espesor del borde. Por otro lado, los dos cultivares del lupino de hojas angostas (Caro y Tango) mostraron pequeñas diferencias de tamaño que no fueron significativas para la muestra estudiada.

La investigación en relación a la presencia de aréolas cotiledonares, demostró que la reacción colorimétrica con tetrazolio permitió identificar estas estructuras en ambas especies (Fotos 4.2 A y C). Tanto en *L. albus* como en *L. angustifolius* se observaron las aréolas en la cara abaxial de ambos cotiledones con posición basal, de forma triangular, sobre una región deprimida y rodeada por un surco (Fotos 4.3 B y D). Esto difiere con lo señalado por Perissé (1997), ya que para estas especies no detectó la presencia del conjunto “pit-antipit”. Por un lado, la dificultad en la ubicación de las aréolas se advierte ya que Yaklich *et al.* (1989, 1996) posicionaron al “pit-antipit” en la depresión lateral central del cotiledón (analizadas las semillas bajo MEB), lo cual permitiría explicar la confusión y consecuente dificultad en la ubicación de dichas estructuras en las especies estudiadas. Por otro lado, la exacta individualización y posicionamiento de las aréolas, se pueden explicar en función de la practicidad que aporta la técnica de sumergir las semillas en la solución de tetrazolio, que permite de modo sencillo la detección de éstas. Si bien ésta es la primera

vez que se cita la presencia de aréolas cotiledonares en *L. albus* y *L. angustifolius*, los resultados concuerdan parcialmente con los citados de Endo & Ohashi (1998) para *Lupinus arcticus* y *L. luteus*. Sin embargo, estos autores señalaron que las aréolas en *Lupinus* se encuentran en posición basal y de forma oval; mientras que esta investigación pudo establecer en estas dos especies estudiadas su forma es triangular.

Los cortes transversales de las aréolas cotiledonares (Fig. 4.4), muestran la zona que comprende la aréola cotiledonar, con una sección convexa rodeada de un surco de la aréola y el resto de la protodermis parcialmente diferenciada en una epidermis. Debajo de esta capa subyace un “tejido transmisor” que conecta con el procámbium.



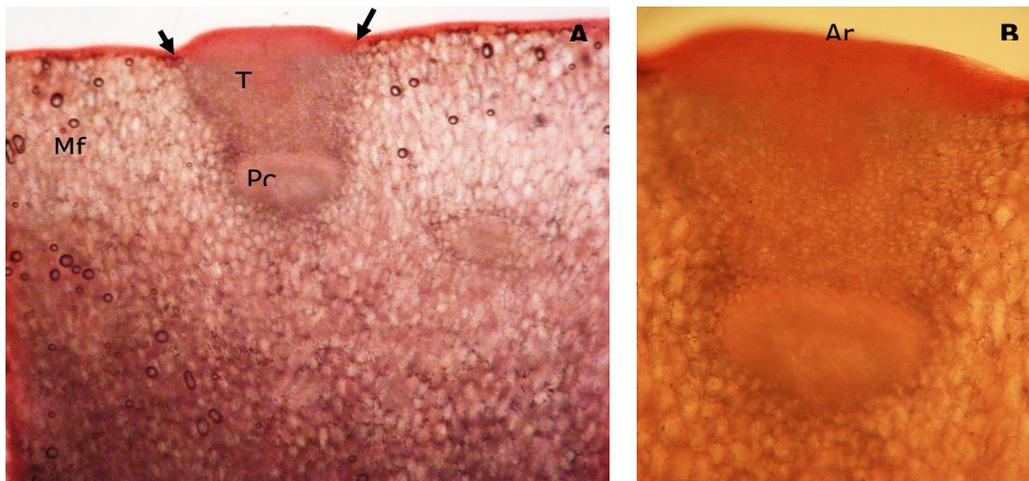
Fotos 4.2. Identificación de la presencia de aréolas cotiledonares. A y B: *Lupinus albus* cv. Rex; C y D: *L. angustifolius* cv. Caro. La flecha indica la aréola cotiledonar en el embrión en posición basal

El análisis del material con la ayuda de la microscopía electrónica de barrido

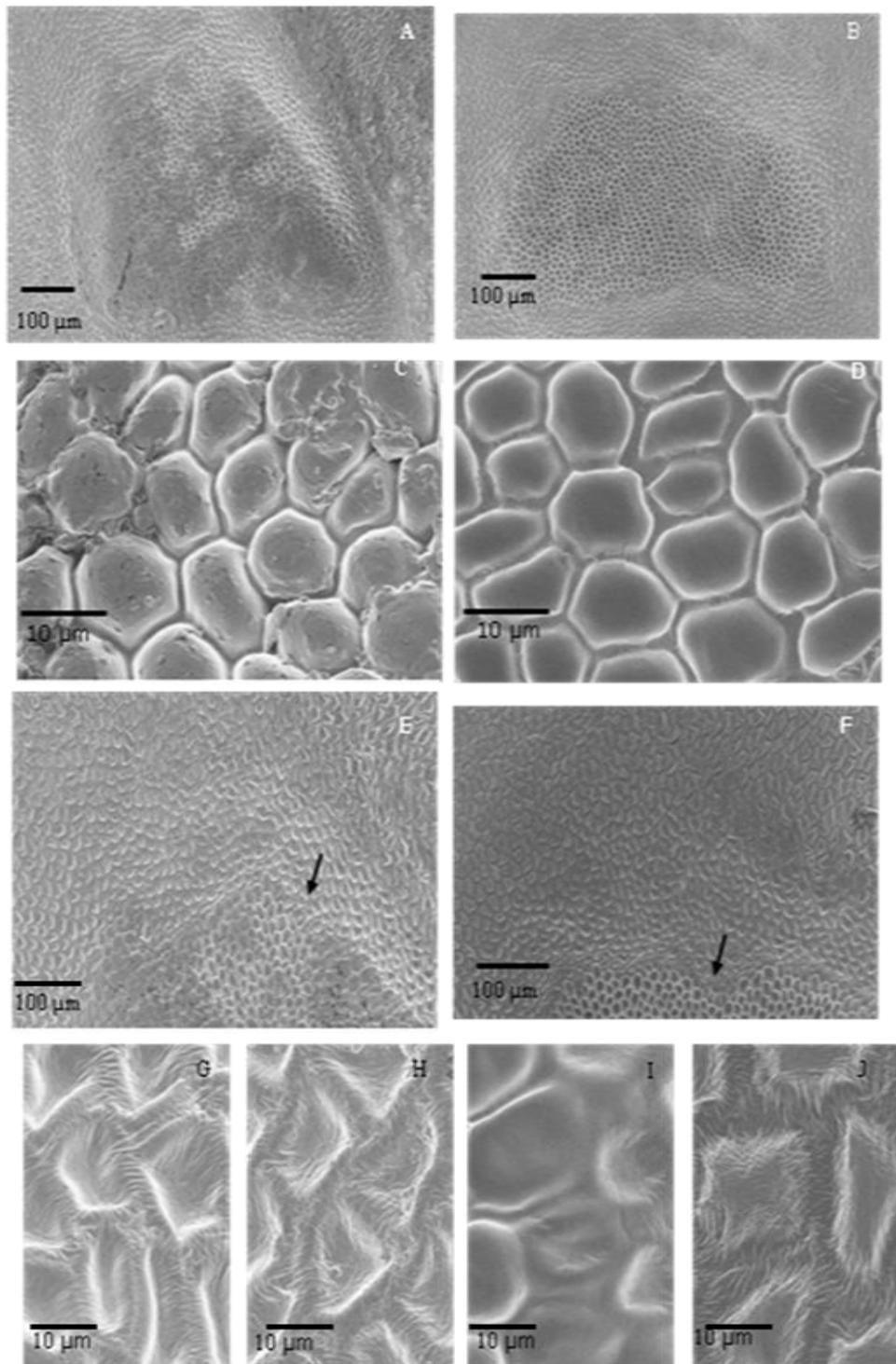
permitió la caracterización no sólo de las aréolas, sino también la de su complemento en el endosperma que cubre la cara interna de la cubierta seminal (Fotos 4.4. y 4.5.).

En ambas especies las células epidérmicas se observaron con una significativa diferencia en el realce de las paredes tangenciales externas. Por un lado, la base de la aréola cotiledonar en *L. albus* mostró células epidérmicas con paredes externas prominentes; mientras que, en *L. angustifolius* son más lisas (Fotos 4.3. C y 4.5. C). Por otro lado, las células epidérmicas de la contraparte (endosperma) se observaron similares en ambas especies (Fotos 4.4. D y 4.5. D). Aún más las cutícula de las paredes tangenciales externas en el complejo aréola-complemento mostraron una peculiar ornamentación a lo largo de la pendiente y el borde que rodea al complemento. Todas estas particularidades permiten explicar y asegurar la función asignada por Yaklich *et al.* (1989,1996) en *Glycine*, y Perissé & Tourn (2015) en *Vicia*, como células de transferencia que aportan vía apoplasto nutrientes al embrión durante la etapa de desarrollo.

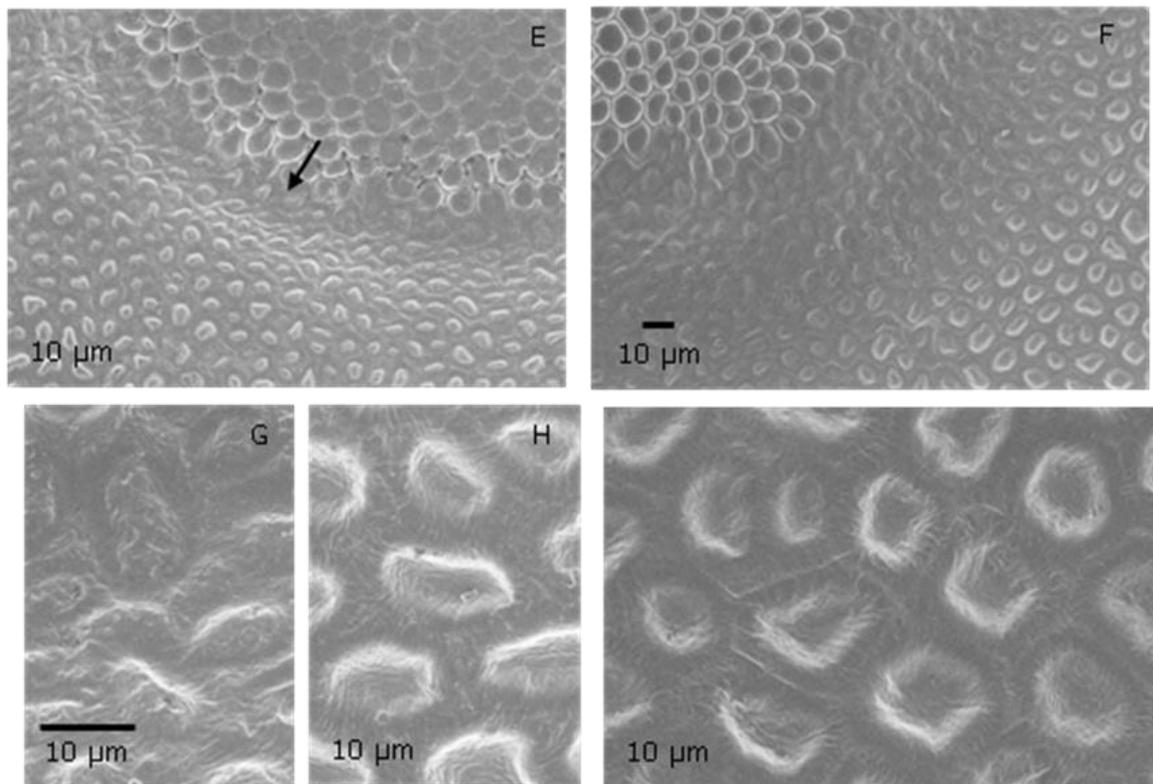
En correspondencia con lo señalado por Endo & Ohashi (1998), sobre la utilidad como caracteres taxonómicos de la forma y ubicación de las aréolas, los resultados de este trabajo demuestran la importancia de la evaluación en su conjunto de las características del complejo aréola-complemento.



Fotos 4.3. Corte transversal de aréola cotiledonar de *L. albus*. A: vista general de la aréola y tejido meristemático; B: detalle de la aréola. Ar, aréola; Mf, Meristema fundamental del cotiledón; Pr, protomeristema procambial, T, tejido meristemático de transferencia.



Fotos 4.4. Morfología de las aréolas en *L. albus* cv. Rex. A: aréola cotiledonar; B: complemento de la aréola en endosperma; C: detalle de la base areolar; D: detalle complemento de la aréola; E: detalle del surco en el límite de la aréola; F: detalle del surco en el límite del complemento areolar; G-H: detalle del borde de la aréola; I: detalle del borde del complemento areolar. La flecha indica el borde de la aréola en A, y en B, del complemento areolar.



Fotos 4.5. Morfología de las aréolas en *L. angustifolius* cv. Caro. A, aréola cotiledonar; B, complemento de la aréola en endosperma; C, detalle de la base areolar; D, detalle complemento de la aréola; E, detalle del surco en el límite de la aréola; F, detalle del surco en el límite del complemento areolar; G-H, detalle del borde de la aréola; I, detalle del recuadro en F. La flecha indica el borde de la aréola en A, y en B, del complemento areolar

CARACTERÍSTICAS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS

Es ampliamente reconocido y como lo describiera para las especies estudiadas Perissé *et al.*, (2002), que la germinación comienza luego de la imbibición de la semilla cuando la radícula rompe la cubierta seminal en la zona hilar próxima al micrópilo; en las terrinas se hizo visible cuando el hipocótilo curvado (conocido como gancho) emergió por sobre del sustrato. A posteriori el hipocótilo se alarga manteniendo una posición curva hasta la emergencia de los cotiledones que retienen la cubierta seminal en forma de capuchón en su parte distal. La primera etapa del proceso de germinación es heterótrofa y los cotiledones reservantes proveen los nutrientes necesarios para el desarrollo de los

primeros estadios de la plántula. Aproximadamente a los 8 a 10 días después de la siembra, los cotiledones se liberan de la cubierta seminal, se separan entre sí, se expanden para dejar emerger al epicótilo y se tornan fotosintéticamente activos, dando comienzo a la etapa autótrofa.

Las dos especies mostraron una germinación epigea, perteneciente al tipo fanerocotilar concordante con la clasificación de Duke & Polhill (1981). Además, se corresponden con los tipos morfológicos de plántulas Sloanea, subtipo Sloanea de acuerdo a la clasificación de De Vogel (1979, 1980) y al tipo Sophora según Ye (1983).

El análisis cronológico del crecimiento de las plántulas mostró que las dos especies tienen un comportamiento similar. Luego del desprendimiento de los cotiledones, aproximadamente a los 15 a 18 días después de la siembra, el hipocótilo sigue creciendo; mientras que, el epicótilo se mantiene poco desarrollado, luego el eje caulinar desarrolla entre dos y tres hojas bien expandidas.

Ambas especies tuvieron un porcentaje de emergencia de plántulas normales del 100% en todas las terrinas, lo que demuestra un buen estado sanitario de las semillas que está correlacionado con el vigor necesario para el establecimiento de la planta en sistemas de cultivo en concordancia con lo evaluado por Perissé *et al.* (2004).

MORFOANATOMÍA DE LOS ÓRGANOS DE LAS PLÁNTULAS

Las características morfológicas de las plántulas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius* en un estado de crecimiento de 20 días después de la siembra se representan en la Figura 4.2. Se muestran también los diagramas tisulares de los cortes transversales de raíz, hipocótilo, epicótilo, pecíolo y folíolo. Se observaron diferencias de tamaño y estructuras entre ambas especies. Las plántulas de *L. angustifolius* tienen órganos de mayor longitud que las de *L. albus*, pero toda la arquitectura de la plántula de esta última es más robusta.

Estas diferencias pueden continuar siendo evidentes hasta el estadio de roseta basal y ser atribuidas, como lo señaló Huyghe (1993) a los tamaños de las semillas.

Las particularidades dimensionales de los órganos del sistema caular se exponen en la Tabla 4.2 que muestra los valores promedio de las longitudes del hipocótilo, epicótilo, pecíolo, y largo y ancho máximo de los folíolos medios de la tercera hoja, de una muestra de 15 plántulas de cada especie, a los 20 días de la siembra. Como se puede observar hay diferencias significativas en todos los valores de los órganos evaluados, excepto en las longitudes de los folíolos.

Tabla 4.2. Longitudes promedio de hipocótilo, epicótilo, pecíolo y largo y ancho de los folíolos de plántulas obtenidas 20 después de la siembra.

Especie y cultivar	Hipocótilo cm	Epicótilo cm	Pecíolo cm	Largo de folíolo cm	Ancho de folíolo cm
<i>Lupinus albus</i>	5,2 ± 0,4 a	1,3 ± 0,3 a	7,5 ± 0,5 a	3,4 ± 0,4 a	1,8 ± 0,3 a
<i>Lupinus angustifolious</i>	7,0 ± 0,2 b	3,6 ± 0,4 b	3,5 ± 0,6 b	3,8 ± 0,6 a	0,35 ± 0,07 b

Letras iguales obtenidas indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias involucradas ($\alpha=0,05$).

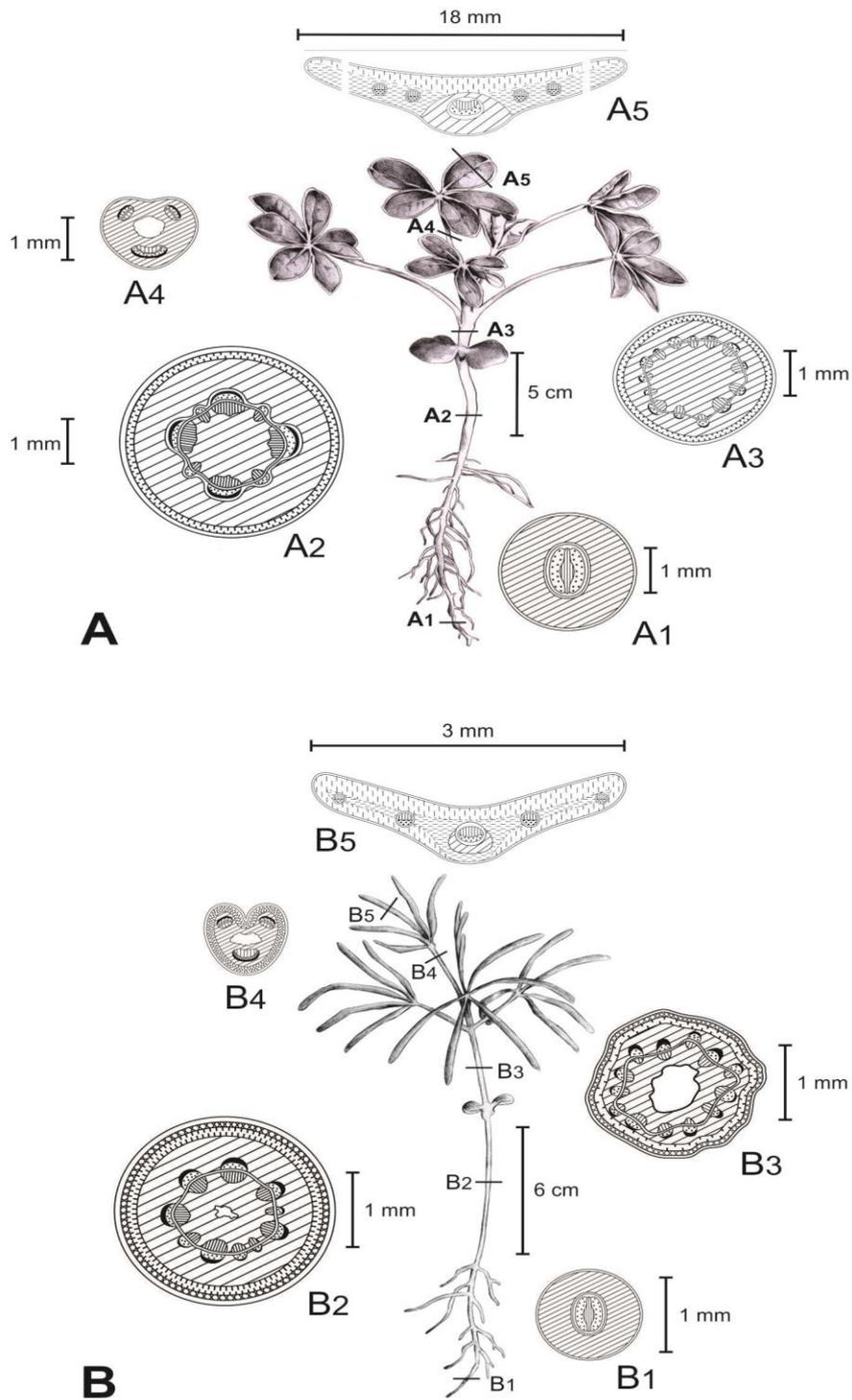


Figura 4.2. Crecimiento promedio de las plántulas y distribución de tejidos en *L. albus* y *L. angustifolius* a los 20 días de siembra. A: *Lupinus. albus*; B: *L. angustifolius*. A1, B1: Raíz primaria; A2, B2: Hipocótilo. A3, B3: Epicótilo. A4, B4: Pecíolo. A5, B5: Folíolo.

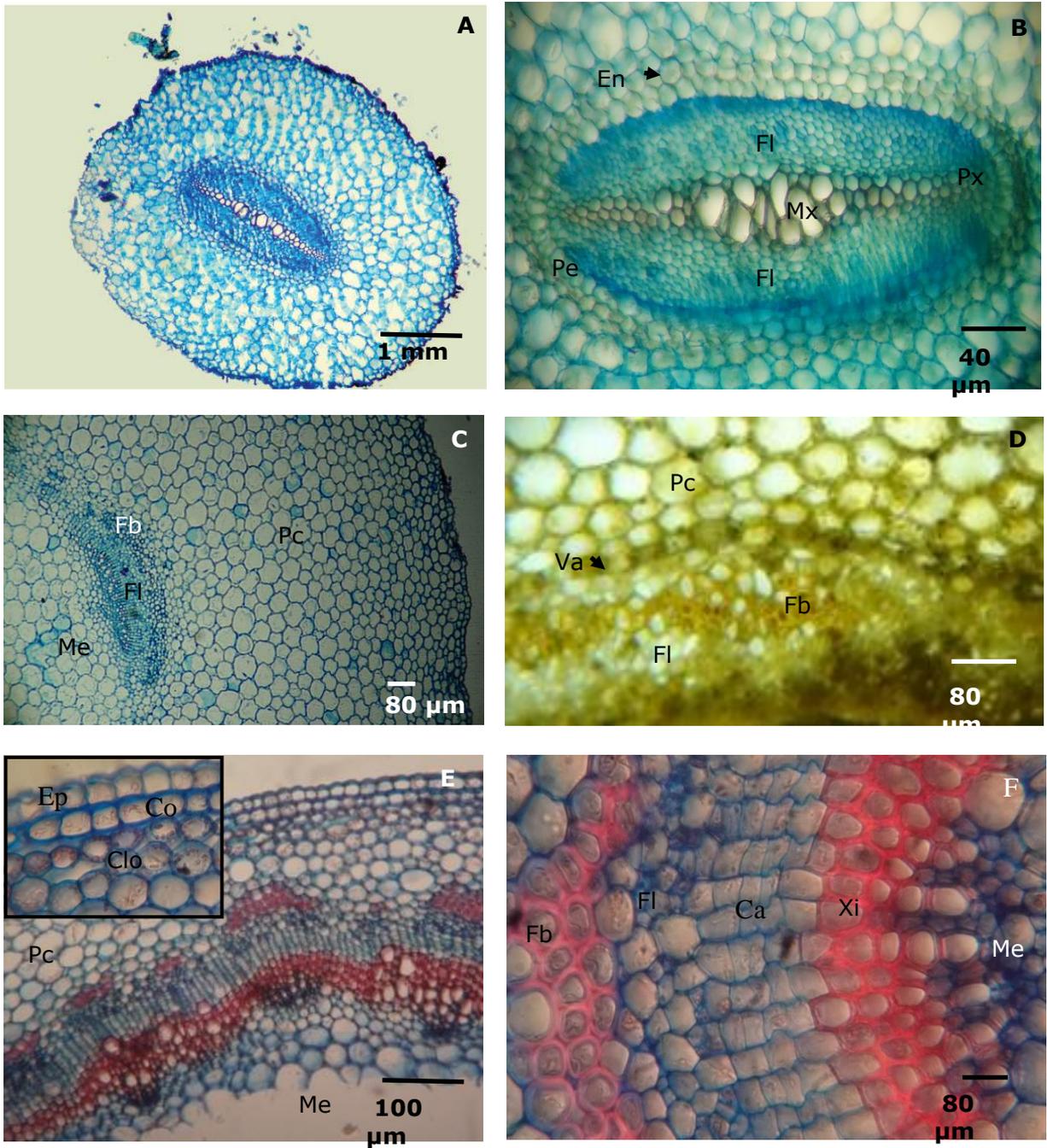
ESTRUCTURA DE LA RAÍZ

La observación de las raíces a los 20 días luego de la siembra evidencia que *L. albus* presentó una raíz primaria, bien desarrollada con un buen sistema de raíces laterales; en cambio, el sistema radicular de *L. angustifolius* se caracterizó por un menor desarrollo, con pocas raíces laterales, tal como fue señalado por Clemens *et al.* en 1993 (Fig. 4.2. A y B). Las raíces laterales se destacaron por ser mucho más delgadas que la raíz principal pivotante de acuerdo con la típica estructura de un sistema alorrizo y en concordancia con lo señalado por Dracup & Kirby (1996). El mejor sistema radicular desarrollado por *L. albus* puede influir favorablemente en los rendimientos de granos como fue sugerido por Del Canto *et al.* (2015).

Ambas especies exhibieron la rizodermis unistratificada y la corteza formada por parénquima cortical, con células poliédricas y grandes espacios intercelulares (Fotos 4.6. A). Por fuera del cilindro central, la endodermis con bandas de Caspary, está formada por tres capas en *L. albus* y dos capas en *L. angustifolius* (Figs. 4.2. A1, B1 y 4.8 B). Según la disposición del sistema vascular se observó una estructura anatómica diarca, que es típica de los lupinos anuales de grano y perennes silvestres como lo señalaron Compton (1912), Boas & Merckenschlager (1923), Holden & Chesters (1925) y Petrova (2002). El periciclo mostró una capa unistratificada de células parenquimáticas, en posición externa al floema y, frente a los polos del protoxilema se identificó que forma un conjunto pluristratificado. Se observó el metaxilema central bien desarrollado, el protoxilema en los extremos y el floema a cada lado del xilema (Figs. 4.2. A1, B1 y Fotos 4.6. A y B). Estas características coinciden con lo indicado por Petrova (2002).

ESTRUCTURA DEL HIPOCÓTILO

Como se puede observar en la Tabla 4.2 la longitud promedio del hipocótilo de *L. albus*, fue menor que la de *L. angustifolius*, pero la mayor elongación no se correlacionó con un buen desarrollo radicular, lo que podría sugerir un debilitamiento en la arquitectura de la plántula tal como lo señalaron Dracup & Kirby (1996).



Fotos 4.6.- Anatomía del corno de plántulas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius*. A-D: *L. albus*; E-G: *L. angustifolius*. A, raíz primaria; B, detalle de cilindro central C-E: hipocótilo; C, detalle de estela, D, detalle vaina amilácea; E y F: Epicótilo, recuadro, detalle de capa de coléquima en E; F: Detalle de un haz vascular. Referencias: Ca, cámbium; Caf, cámbium fascicular; Cai, cámbium interfascicular; Clo, clorénquima; Co, colénquima laminar; En, endodermis; Ep, epidermis; Fl, floema; Fb, fibras; Me, médula; Mx, metaxilema; Pc, parénquima cortical; Pe, periciclo; Px, protoxilema; Va, vaina amilácea; Xi, xilema.

El corte transversal del hipocótilo de *L. albus* (Fig. 4.2. A2) mostró una epidermis unistratificada, en la corteza se observó el parénquima cortical rodeado por una capa de clorénquima, visible en las plántulas que estuvieron expuestas a mayor cantidad de luz. En *L. angustifolius* se observó una capa de colénquima laminar en posición subepidérmica (Figs. 4.2. B2 y 4.8 E). El sistema vascular se caracterizó por la similitud en ambas especies, representado por haces vasculares colaterales abiertos interconectados por un cambium interfascicular bien desarrollado. Cada haz vascular presentó un casquete de fibras que cubre al floema (Foto 4.6. C). Las características descritas coinciden con los análisis de los sistemas vasculares de plántulas de varias especies de *Lupinus* realizadas por Compton (1912) y Holden & Chesters (1925) y difieren de lo encontrado en *L. nanus* Douglas ex Benth., originaria de California (Holden & Chesters, 1925). *Lupinus albus* mostró una amplia médula central de células parenquimáticas, mientras que en *L. angustifolius* la parte central de la médula se observó hueca (Fig. 4.2. B2). Las diferencias más notorias se relacionaron con la presencia de la capa de colénquima laminar y el mayor número de haces vasculares en *L. angustifolius* (Figs. 4.2. B2 y 4.8 E) y una vaina unistratificada amilácea, que fue identificada por reacción con lugol, en la zona basal del hipocótilo de *L. albus* (Figs. 4.2. A2 y 4.8 D) tal como fue señalado por Acuña & Planchuelo (1999). La capa subepidérmica de colénquima contribuye a un sistema de sostén que le permite reforzar los tejidos del hipocótilo en *L. angustifolius* por ser de mayor elongación y menor diámetro que el de *L. albus*. Por otro lado, el almidón de la vaina amilácea, puede considerarse como un proveedor de nutrientes para una mayor formación de raíces laterales en *L. albus* con respecto a la plántula de *L. angustifolius*. Es necesario comprobar si, las diferencias estructurales entre ambas especies, influyen en la resistencia al ataque del hongo *Rhizoctonia solani* cepa ZG3 señalado por Nelson & Delane (1990) como el patógeno responsable de la podredumbre del hipocótilo.

ESTRUCTURA DEL EPICÓTILO

El epicótilo de *L. albus* (Fig. 4.2. A3) se caracterizó por su epidermis unistrata, de cutícula delgada. En posición subepidérmica en algunas plántulas que estaban más expuestas a la luz, se observó una capa de clorénquima. Además, el colénquima subepidérmico del hipocótilo también se observó en el epicótilo de *L. angustifolius*; mientras que en *L. albus* se verificó su ausencia (Figs. 4.2. A3, B3 y Foto 4.6 F). Los haces

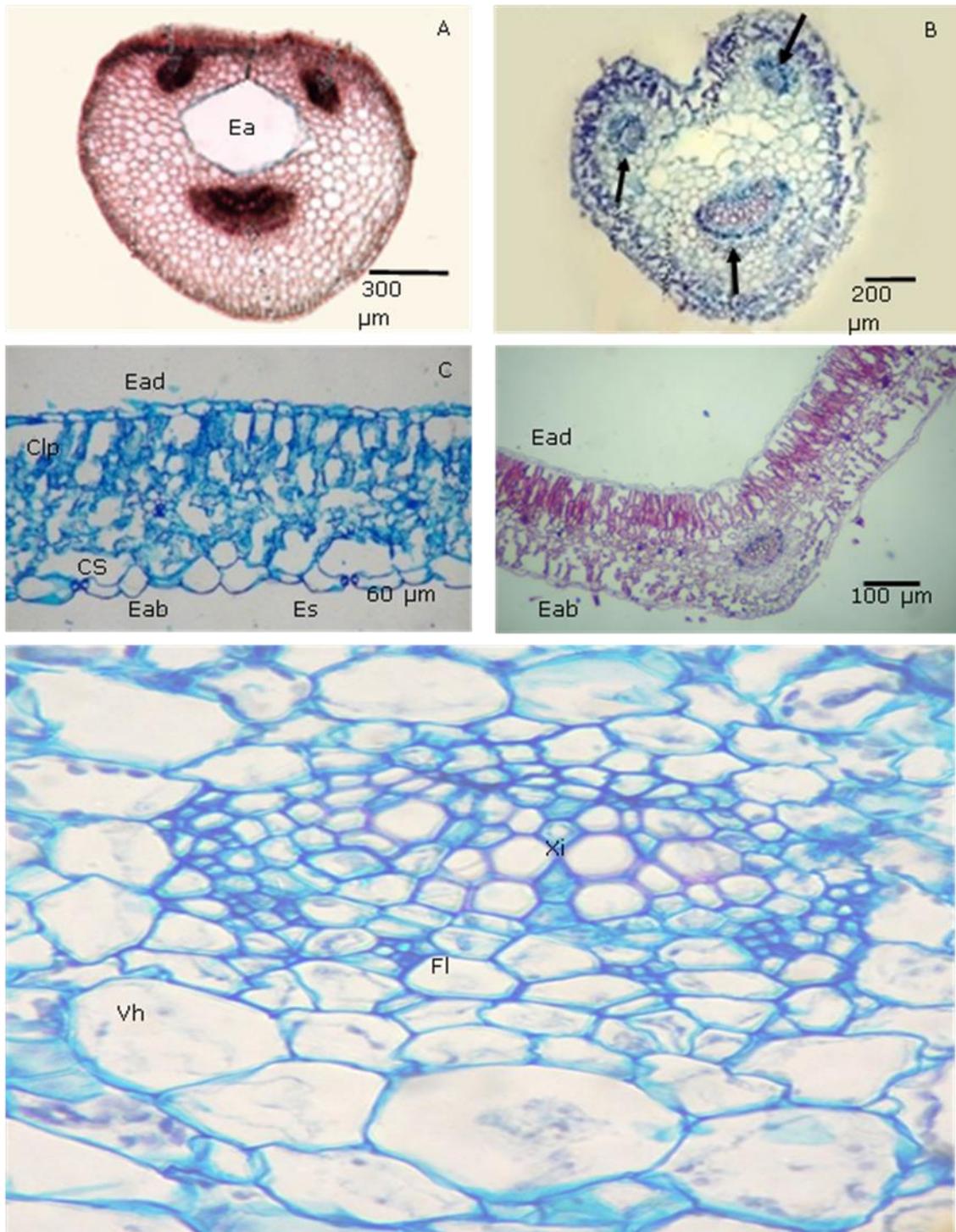
vasculares fueron iguales en su constitución, pero de menor tamaño que los del hipocótilo (ver detalle en Foto 4.6 G). *Lupinus albus* se caracterizó por una amplia médula central de tejido parenquimático, mientras que, en *L. angustifolius* la zona central se observó hueca.

ESTRUCTURA DEL PECÍOLO

El corte transversal del pecíolo de *L. albus* (Figs. 4.2. A4 y Foto 4.7. A), mostró una pequeña escotadura poco profunda en la parte ventral a diferencia de *L. angustifolius* que se caracterizó por una forma cordada con dos lóbulos que emergen de un canal central (Figs. 4.2. B4 y Foto 4.7. B). El sistema vascular del pecíolo de ambas especies proviene de un nudo trilacunar que contiene tres haces vasculares bien diferenciados, dos pequeños y uno de mayor tamaño. En la zona central del pecíolo se encontró un espacio aéreo de origen lisígeno coincidiendo con lo observado por Zamora-Natera & Terrazas (2012). Las características del pecíolo de *L. angustifolius*, reafirman otras similitudes morfológicas con la especie *L. gibertianus* C.P.Sm., nativa de la Subregión Atlántica (Planchuelo, 1994), descritas por Planchuelo (1996), en un estudio comparativo entre especies de origen europeo y americano.

ESTRUCTURA DE LOS FOLÍOLOS

Como se puede observar en la Figura 4.2. A y B, todas las hojas son palmaticompuestas con folíolos que se insertan en un punto común en la zona distal del pecíolo, donde se juntan los pulvínulos que están en la base de cada uno de los folíolos. No hay una clara diferencia entre las hojas de las plántulas como para clasificarlas en protófilos y nomófilos, pero si se evidenció que las plántulas sólo tienen cinco folíolos, mientras que, en ambas especies las hojas de las plantas adultas tienen entre siete y nueve folíolos. Con respecto a los tamaños de los folíolos se evidencia en la Figura 4.2. A5 y B5, y en la Tabla 4.2 que las diferencias significativas están en el ancho de los folíolos ya que en *L. albus* es aproximadamente cinco veces mayor que el de los folíolos de *L. angustifolius*.



Fotos 4. 7. Anatomía del pecíolo y de la lámina de *Lupinus albus* y *L. angustifolius*. A, C, D: *L. albus*; B, E: *L. angustifolius*. A y B, pecíolo; C y D, distribución de tejidos en el folíolo; E, detalle del hacecillo medio. Referencias: Cle, clorénquima esponjoso; Clp, clorénquima en empalizada; Cs, cámara subestomática; Eab, epidermis abaxial, Ead: epidermis adaxial; Ea, espacio aéreo; Es, estoma; Fl, floema; Hv, hacecillo vascular; Vh, vaina del haz; Xi, xilema.

El corte transversal del folíolo de *L. albus* (Figs. 4.2. A y Foto 4.7. C) mostró una estructura de mesofilo de disposición dorsiventral con dos capas de clorénquima en empalizada hacia la cara adaxial, que se continúa a la altura de la nervadura media y cuatro capas de clorénquima esponjoso interrumpido por células parenquimáticas incoloras que rodean a la nervadura central y se extienden hasta la cara abaxial.

Lupinus angustifolius se caracterizó por la estructura foliar isobilateral (Figs. 4.2. B4 y Foto 4.7. D), con un clorénquima en empalizada de aproximadamente tres capas hacia la cara adaxial que se continúa a lo largo de todo el ancho del folíolo, un clorénquima esponjoso de poco espesor que se extiende a la altura de la nervadura media hacia la cara abaxial, y una o dos capas de clorénquima en empalizada hacia la cara abaxial, en donde las células están separadas por grandes espacios intercelulares. El hacesillo vascular de la nervadura central en ambas especies es colateral con xilema hacia la cara adaxial y floema hacia la cara abaxial, posee grupos de fibras en relación al floema y está rodeado por una vaina de células parenquimáticas incoloras. Los hacesillos laterales son colaterales con pocos elementos conductores, sin fibras y también están rodeados de una vaina pequeña de células incoloras.

La epidermis adaxial de los folíolos de ambas especies se caracterizó por ser glabra, con células de paredes poliédricas irregulares de contornos levemente ondulados (Fig. 4.8. A1, B1), en cambio la abaxial se destacó por su pilosidad, con tricomas adpresos, simples, tricelulares, formados por una célula basal globosa de mayor tamaño que las células epidérmicas, un epitricopodio de paredes engrosadas que se tiñen con safranina y una célula apical acicular (Foto 4.8. C). Estas características de los pelos se describen por primera vez para el género *Lupinus* y es una ampliación de las señaladas por Golovchenko (2000); Briceño *et al.*, (2000); Seisdedos & Planchuelo (2011, 2017); Zamora-Natera & Terrazas (2012).

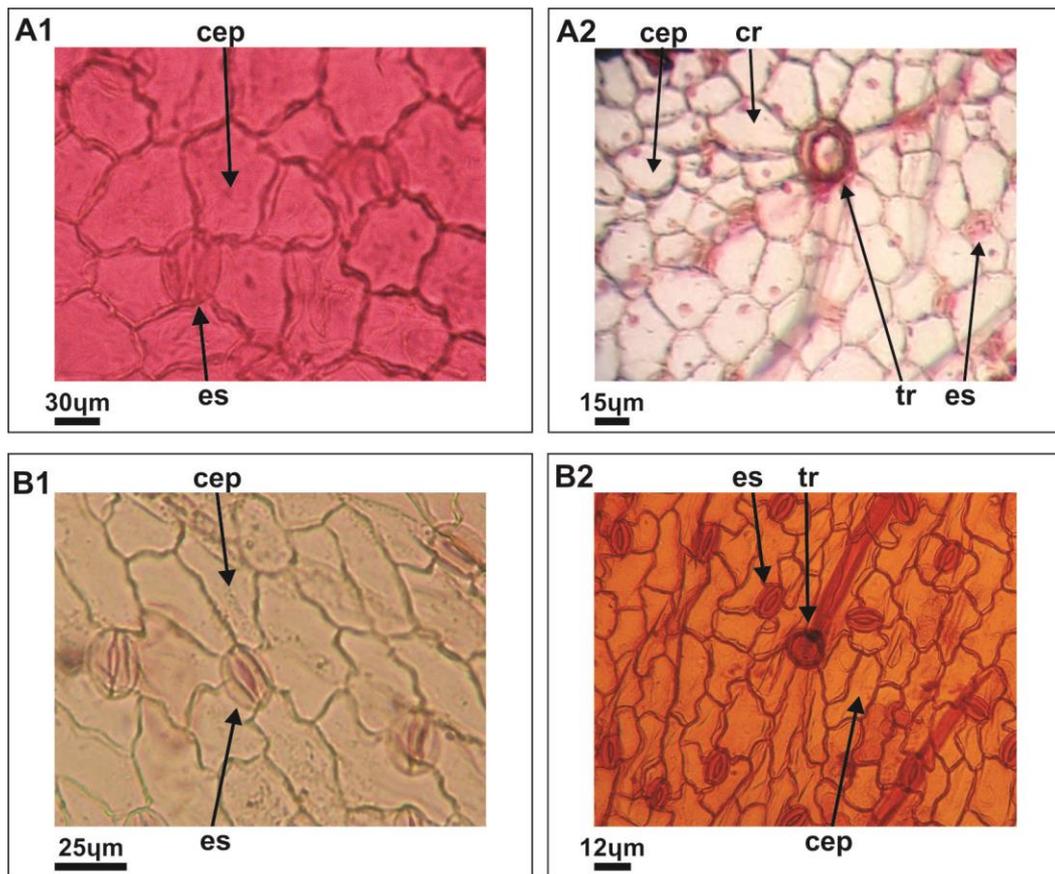
En *Lupinus albus* en vista superficial se observan entre nueve y diez células pentagonales que se disponen en forma radial en la base de los pelos (Fig. 4.8. A2), mientras que en *L. angustifolius* las células que rodean a los pelos son de forma irregular (Fig. 4.8. B2). Estos tipos de distribución de las células en la base de los pelos fueron descritos por Seisdedos & Planchuelo (2011) y Zamora-Natera & Terrazas (2012), y

según Stenglein *et al.*, (2003) pueden contribuir a la sistemática de los diferentes grupos taxonómicos de Leguminosas.

Los folíolos de ambas especies son anfistomáticos y presentan mayormente estomas anomocíticos comunes en otros géneros de Leguminosas (Taia, 2004; Freire *et al.*, 2005); sin embargo, también se encontraron en ambas especies algunos estomas anisocíticos con tres células auxiliares, lo que demuestra que este carácter de la epidermis no tiene un gran valor taxonómico. Los estomas están levemente hundidos en relación al nivel de las células epidérmicas en concordancia con lo observado por Golovchenko (2000), Seisedos & Planchuelo (2011) y Zamora-Natera & Terrazas (2012).

Las características foliares observadas muestran que si bien los folíolos tienen la cara adaxial glabra y expuesta a las condiciones ambientales, las hojas mantienen la posibilidad de plegar los folíolos para reducir el área expuesta a la radiación directa del sol, variando el turgor de las células de los pulvínulos, tal como lo describieron Jaramillo-Pérez *et al.* (2015), en las hojas compuestas de *Alvaradoa amorphoides* Liebm. El plegamiento de los folíolos permite reducir la superficie foliar expuesta, y los pelos de la cara abaxial generan una protección que evita la plena exposición de la epidermis, y disminuye los efectos del movimiento del aire que deseca la superficie (Jones, 1992; Ely & Torres, 2003; Yabuki, 2004). Estas características junto con los estomas levemente hundidos, evitan el sobrecalentamiento que genera la atmósfera desecante (Medlyn *et al.*, 2001). Lo anteriormente expuesto fue observado durante el curso del crecimiento de las plántulas lo que demuestra una estrategia de control termohídrico de la plántula.

Las grandes diferencias en el ancho y estructura de los folíolos entre *L. albus* y *L. angustifolius* son típicas de las especies y se manifiestan desde los primeros primordios foliares hasta las hojas de la planta adulta, y según los estudios de Cowling, *et al.* (1998).



Fotos 4.8.- Epidermis foliar de *Lupinus albus* y *L. angustifolius*. A: *L. albus*; B: *L. angustifolius*. A1, B1: Epidermis adaxial. A2, B2: Epidermis abaxial. Referencias: cep, célula epidérmica; es, estoma; cr células radiales, tr, pelo tricelular.

ENSAYOS DE GERMINACIÓN DE ESPECIES SILVESTRES

Los resultados de los distintos tratamientos de escarificación, muestran que en valores absolutos el tratamiento de lijado presentó los valores más altos de germinación, coincidiendo en parte con los resultados expresados por Alderete-Chávez *et al.*, 2010; Pablo-Pérez *et. al.*, 2013). Si bien el tratamiento con agua caliente mejoró los porcentajes respecto al control, ninguna especie alcanzó el 25 % de germinación (Tabla 4.3). Asimismo, aunque no hay diferencias significativas entre los tratamientos de lijado y pinchado, es ampliamente reconocido que el lijado resulta una metodología más práctica como para ser utilizada en la obtención de plántulas.

Tabla 4.3. Porcentaje de germinación de los distintos tratamientos de escarificación

	<i>L. albescens</i> % Germinación	<i>L. arboreus</i> % Germinación	<i>L. gibertianus</i> % Germinación	<i>L. polyphyllus</i> % Germinación
Control	0 a	6±1 a	0a	4± 1 a
Agua Caliente	3±1 b	18± 2 b	6±1 b	22 ±1 b
Lijado	87± 3 c	83± 2 c	72± 6 c	98 ±2 c
Pinchado	84±4 c	73±1 c	69±3 c	94 ±2 c

Valores medios con letras iguales no difieren significativamente según test de T a un nivel de significancia de 0,05 %.

Un resultado interesante es que las dos especies introducidas en el sur oeste patagónico *L. polyphyllus* y *L. arboreus* presentaron porcentaje de germinación del control de 4% y 6% respectivamente, lo que indica que tienen más facilidad de germinar sin ningún tratamiento previo en su área de dispersión, lo que explica porqué llegaron a la condición de asilvestradas y luego naturalizadas en las zonas en donde fueron introducidas.

CONCLUSIONES

Los estudios relacionados con las características morfológicas de las semillas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius*, confirman y complementan las descripciones realizadas por otros autores. Además, se citan y se describen por primera vez los complejos de las aréolas cotiledonares y sus complementos en ambas especies. Todo esto permite reflexionar y teorizar sobre las funciones adjudicadas a dichas estructuras.

Las diferencias morfoanatómicas encontradas entre las dos especies de *Lupinus*, descritas en el estado de plántula, muestran caracteres que pueden considerarse importantes en la estructura de la planta adulta como quedó manifiesto en el desarrollo del sistema radical en *Lupinus albus* respecto a *L. angustifolius*. Además, confirman las características requeridas para definir a la plántula normal, que garantiza la exitosa implantación del cultivo.

Este trabajo contribuye a identificar los tejidos normales de las especies en los estadios iniciales del desarrollo de la planta y sirve como base para futuras investigaciones. Finalmente, la evaluación de los tratamientos de escarificación, de las especies nativas son el punto de partida para la capacidad de concretar un paquete tecnológico para ingresar plantas silvestres al cultivo de plantas ornamentales.

Se considera que los resultados sirven de soporte a los programas de mejoramiento vegetal y como patrones tisulares para determinar si existen relaciones entre los tejidos de conducción y de sostén y el comportamiento de las plantas ante el estrés hídrico y la infestación de patógenos.

Para el manejo de especies silvestres con un especial interés en una producción de plantas de nivel de vivero de especies ornamentales se recomienda el lijado de las semillas dado que es la técnica que dio buenos resultados en la obtención de plántulas.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Acuña, N. y Planchuelo, A.M. 1999. Comparative morphology of lupin seedling. In: G. Hill (Ed.), *A crop for the Next Century*. Proceeding International Lupin Conference. (pp. 386-393) Christchurch: Lincoln University.
- Alderete-Chávez, A.; Rodríguez-Trejo, D.A.; Espinosa-Hernández V; Ojeda-Trejo, E and Cruz-Landero, N de la C. 2010. Effects of different scarification treatments on the germination of *Lupinus leptophyllus* seeds. *Intern. J. Botany* 6(1):64-68.
- Andrejko, D. and Grochowicz, J. 2006. Effect of the moisture content on compression energy and strength characteristic of lupine briquettes. *J. Food Engineering* 83(1): 116-120.
- Bhattacharya, A. and Saha, P.K. 1990. Ultrastructure of seed coat and water uptake pattern of sees during germination in *Cassia* sp. *Seed Sci. & Technol.*, 18, 97-103.
- Boas, F. y Merckenschlager, F. 1923. Die Lupine als Objekt der Pflanzenforschung. *Morphologie, Anatomie, Physiologie und Pathologie der gelben Lupine*: Berlin, Germany: Paul Parey.
- Boeswinkel, F.D. and Bouman, F. 1984. The seed structure. En: *Embriology of Angiosperms*. Johri B. M. Springer Verlag, Berlin. pp.567-610.

- Brehaut, E. 1933. (Trad.) Cato, the Censor, on farming. New York, USA: Columbia University Press.
- Briceño, B., Azócar, A., Fariñas, M., y Rada, F. (2000). Características anatómicas de dos especies de *Lupinus* L. de los Andes venezolanos. *Pittieria* 1 (29-30): 21-35.
- Burkart, A. 1952. Las Leguminosas Argentinas silvestres y cultivadas. Ed. Acme Agency, Buenos Aires, Argentina. 569 pp.
- Carámbula, M. 1977. Producción de semillas de plantas y manejo de pasturas sembradas. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, Bs As-Argentina. 464 pp.
- Clemens, J. C., White, P. F. y Buirchell, B. J. (1993). The root morphology of *Lupinus angustifolius* in relation to other *Lupinus* species. *Australian Journal of Agricultural Research* 44: 1367-1375.
- Compton, R.H. (1912). An Investigation of the seedling structure in the Leguminosae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 41: 1-122.
- Corner, E.J. 1976. The Seeds of Dicotyledons, vols. I & II, Cambridge. University Press, Cambridge. 564 pp.
- Cowling, W.A., Buirchell B.J. y Tapia M.E. 1998. Lupin. *Lupinus* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. *International Plant Genetic Resources Institute* 23: 1-105.
- D'Ambrogio de Argüeso, A. (1986). Manual de técnicas en histología vegetal. Buenos Aires, Argentina: Ed. Hemisferio Sur.
- Del Canto, G., Osorio, C., Rupayan, A., Lichtin, N. y Maureira-Butler, I. 2015. Assessing root variability, growth, morphology, and metabolite content, in a diverse germplasm collection of yellow lupin (*Lupinus luteus*, L.). In: J. C. Apraro, M. Duranti, C. Magni, A. Scarafoni (Eds.), *Developing Lupin Crop into a Major and Sustainable Food and Feed Source* (p. 42) Genoa: International Lupin Association.
- De Vogel, E.F. 1979. Morphological types in dicot seedlings, with reference to their origin. *Bulletin Societé Botanica Française* 126. *Actualités Botaniques*, vol 3: 173- 182.
- De Vogel, E.F. 1980. Seedling of Dicotyledons: structure, development, types. Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC), Wageningen, Netherlands. 465 pp.
- Dracup, M. and Kirby, E.J.M. 1996. *Lupin Development Guide*. Nedlands, Western Australia: University Western Australia Press. 97pp.
- Duke, J.A. and Polhill, R.M. 1981. Seedlings of Leguminosae. En: Polhill R.M. and Raven P.H. *Advances in Legume Systematics*. . pp. 941-950. Royal Botanic Gardens, Kew, U.K
- Duke, S., Kakefuda, G., Henson, C., Loeffler, N. and Hulle, N. 2006. Role of the testa epidermis in the leakage of intracellular substances from imbibing soybean seeds and its implications for seedling survival. *Physiologia Plantarum*. 68. 625 - 631. 10.1111/j.1399-3054.1986.tb03407.x.
- Dunn D.B. & Planchuelo A.M, 1981. *Lupinus heptaphyllus* (Velloso) Hassler vs. *Lupinus hilarianus* Benth. *Taxon* 30 (2): 464 470
- Ely, F. y Torres, F. (2003). Adaptaciones anatómico-estructurales foliares de *Chaetolepis lindeniana* (Naud.) Triana a lo largo de un gradiente altitudinal en el Páramo del Parque Nacional Sierra Nevada de Mérida (Venezuela). *Plant* 3 (2): 101-115.

- Endo, Y. and Ohashi, H. 1998. The features of cotyledon areoles in Leguminosae and their systematic utility. *American Journal of Botany* 85: 753-759.
- Endo, Y. and Ohashi, H. 1998a. The features of cotyledon areoles in Leguminosae and their systematic utility. *American Journal of Botany* 85 (6): 753-759.
- Endo, Y. and Ohashi, H. 1998b. Variations in the anatomical features of cotyledon areoles in Leguminosae. *Journal of Japanese Botany* 73:264-269.
- Enstone, D.E., Peterson, C.A. and Ma, F. 2003. Root endodermis and exodermis: structure, function, and responses to environment. *J. Plant Growth Regul.* 21(4):335-351.
- Esau, K. 1982. *Anatomía de las plantas con semilla. Hemisferio Sur, Bs.As. Argentina.* 511 pp.
- Evert, R.F. 2008. *Esau Anatomía Vegetal, Meristemas, células y tejidos de las plantas: su estructura, función y desarrollo.* Ediciones Omega, Barcelona, España, 3ra Edición. 614 pp.
- FAO, 1989. *La agricultura mundial hacia el año 2000.* Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 471 pp.
- Fontes, L.A. and Ohlrogge, A.J. 1972. Influence of seed size and population on yield and other characteristics of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Agron. J.* Vol. 64: 833-836.
- Font Quer, P., 1982. *Diccionario de Botánica.* Editorial Labor, S.A. Barcelona. 1244 pp.
- Freire, S.E., Arambarri, A.M., Bayón N.D., Sancho G., Urtubey E., Monti C., Novoa, M C., and Colares M.N. (2005). Epidermal characteristics of toxic plants for cattle from the Salado river basin (Buenos Aires, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 40:241-281.
- Fuentes, E.P. Perisse & Planchuelo, A.M. 1994. Seed morphology and lipids analysis of cultivated and wild species of *Lupinus*. In Neves Martins, J. & M.L. Beirao Da Costa Eds., *Advances Lupin Research*: 185-190. ISA-Press. Lisboa. ISBN 972-96603-0-1.
- Fuentes, E., Planchuelo, A.M., 2000. Wild lupins as pioneers of riverside sand banks. En, van Santen, E., Wink, M.; Weissmann, S. and Röemer, R. Eds. *Lupin, an Ancient Crop for the New Millenium*: 316-319. ISBN 0-86476-123-6. pp. 481, Auburn USA
- Gladstones, J.S. 1974. *Lupins of the Mediterranean Region and Africa.* Department of Agriculture and Food, Western Australia. Technical Bulletin 26: 1-48.
- Gladstones, J.S. 1984 Present situation and potential of Mediterranean African lupins for crop production, Proc 3rd Int Lupin Conf, La Rochelle, France, pp 17-37.
- Golovchenko, O.V. 2000. The morphology of the epidermis in some lupin species. In: E. van Santen, M. Wink, S. Weissmann, P. Röemer (Eds.), *Lupin, an Ancient Crop for the New Millenium* (p. 269). Canterbury: International Lupin Association.
- Gunn, C.R. 1981. Seeds of Leguminosae. En: Polhil R.M. and Raven P.H. (eds). *Advances in Legume systematic.* pp. 913-925 Royal Botanical Garden. Kew. U.K..
- Halliday, J. 1979. Field responses by tropical forage legume to inoculation with *Rhizobium*. En: *Production and Utilization of Forages in Acid, Infertile Soils.* CIAT. Colombia. P.H. Sánchez y L.E. Tergas (eds.) 123-137 pp.

- Heyn, C.C. and Herrnstadt, I. (1977). Seed coat structure of Old World *Lupinus* species. Botanical Notiser, 130, 4, 427–435.
- Holden, H.S. and Chesters, A.E. 1925. The seedling anatomy of some species of *Lupinus*. Botanical Journal of the Linnean Society 47: 41-53.
- Huyghe, C. 1993. Growth of white lupin seedlings during the rosette stage as affected by seed size. Agronomie 13:145-153
- InfoStat, 2012. Infostat versión 2012. Grupo InfoStat, F.C.A. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.agro.unc.edu/InfoStat/manual.html>.
- ISTA, 2004. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland. 333 pp.
- ISTA, 2007. List of stabilized plant names 5th edition. http://www.seeedtest.org/upload/prj/product/ISTA_list_of_stabilized_Plant_Names_Ed_5.pdf.
- Johnson, D.R. and Luedders, V.D. 1974. Effect of planted seed size on emergence and yield of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) Agronomy Journal 66(1):117-118.
- Johansen, D.A. 1940. Plant Microtechnique. New York, USA: McGraw-Hill Co.
- Jones, H.G. 1992. Plants and microclimate, a quantitative approach to environmental plant physiology. New York, USA: Cambridge University Press.
- Kirkbride, J.H. Jr., Gunn, C.R. and Weitzman, A.L. 2003. Fruits and seeds of genera in the subfamily Faboideae (Fabaceae). Technical Bulletin n°1890. 1.212 p. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Washington DC.
- Kuo, W.H. J. and Chen, P.H. 1992. Effects of dormancy breaking methods on the germination and permeability of the hard seeds of *Crotalaria pallida* and *C. zanzibarica*. Memoirs of the College of Agriculture. National Taiwan University. Taipei, Taiwan 32 (4): 346-357.
- Lackey, J.A., 1981. Tribe 19. Phaseoleae DC. 1825. En: Polhill, R.M. and Raven, P.H. Advances in Legume Systematics, Vol. 1: 301–327. Royal Botanic Gardens, Kew, UK..
- Lackey, J.A. 2007. Cotyledon areoles in the Fabaceae Subtribe Clitoriinae. J. Bot. Res. Inst. Texas 1 (2):1101-1118.
- Lersten, N.R. 1981. Testa topography in Leguminosae, subfamily Papilionoideae. Proc., Iowa. Acad. Sci. 88 (4): 180-191.
- Lindley, J. 1951. Glosología de los términos usados en Botánica. Miscelánea N° 15. Fundación e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. 125 pp.
- Lobos, J., Miranda, H. and Mera, M. 2008. Weight and volume gain by hydrated grains of bitter albus lupins grown in Chile. En: Palta J.A and Berger J.B. (Eds.). Lupins for Health and Wealth. pp. 105-107. International Lupin Association. Canterbury, New Zealand,
- McDonald, M.B.Jr., Vertucci, C.W. and Ross, E.E. 1988a. Seed coat regulation of soybean seed imbibition. Crop Sci. 28:9873-992.
- McDonald, M.B.Jr., Vertucci, C.W. and Ross, E.E. 1988b. Soybean seed imbibitions: water absorption by seed parts. Crop Sci. 28:993-997.

- McGuire, S., 2015. FAO, IFAD, and WFP. The State of Food Insecurity in the World 2015: Meeting the 2015 International Hunger Targets: Taking Stock of Uneven Progress. Pp 623-624. FAO Roma.
- Manning, J.C. and van Staden, J. 1987a. The systematic significance of testa anatomy in the Leguminosae an illustrated survey. S. Afr. Tydskr. Plantk. 53 (3): 210-230.
- Manning, J.C. and van Staden, J. 1987b. The role of the lens in seed imbibition and seedling vigour of *Sesbania punicea* (Cav.) Benth. (Leguminosae: Papilionoideae). Ann. Bot. 59: 705-713.
- Maranón, T. and Grubb, P.J. 1993. Physiological basis and ecological significance of the seed size and relative growth rate relationship in Mediterranean annuals. Functional Ecology 7: 591-599.
- Medlyn, B.E.; Barton, C.V.M.; Broadmeadow, M.S.J.; Ceulemans, R.; De Angelis, P.; Forstreuter M.; Freeman, M.; Jackson, S.B.; Kellomäki, A.; Laitat, E.; Rey, A.; Robertz, P.; Sigurdsson, B.D.; Strassemeier, J.; Wang, K.; Curtis, P.S. and Jarvis, P.G. (2001). Stomatal Conductance of Forest Species after Long-Term Exposure to Elevated CO₂ Concentration: A Synthesis. New Phytologist 149: 247-264.
- Mohamed-Yasseen, M.; Barringer, S.A.; Splittstoesser, W.E. and Costanza, S. 1994. The Role of Seed Coats in Seed Viability. Bot. Rev. 60(4): 426-439.
- Munsell® soil color charts. 2000. Revised washable edition. Gretagmacbeth. New Winsor, US. 55 pp.
- Nelson, P. and Delane, R. 1990. Producing lupins in Western Australia. Department of Agriculture, Western Australia. Bulletin 4179 (161/30): 1-94.
- Newell, C.A. and Hymowitz, T. 1978. A reappraisal of the subgenus *Glycine*. Amer. J. Bot. 65: 168-179.
- Pablo-Pérez, M.; Laguna-Espinosa, L del C.; López-Upton J.; Ramos-Juárez, J. y Aranda-Ibáñez E.M. 2013. Morfometría, terminación y composición mineral de semillas de *Lupinus silvestres*. Bioagro 25(2): 101-108.
- Pascualides, A.L. and Planchuelo, A.M., 2007. Seed morphology and imbibitions pattern of *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae). Seed Science & Technology 35-3:760-764. ISSN 0251-0952.
- Perissé, P. 1997. Caracterización morfológica de la cubierta seminal de *Lupinus albus* L. y *Lupinus angustifolius* L. y su relación con la germinación. Tesis de Maestría Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. 87pp.
- Perissé, P. and Planchuelo, A.M. 2004. Seed coat morphology of *Lupinus albus* L. and *L. angustifolius* L. in relation to water uptake. Seed Sci. & Technol. 32: 69-77.
- Perissé, P., Tourn, G.M. 2015. Morfología de la semilla, presencia de aréolas y entrada de agua en la imbibición de *Vicia dasycarpa* Ten. cv. Tulse FCA Phytion 84: 184-189.
- Perissé, P., Aiazzi, M.T and Planchuelo, A.M. 2002. Water uptake and germination of *Lupinus albus* L. and *L. angustifolius* L. under water stress. Seed Sci. & Technol. 30-2: 289-298.
- Perissé, P., Planchuelo, A.M. and Aiazzi, M. 2000. Germination water requirements for *Lupinus albus* and *L. angustifolius*. In: van Santen E. Wink, M. S. Weissmann, S. and Röemer P. (Eds.), Lupin, an Ancient Crop for the New Millenium pp.352-354. Klink-Müriz: International Lupin Association.80.

- Perissé, P., Lovey, R.J. and Planchuelo, A.M. 2006. Seed vigour tests as tools for prediction field emergence in white lupin (*Lupinus albus* L.). In: E. van Santen & G. D. Hill (Eds.), Where Old and NewWorld Lupins Meet (pp. 28-31). Guadalajara: International Lupin Association.
- Petrova, M.V. 2002. Anatomic structure. In: B. S. Kurlovich (Ed.), *Lupins: Geography, Classification, Genetic Resources and Breeding* (pp. 183-203). St. Petersburg, Rusia: Publishing house «Intan».
- Planchuelo, A.M., 1984. *Lupinus*. En Correa, M.N. Flora Patagonica IV b. Edit. Colec. Cient. INTA 8 (4b): 238-244, fig. 586-589. Argentina.
- Planchuelo-Ravelo, A.M., 1984. Taxonomic Studies of *Lupinus* in South America. Proc. 3rd Inter. Lupine Conf.: 40-53, La Rochelle, Francia.
- Planchuelo, A.M. 1994. Wild lupins distribution and its implication as germplasm resources. En: Neves Martins, J.M. Beirao Da Costa, M.L. Eds., *Advances in Lupin Research*. pp. 65-69. Évora: International Lupin Association.
- Planchuelo, A. M. 1996. Relationship between South American and European species of *Lupinus*. In: B. Pickergill & M. Lock (Eds.), *Advances in Legume Systematics, Legumes of Economic Importance* (pp. 109-116). Kew: Royal Botanical Garden.
- Planchuelo, A.M. 2007. Evaluación de los usos medicinales de las semillas de lupino blanco (*Lupinus albus* L.). Boletín Latino del Caribe Plantas Medicinales Aromáticas 6 (5): 213-215.
- Planchuelo, A.M. and Fuentes, E., 2001. Taxonomic evaluation and new combinations in *Lupinus gibertianus-L.linearis* complex (Fabaceae). NOVON 11:442-450. ISSN1055-3177
- Planchuelo, A.M. y Fuentes, E. 2005. El tarwi o chocho: Una de las principales fuentes de proteína vegetal de las comunidades indígenas de los Andes Centrales. Revista Argentina de Antropología Biológica 7 (1): 159.
- Planchuelo, A.M. and Seiseddos, L. 2015. Germination of wild lupinus with ornamental features. In: J. Capraro, M. Duranti, C. Magni, A. Scafaroni (Eds.), *Developing lupin crop into a major and sustainable food and feed source* (p. 24). Milán: International Lupin Association
- Polhill R.M. 1976. Genisteeae (Adanson) Bentham and Related Tribes (Leguminosae). Bot. Syst. 1: 143-368. Royal. Bot. Garden. Kew.
- Polhill, R.M. 1976. Genisteeae (Adanson) Bentham and Related Tribes (Leguminosae). Bot. Syst. 1: 143-368. Royal. Bot. Garden. Kew.
- Ravelo, A.C. 2015. Lupin and soybean global cropping evolution: lessons learned worldwide and in Argentina. In: J. Capraro, M. Duranti, C. Magni, A. Scarafoni (Eds.), *Developing Lupin Crop Into a Major and Sustainable Food and Feed Source* (p. 18). Milán: International Lupin Association.
- Ravelo, A.C. y Planchuelo, A.M., 1996. Lupifen II: Un modelo fenológico para el lupino blanco (*Lupinus albus* L.). Revista Fac. Agronomía 16(1-2): 89-97.
- Ravelo, A.C. and Planchuelo A.M. 1999. Estimating growth stages in white lupin (*Lupinus albus* L.) In: G. Hill (Ed.), *A crop for the Next Century* (pp. 60-63). Christchurch: Lincoln University.

- Ravelo, A.C. y Planchuelo, A.M. 2003. Aptitud agroecológica de la pradera pampeana argentina para el cultivo del lupino blanco (*Lupinus albus* L.). *AgriScientia* 20: 35-44.
- Ravelo, A.C. and Planchuelo, A.M. 2006. Evaluation of agroecological conditions for selected cultivars of white lupin (*Lupinus albus* L.) in Argentina. In: van Santen E & Hill G (Eds.), *Where Old and New World Lupins Meet* (pp. 9-14). Guadalajara:
- Ravelo, A.C. and Planchuelo, A.M. 2011. Rainfall and temperature changes and drought occurrences redefine lupin crop zones in Argentina. In: B. Naganowska, P. Kachlicki & B. Wolko (Eds.), *Lupin crops an opportunity for today, a promise for the future* (pp.136-140). Poznan: International Lupin Association.
- Ravelo, A.C., Planchuelo, A.M., y Zanvetor, R., 1997. Aptitud agroclimática de la provincia de Córdoba para el cultivo de lupino blanco (*Lupinus albus* L.). *RADA*: 97-98
- Ravelo, A.C., Planchuelo, A.M., y Zanvetor, R. 1999. Zonificación agroecológica del lupino blanco (*Lupinus albus* L.) para la Provincia de Córdoba (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía* 19 (3): 243-450.
- Ravelo, A.C., Zanvetor, R., Seisdedos, L., Maich, R. and Sánchez, M. 2015. Field assessment of narrow leaf lupin (*Lupinus angustifolius* L.) in Córdoba. In: J. Capraro, M. Duranti, C. Magni, A. Scafaroni Eds., *Developing lupin crop into a major and sustainable food and feed source* p. 119. Milan: International Lupin Association.
- Sanabria, D.; Silva, R.; Oliveros, M.; Barrios, H. 2001. Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*. *Bioagro* 13:117-124.
- Seisdedos, L. and Planchuelo, A.M. 2011. Morphological studies of leaflets epidermis as a contribution for understanding *Lupinus* taxonomy and phylogeny. En: . Naganowska, B. Kachlicki, P. and Wolko, B.Eds), *Lupin crops, an opportunity for today a promise for the future* p. 33. Poznan: International Lupin Association.
- Seisdedos, L. y Planchuelo, A.M. 2017. Características foliares de cinco especies de *Lupinus* nativas de los valles interandinos. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 52 (Supl.): 30.
- Stenglein, S.A.; Arambarri, A.; Colares, M.N.; Novoa, M.C. and Vizcaino, C.E. 2003. Leaf epidermal characteristics of *Lotus* subgenus *Acmispon* (Fabaceae: Loteae) and numerical taxonomic evaluation. *Canadian Journal of Botany* 81: 933-944.
- Taia, K.W. 2004. Leaf characters within tribe *Trifolieae* (family Leguminosae). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7: 1463-1472.
- Tapia, M E. 2015. El tarwi, lupino Andino. Tarwi, tauri o chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Lima, Perú: Fondo Italo Peruano.
- Tenorio-Garlindo, G.; Rodríguez-Trejo, D.A. y López-Ríos, G. 2008. Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropiaceae). *Agrociencia* 42(5):
- Thomson, J.R. 1982. *Advances in research and technology of seeds. Part 7.* 140 pp. Ed. International Seed Testing Association. Center Agricul. Published. Documents. Wageningen.

- Van Dongen, J.T.; Ammerlaan, A.M.H.; Wouterlood M.; Van Aelst, A.C. and Borstlap, A.C 2003. Structure of the developing pea seed coat and the post-phloem transport pathway of nutrients. *Annals of Botany* 91:729-737.
- Yaklich, R.W.; Vigil, E.L. and Wergin, W.P. 1989. The pit and antipit in the genus *Glycine*. *Crop. Sci.* 29: 1304-1309.
- Yaklich, R.W.; Wergin, W.P. and Erbe, E.F. 1996. Observation of unique structures between the endosperm and embryo seeds of *Glycine max*. *Seed Science Research* 6: 183-189.
- Yabuki, K. 2004. *Photosynthetic Rate and Dynamic Environment*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Yaseen, M., S.H. Barringer, S.H; Splittstoessner W.E. and Costanza, S. 1994. The Role of Seed Coats in Seed Viability. *Botanical Review* 60: 426-439.
- Ye, N. 1983. Studies on the seedling types of dicotyledonous plants (Magnoliophyta, Magnoliopsida). *Phytologia* vol. 54, 3, 161-189.
- Zamora-Natera, J.F. y Terrazas, T. 2012. Anatomía foliar y del pecíolo de cuatro especies de *Lupinus* (Fabaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 687-697.
- Zarlavsky, G. Angyalossy-Alfonso V.; Bartoli, A.; Basilio, A.; Bernardello, G.; Borrelli, L.; Castro, M.A.; Cortadi, A.A.; De Magistris, A.A.; Galati, B.; Gurni, A.A; Las Peñas, M.L.; Mantese, A.I.; Pelliza de Sbriller, A.; Rodríguez, M.F.; Rosenfeldt, S.; Stiefkens, L.; Tortosa, R. y Zarlavsky, G.E. 2014. *Histología Vegetal técnicas simples y complejas*. 1° ed. Bs. As., Sociedad Argentina de Botánica. 198 pp.

CAPÍTULO 5

COMPORTAMIENTO DEL LUPINOS DE HOJAS ANGOSTAS (*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS*) EN CONTENEDORES Y EN PARCELAS EXPERIMENTALES

INTRODUCCIÓN

Los modelos de producción agrícola extensiva y las consecuencias de la degradación de la biodiversidad que acarrearán las transformaciones económicas ocurridas en la Argentina durante la presente década, originaron la necesidad de idear nuevas formas de diversificación de la agricultura. En este contexto, el desarrollo de cultivos alternativos constituye una prioridad para evitar los problemas ecológicos que acarrearán los modelos de producción de los denominados "cash crops" y para dar alternativas económicamente viables a pequeños y medianos productores. Está plenamente demostrado que la elección y el manejo de los cultivos depende de las características agroecológicas de las diversas regiones y de las condiciones del mercado. Es por esas razones que, para lograr la inserción de un nuevo cultivo en la cadena productiva, se debe alterar la secuencia tradicional de siembras, sustituyendo un cultivo ya afianzado por el nuevo y adaptando adecuadamente su manejo (Ravelo & Planchuelo 2003). Según estudios realizados por Ravelo *et al.* (1997), Planchuelo (1998) y Ravelo & Planchuelo (1999) en el marco del Proyecto Lupinos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (CREAN, www.crean.unc.edu.ar) el lupino blanco (*Lupinus albus* L.) puede ser una alternativa de cultivo de grano proteico-oleaginoso con las mismas o mejores capacidades de usos que tiene la soja (*Glycine max* L.) en la actualidad.

Los paquetes tecnológicos desarrollados para el cultivo de lupinos (Nelson & Delane, 1990; von Baer, 1990. Putman, 1993; Gondran, et al., 1994; Cowling *et al.*, 1998; Planchuelo 1998, 1999, von Baer *et al.*, 2004, Agüero Teare, 2008) en los países productores del cultivo, indican que los lupinos deben sembrarse en áreas adecuadas con un sistema de rotación alternada, preferentemente de producción de cereales para aprovechar sus propiedades mejoradoras del suelo por la incorporación de nitrógeno atmosférico y la movilización de fósforo en el suelo (Valderrama Romero *et al.*, 2015). En Estados Unidos de Norteamérica, también se propone hacer rotaciones de lupinos como

abono para el cultivo de papa pero no es una alternancia muy común dado que debe reemplazarse por un cultivo de granos finos antes de volver a cultivar los lupinos o las papas en el mismo terreno (Valderrama Romero *et al.*, 2015).

En general, en las latitudes agrícolas de la pampa húmeda de Argentina, los lupinos son de cultivo otoño-inverno-primaveral y las siembras se pueden realizar a partir de mediados de abril hasta fines de julio, según la latitud, el tipo de clima, la distribución de las lluvias y la variedad a implantar. Las variedades de ciclo largo de lupino blanco deben sembrarse más tempranamente en fechas que van desde mediados de abril a fines de mayo, las variedades de ciclo intermedio desde mediados de mayo a principio de junio y por último las de ciclo corto de mediados de junio en adelante. Estas características del cultivo de lupino blanco permiten tener el terreno libre para hacer cultivos de verano como son el maíz, sorgo o girasol, no se recomienda sembrar lupinos después o antes de un cultivo de soja u otra Leguminosa por la propagación de posibles enfermedades asociadas (Planchuelo, 1998, Ravelo & Planchuelo 2003, 2006).

Las investigaciones antes mencionadas lograron establecer la zonificación agroclimática del lupino blanco en áreas agrícolas argentinas (Ravelo *et al.*, 1997; Ravelo & Planchuelo, 2003, 2006), pero hay una carencia de conocimientos sobre el comportamiento de las variedades modernas de lupino de hojas angostas (*Lupinus angustifolus* L.) en distintas zonas agrícolas del país y solo se cuenta con resultados parciales de un emprendimiento agro-productivo en la zona de Ayacucho, provincia de Buenos Aires (Fariña *et al.* 2019).

ANTECEDENTES RELACIONADOS CON LOS TEMAS DE ESTE CAPÍTULO DE LA TESIS DOCTORAL

La incorporación de las temáticas experimentales que se tratan en este capítulo surgieron como consecuencia de la donación de dos kilogramos de semillas del cultivar Caro y de las experiencia adquirida durante las pasantías de trabajo de la beca "Cuarto Centenario" en donde se tuvo la posibilidad de observar plántulas de distintas especies de *Lupinus* creciendo en terrinas en los laboratorios de la Universidad "Ruprecht Karl" de

Heidelberg, Alemania (Fotos 5.1.) y de plantas en macetas en los invernáculos del Instituto de "Plant Genetics" de Poznan, Polonia (Fig 5.2.), así como parcelas de ensayos de distintos cultivares del Banco de Germoplasma de *Lupinus albus*, *L. angustifolius*, *L. luteus* y *L. mutabilis* en la Estación Experimental Wiatrobo, de Polonia (Fig.5.3.). Esta última institución es la que donó las semillas para los estudios que se describen en este Capítulo 5.



Fotos 5.1. Plantas de lupinos en contenedores. A.- Plántulas de distintas especies de *Lupinus* en terrinas en los laboratorios de la Universidad "Ruprecht Karl" de Heidelberg, Alemania. B. Plantas de especies de *Lupinus* en macetas en los invernáculos del Instituto de "Plant Genetics" de Poznan, Polonia.

Las Fotos 5.2 muestran imágenes sacadas en las parcelas de variedades y líneas de *Lupinus mutabilis* en la Estación Experimental del Banco de Germoplasma de Polonia en la ciudad de Wiatrowo, Polonia.



Fotos 5.2. Experiencia de evaluación de parcelas experimentales de *Lupinus*: A: Director Dr. Bogdan Wolko mostrando una de las parcelas de lupino en el momento de fructificación a la Dra. Ana Planchuelo y la Biól. Lina Seisdedos; B: Plantas de *Lupinus mutabilis* lista para ser cosechada y trillados los frutos maduros en la Estación Experimental Experimental Wiatrobo, de Polonia

Sobre la base de las experiencias adquiridas durante las pasantías de trabajo en las instituciones europeas (se adjunta el informe en los Anexos), por los antecedentes sobre los estudios realizados en Argentina sobre el cultivo de lupino blanco y por la disponibilidad de semillas de un cultivar mejorado del lupino de hojas angostas, se propuso realizar una investigación del comportamiento de las plantas en ensayos experimentales en contenedores y en parcelas experimentales de un cultivar de *Lupinus angustifolius*.

El plan de trabajo de los ensayos experimentales en ambiente controlado y en campo de *Lupinus angustifolius* formaron parte de un proyecto del "Programa de tutoría a equipos de investigación. Convocatoria 2010", cuyo título fue: Estudios anatómicos, de producción y comercialización de lupinos en Córdoba, como base de apoyo a programas educativos. (Directora: Biól. Lina Seisdedos. Ministerio de Ciencia y Tecnología de Córdoba. Resolución Nro: 000152/ 2011. Se adjunta informe final en Anexos) y de una "Beca Estímulo a las Vocaciones Científicas del Consejo Interuniversitario Nacional" (Proyecto: 307201301008895, **Directora Biól. Lina Seisdedos**) que fue obtenida por concurso en el año 2014 y luego de la presentación del informe fue nuevamente otorgada en el año 2015. El proyecto de la beca fue redactado y dirigido por la autora de esta tesis como parte de su experiencia de formación de recursos humanos. El becario fue el entonces estudiante, hoy Ingeniero Agrónomo, Miguel Sánchez

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento de las plantas de un cultivar promisorio de lupino de hojas angostas (*Lupinus angustifolius* L.) en contenedores bajo cubierta y a campo en parcelas experimentales en el área de Córdoba, como una etapa preliminar y de interés para planear futuros ensayos de siembras continuadas en otras regiones agrícolas del país.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar estudios de la morfología y el comportamiento de las plantas de un cultivar de lupinos de hojas angostas (*Lupinus angustifolius*), en contenedores y bajo cubierta.
- ✓ Efectuar análisis del comportamiento de las plantas, del mismo cultivar evaluado en ensayos en contenedores y en parcelas experimentales a campo.
- ✓ Hacer estimaciones de cumplimiento de fases fenológicas, de área foliar, acumulación de biomasa y rendimientos de las plantas de un cultivar de *Lupinus angustifolius* para aportar información de valor para futuros cultivos productivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

ORIGEN DE LAS SEMILLAS ENSAYADAS

Las semillas proveniente de los estudios de comportamiento de plantas pertenecieron al cv. Caro del lupino de hojas angostas (*Lupinus angustifolius* L.) fueron obsequiadas al CREAN de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por el Instituto de Plant Genetics de Poznan de Polonia durante la pasantía de trabajo realizada como parte de la Beca Cuarto Centenario de la Biól. Lina Seisdedos.

ESTUDIOS DE PLANTAS EN CONTENEDORES

Como consecuencia de haber evaluado las experiencias de cultivo de plantas en contenedores en los laboratorios e invernáculos antes mencionados, en el año 2013, se adaptaron los procedimientos para ser llevados a cabo en las condiciones disponibles de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba.

Como contenedores se utilizaron bolsas de polietileno negro de cinco litros de capacidad y como sustrato una mezcla de 50 % de arena fina y 50% de tierra esterilizada para cultivo en macetas tal como recomendaron en el Instituto de *Plant Genetic* de Poznan, Polonia. Los contenedores sembrados fueron colocados en el invernáculo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC.

Se realizaron observaciones diarias del ensayo incorporando agua de riego y tomando nota de la evolución de las plantas, el grado de homogeneidad de las fases fenológicas y en los períodos de desarrollo y la arquitectura de la planta hasta su fase final de fructificación (Foto. 5.3. A).



Foto 5.3. Ensayos con *Lupinus angustifolius* cv. Caro en contenedores. Foto A.- Ensayo de cultivo de plantas en bolsas de plástico y en ambiente controlado de invernáculo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

ENSAYOS DE EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS EN EL CAMPO ESCUELA FCA, UNC

En el año 2014, en el predio de parcelas experimentales de 2 x 3 m, bajo la dirección del Dr. Ricardo Maich del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias se llevaron ensayos de multiplicación de semillas del cultivar Caro. Se realizaron dos fechas de siembras: el 24 de abril y el 24 de mayo de 2014 y se dejaron crecer las plantas en secano hasta final del ciclo para obtener resultados de rendimientos. El cultivo se manejó en secano y se realizó control manual de malezas (Foto 5.4).



Foto 5.4. Parcela experimental de *Lupinus angustifolius* cv. Caro en el Campo Escuela, FCA. A: Foto tomada en el año 2014 en el predio de ensayos experimentales de cultivo conducido por el Dr. Ricardo Maich en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Capilla de los Remedios, Córdoba.

ENSAYO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO EN PARCELAS EXPERIMENTALES EN EL CREAN

En el mes de mayo de 2015 en el predio del Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Naturales y Agrícolas (CREAN-IMBIV-CONICET-UNC) se sembró, de forma manual, *Lupinus angustifolius* L. cultivar Caro con semillas provenientes de la primera experiencia de multiplicación de semillas llevadas a cabo en el campo

experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en una parcela de 126 m², con líneas de siembra de 14 cm orientadas en sentido sur-norte. Se realizó otra siembra 15 días después (Foto 5.5.A).



Foto 5.5 Ensayos con *Lupinus angustifolius* cv. Caro en el predio del CREAN, FCA. Foto A. Parcelas en el predio del CREAN, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ciudad Universitaria, Córdoba. En la foto se ve al becaario Miguel Sánchez con una ayudante de Cátedra dirigida por Lina Seisdedos haciendo observaciones de las parcelas que están en estado de emergencia de plantas.

Las distancias entre líneas y entre plantas fueron de 30 cm y 12 cm respectivamente. La densidad de plantas fue de 27,7 plantas/m². La parcela se dividió en dos y se utilizó una mitad para estudios fenológicos y fenométricos, dejando la otra para la evaluación de rendimiento (Foto 5.5.)

DATOS FENOLÓGICOS

El modelo fenológico de lupino considera las siguientes fases: emergencia (E), estado vegetativo (V), floración (Fl), fructificación (Fr) y madurez (M).

Para el registro de los estados de desarrollo del cultivo se consideró la escala fenológica y se anotaron las fechas en que ocurrían las siguientes fases luego de la siembra (S):

- ✓ **Emergencia (E):** Cotiledones emergidos y separados.
- ✓ **Estado Vegetativo (V):** Comienza a partir de la primera hoja expandida como V1 hasta Vx al final del ciclo cuando se llega a la etapa Reproductiva con inflorescencia principal en estado de cono sin flores abiertas.
- ✓ **Estado Reproductivo (R):** Comienza cuando la inflorescencia principal está en estado de cono y termina con la madurez de los primeros frutos. Las etapas intermedias son:
- ✓ **Floración (RFI):** Desde inflorescencia en estado de cono flor abierta (RFI1) hasta última flor desarrollada en inflorescencia principal y secundarias (RFIx).
- ✓ **Fructificación (RFR):** Desde primer fruto desarrollado de 1cm (RFR1) hasta fin de frutos desarrollados tamaño final (RFRx)
- ✓ **Madurez de frutos (RM):** Desde primer fruto madura (RM1) hasta la totalidad de frutos maduros (RMx) que corresponde a fecha de cosecha.

Para las observaciones de las fases fenológicas se eligió las que responden a un cultivo ralo, dado que las plantas se encuentran en líneas separadas dejando terreno visible, y son fáciles de individualizar. Se adopto las planillas de observaciones fenológicas que se adjunta en los Anexos y que fue diseñada para la red de ensayos del Proyecto Lupinos. Los porcentajes de plantas en cada fase fueron:

- ✓ **Comienzo de etapa:** Cuando el 20 % de las plantas se encontraba en ese estado.
- ✓ **Plenitud de etapa:** Cuando el 50 % de las plantas se encontraba en ese estado.
- ✓ **Fin de etapa:** Cando el 80 % de las plantas se encontraba en ese estado.

DATOS FENOMÉTRICOS

- **ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR**

Para la determinación del área foliar se adoptó el método gravimétrico tomando tres plantas al azar por fecha de siembra y se les quitaron todas las hojas. Además se extrajo, una muestra de superficie conocida ($1\text{cm}^2=0.0001\text{m}^2$) de hoja. Las hojas y las muestras se secaron en estufa a temperatura constante de $80\text{ }^\circ\text{C}$. Una vez secas, se pesaron solo las muestras (en balanza de precisión) y luego todas las hojas más las muestras. Conocida la superficie de la muestra (0.0001m^2) y el de las hojas, se calculó la superficie de la totalidad de las hojas y ese resultado se extrapolo, multiplicándolo por la densidad ($27,7\text{ plantas/m}^2$), a unidad de superficie del terreno (m^2).

- **PESO DE MATERIA SECA**

Se tomaron tres plantas al azar a intervalos regulares de siete a diez días. Las plantas se secaron en estufa a $80\text{ }^\circ\text{C}$ hasta llegar a peso constante. Se pesaron con balanza de precisión todos los tallos y todas las hojas separadamente. Se obtuvo el peso de raíces, inflorescencias y frutos. Estos datos fueron referidos al total de plantas/ m^2 por metro.

- **RENDIMIENTO**

Una vez alcanzada la madurez de cosecha, en octubre de 2015, se recogieron los frutos de la zona media de la parcela destinada a tal fin, descartando la de los bordes. Estos se dejaron secar en ambiente ventilado y luego se realizó la trilla y el pesado de los granos.

DISEÑO Y PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

Para el muestreo de los datos, fenológicos y fenométricos, se siguió el método aleatorio simple. Con los resultados, se construyeron gráficos que muestran la tendencia de cada variable con el programa InfoStat (2012).

RESULTADOS

ESTUDIOS DE PLANTAS EN CONTENEDORES

La emergencia de los cotiledones como primera etapa de la fase vegetativa fue muy homogénea llegando a la fase E a los 12 días de la siembra. A los ocho días luego de la emergencia las plantas llegaron al 50% (plenitud) de la fase V1, cumpliéndose la plenitud de ciclo vegetativo fase V12 a los 42 días de la fase E (emergencia).

Respecto a la arquitectura de las plantas se observó que las ramas de primer orden se desarrollaron en las axilas de las hojas del eje principal de la planta, inmediatamente por debajo de nudo inferior al que se desarrolla la inflorescencia principal. No se observaron ramas de segundo ni tercer orden lo que marca una característica de una variedad semi-determinada.

La Foto 5.6. muestra las plantas del cultivar Caro ya desarrolladas en los contenedores. Como se puede observar en la Foto el crecimiento fue muy parejo en tamaño de planta y homogéneo en estado de desarrollos lo que indica que el cultivar tiene una buena performance y respuesta en ambientes controlados y en pequeños contenedores.



Foto 5.6. Ensayos con *Lupinus angustifolius* cv Caro en contenedores. Foto B, las mismas plantas de la Foto 5.3. A, ya desarrolladas en estado de fructificación.

ENSAYOS DE EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS EN EL CAMPO ESCUELA FCA, UNC

El período vegetativo total de la primera fecha de siembra fue mayor que el de LA segunda fecha, pero el período de siembra a emergencia de la primera fecha fue menor en comparación con el mismo período de la segunda fecha de siembra.

En relación a los rendimientos la primera siembra del 24 de abril dio un rendimiento de 2.996 kg/ha; mientras que la segunda fecha de siembra del 24 de mayo dio un rendimiento menor de solo 1.831 kg/ha.

54

Los resultados obtenidos demuestran que el ciclo más largo de cultivo resultó en un rendimiento de casi el doble del rendimiento de la siembra de mayo del mismo año. La cosecha y el trillado de los frutos se realizaron a mano. La Foto 5.7. muestra la recolección de frutos maduros de las plantas en uno de los ensayos en el Campo Escuela de la FCA. Las semillas cosechadas se usaron para los futuros ensayos en el predio del CREAN y otras siembras en el Campo Escuela de la FCA de la UNC.



Foto 5.7. Cosecha de frutos maduros de la parcela experimental en el Campo Escuela de la FCA.
Foto A: Lina Seisdedos y Miguel Sánchez en el trabajo de recolección de frutos maduros del cv. Caro sembrado en una parcela experimental.

ENSAYO DEL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO EN PARCELAS EXPERIMENTALES EN EL CREAN

Durante el desarrollo de las plantas en las parcelas realizadas en el CREAN se efectuaron cinco riegos debido a la escasez de precipitaciones en el período comprendido entre mayo-agosto. Se realizó un control manual de las malezas *Cynodon dactylon* (L.) Pers. y *Sorghum halepense* (L.) Pers. y un control de hormigas cortadoras rojas durante el mes de septiembre, mediante la aplicación de insecticida en forma de polvo seco.

EVALUACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE LA PLANTA

Las plantas de los ensayos a campo en el CREAN mostraron una gran diferencia en la arquitectura de las plantas que crecieron en la bordura y las del centro de la parcela.

Estas diferencias muy notorias en la distribución de las ramificaciones no fueron evidenciadas ni en las plantas cultivadas en contenedores ni en las plantas que crecían en las parcelas experimentales del mismo cultivar realizadas en el Campo Escuela. En este último tipo de ensayo experimental, la cercanía de todas las parcelas del mismo o otro cultivos no crearon un área despejada de plantas en las borduras como en el caso de los ensayos en parcelas aisladas del CREAN.

La Figura 5.1. muestra en forma esquemática las diferencias en la arquitectura de las plantas que se encontraban en la bordura y las del medio de la parcela, los ensayos en el predio del CREAN de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

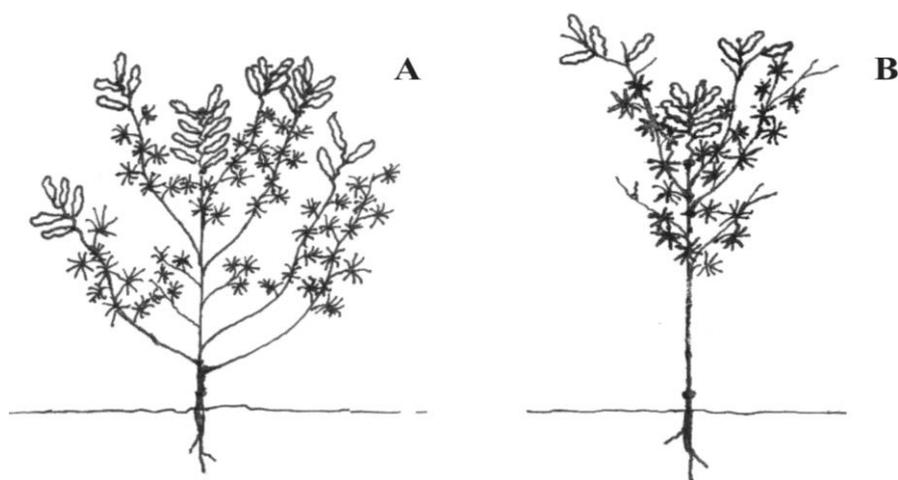


Figura 5.1. Diferencias en la arquitectura de las plantas del cv Caro del *Lupinus angustifolius* A: Planta creciendo en la zona de la bordura de la parcela con ramificaciones basales; B: Planta ahilada, sin ramificaciones basales creciendo en el medio de la parcela experimental.

EVALUACIÓN DE LAS FASES FENOLÓGICAS

En relación a la duración, en días desde siembra, de los períodos VS-VE, VE-R1 y R1-R4 se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), para las distintas fechas de siembra. No se observaron, en cambio, diferencias estadísticamente significativas para el parámetro R4-R8 en ambas fechas de siembra. En la primera fecha el período VS-VE fue más breve (siete días en promedio) y los períodos VE-R1 y R1-R4

fueron más extensos en su duración (Fig.5.2.), en comparación con los de la segunda fecha de siembra.

La Figura 5.2. muestra en forma gráfica la duración en días después de la siembra de las fases fenológicas vegetativas y reproductivas en las parcelas experimentales conducidas en el predio del CREAN de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC.

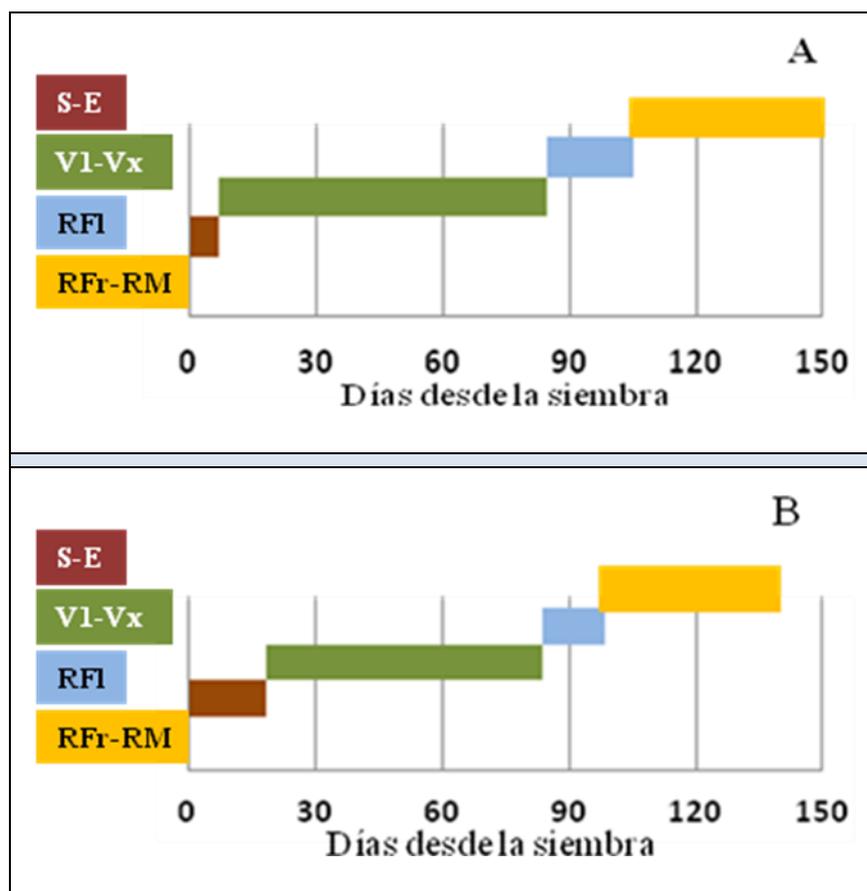


Figura 5.2. Comportamiento fenológico de los cultivos de *Lupinus angustifolius* cv Caro en parcelas experimentales en el CREAN. A: Primera fecha de siembra; B: Segunda fecha de siembra. Referencias de fases fenológicas: S-E=Fase de siembra a emergencia; VI-Vx=Fase vegetativa; RFl=Fase reproductiva de floración; RFr-RM=Fase reproductiva de fructificación a maduración.

Las diferentes respuestas del cumplimiento de las etapas fenológicas pueden ser debidos a factores ambientales que ocurrieron durante el ciclo de cultivo tal como lo evaluaron Ravelo & Planchuelo (1987) y Ravelo et al. (1990) en parcelas experimentales conducidas en la provincia de Buenos Aires y Córdoba para el cultivo del lupino blanco (*Lupinus albus*) y luego confirmadas durante la calibración del modelo Lupifin II (Ravelo & Planchuelo, 1996) en cultivado en parcelas experimentales en la provincia de Córdoba.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Fue posible observar tres fases en la evolución del índice de área foliar (IAF). En la primera fase (A), se muestra una clara tendencia lineal que correspondió al período VS-V3; en la segunda fase (B) también se observó una tendencia lineal aunque con mayor tasa de incremento que correspondió al período V3-V6; en la tercera etapa (C) que correspondió a los períodos V6-R8-Cosecha. Se pudo visualizar como el IAF se mantuvo prácticamente constante hasta la cosecha. El IAF máximo fue de 0.66 y coincidió con el período de fin de floración (80% R4). Estadísticamente se encontraron diferencias del IAF en las distintas plantas, sin embargo la curva de ajuste marca las tres fases en forma inequívoca.

La Figura 5.3. muestra en forma gráfica el IAF de la primera fecha de siembra en las parcelas realizadas en el predio del CREAN.

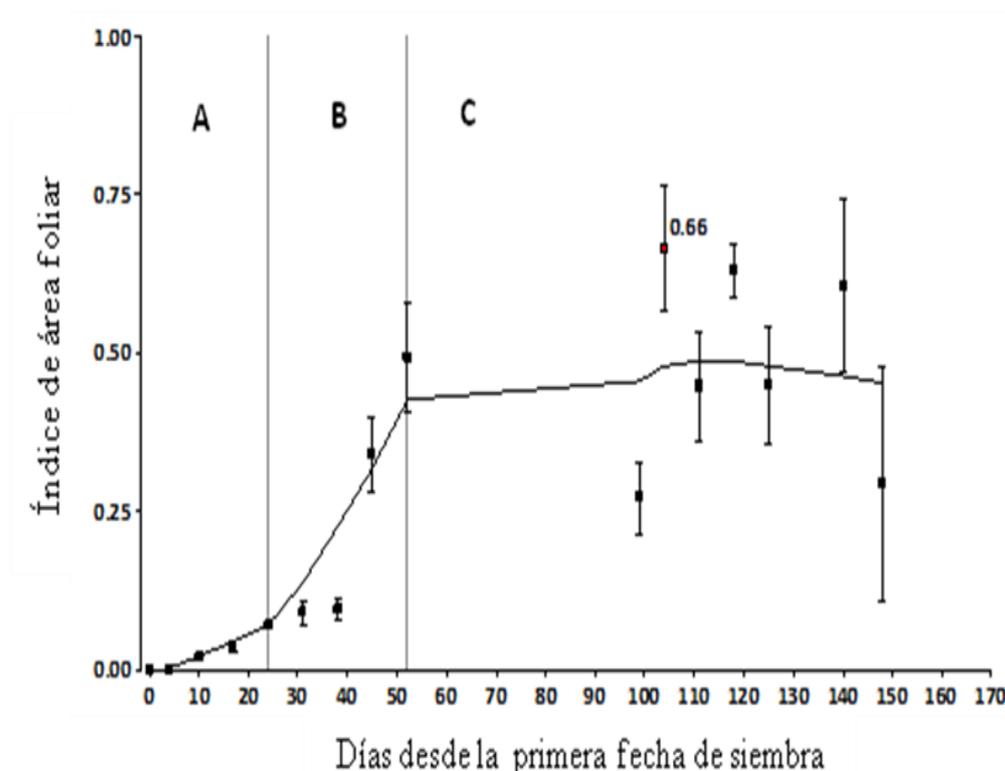


Figura 5.3. Evaluación del Índice de Área Foliar del cv. Caro de *Lupinus angustifolius*. El gráfico representa el IAF de las plantas de la primera fecha de siembra en el predio del CREAN.

EVALUACIÓN DE LA ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA

En cuanto a la producción de biomasa de la parte vegetativa y reproductiva, que fueron evaluadas por la acumulación de materia seca, se identificaron distintas etapas según se describe a continuación y se representan gráficamente en las Figuras 5.4. y 5.5., respectivamente.

BIOMASA DE LA PARTE VEGETATIVA

- **Biomasa de hojas:** Se pudieron diferenciar tres fases. La primera (A), de tendencia lineal, corresponde al período VS-V6. La segunda (B), de mayor tasa de incremento, coincidió con el período V6-R4. La última (C), en la que puede visualizarse un decrecimiento, correspondiente al período de senescencia del cultivo, tuvo lugar durante el período que va de R4 hasta cosecha.
- **Biomasa de tallo y raíz:** Se pudo visualizar dos fases de ritmo de crecimiento, ambas con una respuesta lineal. La fase A con menor tasa de crecimiento que la fase BC en donde la tasa de crecimiento es mucho mayor.

BIOMASA DE LA PARTE REPRODUCTIVAS

- **Biomasa de Inflorescencia:** Se pudo observar un comportamiento de crecimiento y decrecimiento lineal, con un máximo coincidente con el cambio en la tasa de llenado de granos.
- **Biomasa de Frutos:** Se pudieron distinguir dos fases A y B, en ambas se observó un crecimiento de tipo lineal aunque con diferentes tasas de desarrollo, siendo el mayor incremento el que corresponde al período que va desde R4 hasta la cosecha.

La Figura 5.4. muestra la evolución de la acumulación de biomasa vegetativa evaluada mediante el peso seco en gramos por metro cuadrado de hojas, tallos y raíces

mientras que, la Figura 5.5. muestra la evolución de la acumulación de biomasa de las inflorescencias y frutos. Ambas figuras corresponden a los resultados obtenidos de las parcelas de la primera siembra en el predio del CREAN.

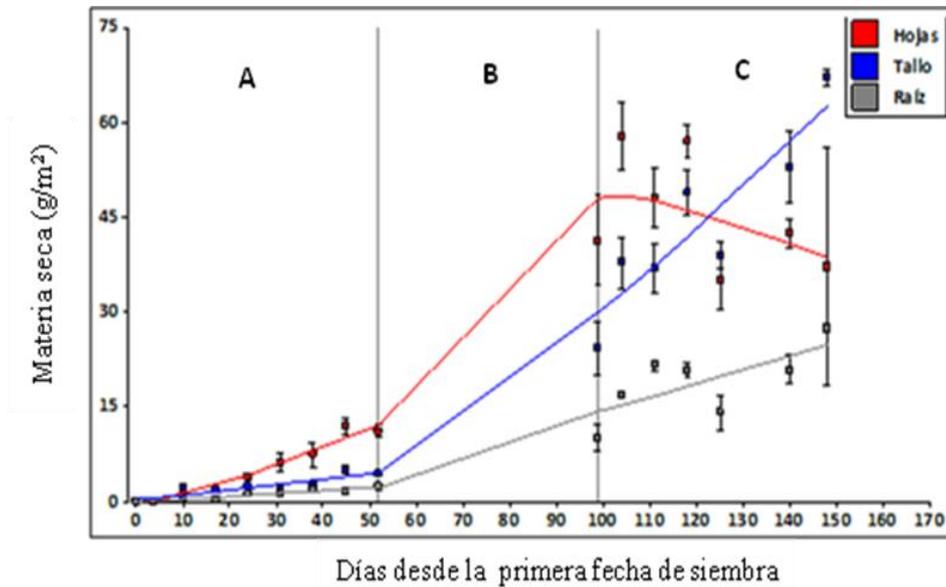


Figura 5.4. Evaluación de la acumulación de biomasa vegetativa mediante peso de materia seca del cultivar Caro de *Lupinus angustifolius*. El gráfico representa el peso seco acumulado de hojas, tallos y raíz en las plantas de la primera fecha de siembra en el predio del CREAN.

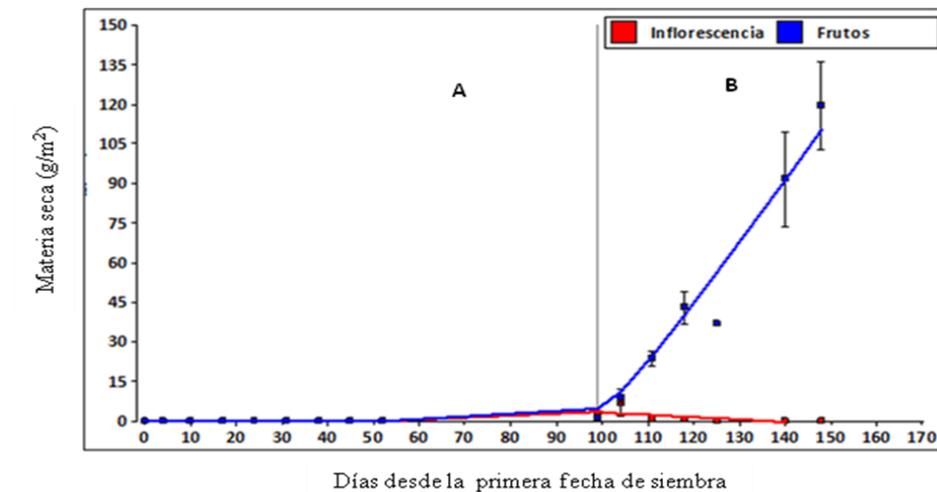


Figura 5.5. Evaluación de la acumulación de biomasa reproductiva mediante peso de materia seca del cultivar Caro de *Lupinus angustifolius*. El gráfico representa el peso seco acumulado de las inflorescencias y frutos en las plantas de la primera fecha de siembra en el predio del CREAN.

Al igual que en las evaluaciones de IAF y de acumulación de biomasa vegetativa las evaluaciones de acumulación de biomasa de órganos reproductivos mostraron una gran

dispersión de valores, pero las curvas de promedios marcan claramente las dos fases con distintas tasas de desarrollo. Estos resultados concuerdan con lo observado en el comportamiento del lupino blanco durante los ensayos de desarrollo y calibración de los modelos de predicción de fases fenológicas Lupifen y Lupifen II (Ravelo & Planchuelo 1987, 1996), y en los análisis de estimación de los estados de crecimiento (Ravelo & Planchuelo 1999).

EVALUACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS

La Figura 5.6. muestra los rendimientos obtenidos de las plantas de las parcelas experimentales realizadas en el año 2015 en el predio del CREAN.

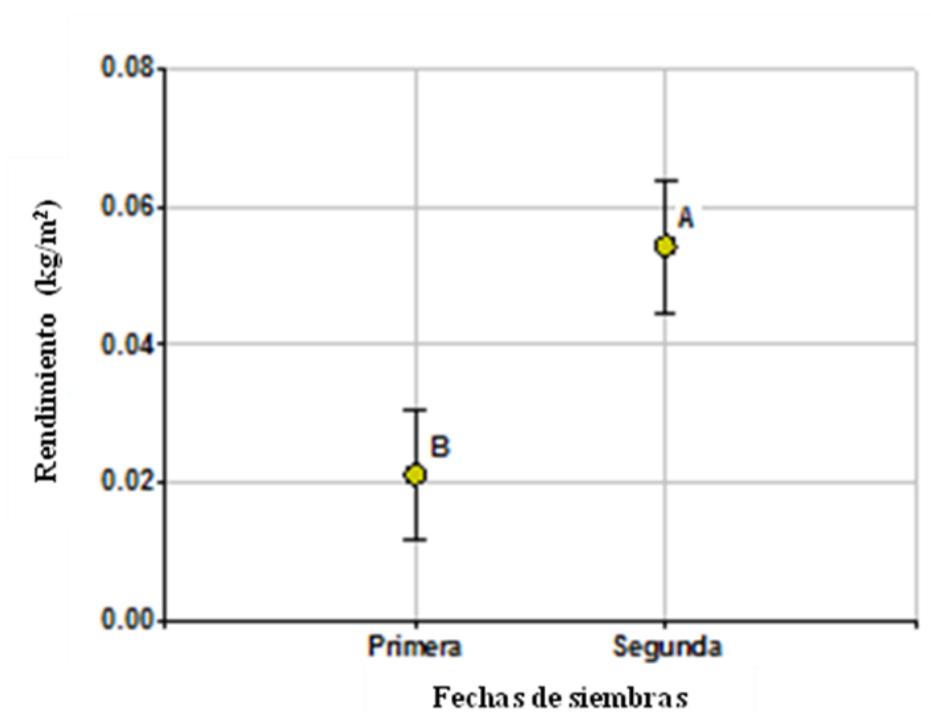


Figura 5.6. Rendimientos obtenidos de *Lupinus angustifolius* cv Caro. Resultados de los rendimientos obtenidos en los ensayos en las parcelas de la primera y segunda fecha de siembra en el predio del CREAN.

A diferencia de los resultados de mayor rendimiento en la primera fecha de siembra en las parcelas realizadas en el año 2014 en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en Capilla de los Remedios, los rendimientos de la primera siembra en el año 2015 en el predio del CREAN en la Ciudad Universitaria fueron

menores que los de la segunda fecha de siembra.

Las variaciones en rendimientos en diferentes lugares y de año en año en los mismos sitios de ensayos anteriores en el cultivo del lupino de hojas angostas ya fueron detectadas durante los estudios llevados a cabo en Western Australia por Nelson & Delane (1990), lo que demuestra la sensibilidad de la especie a cambios de condiciones ambientales durante los períodos de crecimiento y desarrollo de las plantas.

CONCLUSIONES

Los ensayos llevados a cabo con semillas de *Lupinus angustifolius* cv Caro en contenedores y en parcelas experimentales y en dos fechas de siembra, permitieron evaluar la arquitectura, las fases fenológicas, la acumulación de biomasa y los rendimientos en distintas condiciones ambientales.

Con respecto al análisis de la arquitectura y el comportamiento de las plantas que fue propuesta en dos de los objetivos específicos se pudo observar lo siguiente: Las plantas en los contenedores mostraron mucha homogeneidad en su arquitectura y en el cumplimiento de las fases fenológicas; mientras que, las plantas en las parcelas experimentales que crecieron en el predio del CREAN de la Ciudad Universitaria de Córdoba mostraron muchas diferencias en la arquitectura entre las que crecían en las borduras y las del centro de la parcela. Estas diferencias de arquitectura de la planta no fueron tan notorias en las plantas que crecían en los ensayos experimentales en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en Capilla de los Remedios, posiblemente porque las borduras no estaban tan expuestas como en las parcelas del CREAN. Estos ensayos pusieron en evidencia que el cv. Caro es muy heterogéneo en su comportamiento dependiendo de la densidad de siembra que afecta a las plantas según la compactación de plantas en los surcos.

Los análisis de los cumplimientos de las fases fenológicas de estados vegetativos y reproductivos, mostraron que, el comportamiento de las plantas del cultivar Caro presentaron etapas de crecimiento y reproducción en concordancia con lo manifestado por

varios autores que analizaron los cultivos de especies y cultivares de *Lupinus* (Nelson & Delane, 1990; von Baer, 1990; Putman, 1993; Planchuelo 1998; von Baer et al., 2004) sin embargo las tasas de incremento entre las fases vegetativas y reproductivas fueron muy diferentes.

Como conclusión se puede afirmar que las experiencias de ensayos de cultivo del cv. Caro del lupino de hojas angostas (*Lupinus angustifolius*) sirvieron para caracterizar el comportamiento de las plantas y de los ciclos del cultivo como un paso preliminar para determinar las adaptaciones del cultivar a condiciones ambientales de Córdoba.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aguëro Teare, T. 2008. El cultivo del lupino y su mercado. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa). Arto 2 de abril 2008. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/articulos/el-cultivo-del-lupino-y-su-mercado> (Página consultada 18 julio 2019).
- Cowling, W.A., Buirchell, B. and Tapia, M.E. 1998. Lupin, *Lupinus* L. IPGRI, Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 23:1.105. IPGRI, Roma, Italia.
- CREAN, Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales. <http://www.crean.unc.edu.ar/> (Página de consulta permanente).
- Fariña, I.; Merlo, L.R.; Merlo, T. and Valdez, A. 2019, Performance evaluation of two lupin species in the Pampean Region of Argentina. Book of Abstracts XV International Lupin Conference: 155-156. Cochabamba, Bolivia 18-22 Marzo 2019.
- Gondran, J., Bournoville, R. et Duthion, C. 1994. Diagnostic des maladies, ravageurs et accidents chez le lupin blanc. INRA Editions, Paris. 47 Pp.
- InfoStat 2012. Infostat versión 2012. Grupo InfoStat, F.C.A. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.agro.unc.edu/InfoStat/manual.html>.
- Nelson, P. and Delane, R. 1990. Producing lupins in Western Australia. Western Australian Department of Agriculture Bull. 4179 (161/30) 94 Pp.
- Planchuelo, A.M., 1998. Los Lupinos: Aspectos agronómicos del cultivo. Boletín Tecnológico del Lupino. 1(1): 1-37. Fac. Cs. Agropecuarias, U.N. Córdoba
- Planchuelo, A.M., 1999, Características morfológicas de las especies americanas de *Lupinus* de interés agronómico. Boletín Tecnológico del Lupino. 2(1): 5-14. Fac. Cs. Agropecuarias, U.N. Córdoba.
- Putnam, D.H. 1993. An interdisciplinary approach to the development of lupin as an

- alternative crop. p. 266-277. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York.
- Ravelo, A.C. y A.M. Planchuelo, 1987. Lupifen: Un modelo fenológico para el lupino blanco (*Lupinus albus* L.). Actas de la III Reunión Argentina de Agrometeorología: 75-84, Vaquerías, Córdoba, Argentina.
- Ravelo, A.C. y Planchuelo, A.M., 1996. Lupifen II: Un modelo fenológico mejorado para el lupino blanco (*Lupinus albus* L.). Revista Fac. Agronomía 16(1-2): 89-97. ISSN 0325-9250
- Ravelo, A.C. and Planchuelo, A.M. 1999. Estimating growth stages in white lupin (*Lupinus albus* L.) In G. Hill (editor), *A crop for the Next Century*.: 60-63. Lincoln Univ., ISBN 0-86476-118-X.
- Ravelo, A.C. y Planchuelo, A.M. 2003. Aptitud agroecológica de la pradera pampeana argentina para el cultivo del lupino blanco (*Lupinus albus* L.). *AgriScientia* 20: 35-44. ISSN 0327-6244.
- Ravelo, A.C. and Planchuelo, A.M. 2006. Evaluation of agroecological conditions for selected cultivars of white lupin (*Lupinus albus* L.) in Argentina. IN E. van Santen & G. Hill (eds). *Where Old and New World Lupins Meet*: 9-14. I.
- Ravelo, A.C., Planchuelo, A.M. y Zanvetto, R., 1997. Aptitud agroclimática de la provincia de Córdoba para el cultivo de lupino blanco (*Lupinus albus* L.). *RADA*: 97-98.
- Ravelo, A.C., Planchuelo, A.M.; Sorlino, D.M. and Villariño, M.P. 1990. Effects of environment on lupin phenological responses. *Abst. VI Intern. Lupin Conf.*: 113, Pucón, Chile.
- Valderrama Romero, A.S.; Abril Porras, V.H. y Valencia Sallo, C. J. 2015. La importancia del lupino en el mantenimiento y mejoramiento de la fertilidad del suelo. X Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE. Pichincha, Ecuador.
- von Baer, E., 1990. *Lupino. Guía de producción y utilización* (1a Edición). Asociación Chilena del Lupino, Temuco, Chile. 19 Pp.
- von Baer, E., Toledo, M.I., Olivares, G. Soto, P., Manríquez, A., Harrison, C., Mex, D. y Garrido, F. 2004. *Lupino dulce, Leguminosa en la producción de alimento para salmónidos*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, ISBN. 956.17-0352-1. 41Pp.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

APORTES DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS

Las investigaciones de esta tesis son un aporte importante para la interpretación de las relaciones taxonómicas de los complejos de especies que necesitan ser revisados por estudios multidisciplinarios para poder comprender sus afinidades y apoyar los programas de descriptores de germoplasma y de la Lista Roja de Especies Amenazadas. Estos temas fueron discutidos y considerados prioritarios de investigar en el último taller de especialistas convocado por la International Union for Conservation of Nature (IUCN) de las Naciones Unidas, que tuvo lugar en Oak Spring Garden Foundation, en Upperville, Virginia, Estados Unidos entre el 16 y el 20 de julio de 2018.

La revisión bibliográfica del lugar que ocupa el género *Lupinus* dentro de la Familia Leguminosas que se trata en el Capítulo 1 explica por primera vez el estado del arte de las últimas interpretaciones filogenéticas, que se contraponen con las anteriores clasificaciones basadas en caracteres morfológicos. Las discusiones que se presentan sirven para que se tengan en cuenta los nuevos paradigmas taxonómicos sin descuidar los detalles básicos que establece la Botánica para el reconocimiento de las plantas. Los otros temas que componen el Capítulo 1 son un complemento de información para entender la problemática taxonómica del género *Lupinus* y la necesidad de otros estudios que apoyen los planes de mejoramiento vegetal de las especies cultivadas para grano como son *Lupinus albus*, *L. angustifolius*, *L. luteus* y *L. mutabilis*.

En el Capítulo 2 se describen los caracteres diagnósticos típicos de gran parte de las especies sudamericanas de *Lupinus*, que permiten tener un patrón de referencias morfológicas para ser tenidos en cuenta en las identificaciones de otros taxones dentro del género. Estos estudios tuvieron como base la revisión de numeros ejemplares de herbario de colecciones de distintas instituciones, cuyos directores generosamente donaron materiales para los análisis morfoanatómicos foliares que forman parte del Capítulo 3.

El abordaje de los estudios epidérmicos foliares de especies nativas de la Subregión Atlántica y Andina, que son las dos áreas de distribución de las especies de *Lupinus* en la Región Sudamericana, permitió hacer un análisis de las similitudes y diferencias entre taxones que nunca habían sido analizados, luego de su descripción taxonómica. Las particularidades de la posición anfistomáticas de los estomas y sus características que permite clasificarlos en anocíticos y anisocíticos son un aporte para establecer posibles relaciones de distribución geográfica de las especies y las condiciones ambientales de sus áreas de crecimiento. Los resultados demuestran que si bien hay caracteres comunes a todas las especies, como por ejemplo los pelos tricelulares que son descritos en detalle, hay algunas especies que se caracterizan por tener otros tipos de pelos simples pluricelulares que no son tan comunes y determinan caracteres taxonómicos particulares. Uno de los aportes que acompañan a las investigaciones realizadas fue la clarificación de la nomenclatura sobre el indumento foliar que luego de una revisión bibliográfica se puso en evidencia, los distintos criterios que surgían para denominar a los pelos y los tricomas que forman parte del indumento vegetal. Todas las descripciones de las características de los estomas y la pubescencia están ilustrados con fotografías originales en microscopía óptica y electrónica de barrido.

Los caracteres diagnósticos morfoantómicos de las semillas de las dos especies cultivadas *L. albus* y *L. angustifolius* evaluados con microscopía óptica y electrónica de barrido, permitieron la caracterización de la presencia de aréolas cotiledonales y su complemento en el endosperma que cubre la cara interna de la cubierta seminal. Por otro lado, la morfoanatomía de las plántulas de esas dos especies son un aporte para los manejos de cultivos en una etapa crítica para la emergencia y el establecimiento de las plantas en sistemas agropecuarios. Se logró también, establecer los mejores mecanismos de escarificación que pueden ser utilizados para la germinación de especies que tienen potencial ornamental y que no germinan si no se aplican métodos que rompan las barreras de dormición por la impermeabilidad de la cubierta seminal. Se considera que los resultados sirven de soporte a los programas de mejoramiento vegetal y como patrones tisulares que dan referencias de los tejidos normales de una plántula sana para que sirvan de comparación en estudios de infestación de patógenos o comportamientos anormales ante enfermedades o estrés hídrico de las plantas en los primeros estadios de un cultivo.

Los aportes logrados en el Capítulo 5 en donde se utilizaron cultivos en contenedores y en parcelas experimentales con el lupino de hojas angostas (*Lupinus angustifolius* L.) son los primeros pasos para poder establecer un paquete tecnológico que permita considerar todo el potencial de cultivo de esa especie en un planteo de manejo agropecuario extensivo.

Como conclusión final esta tesis presenta información de valor sobre investigaciones de especies silvestres y cultivadas de *Lupinus* que nunca fueron tratadas con anterioridad. Se documentan las investigaciones mediante revisiones bibliográficas, estudios morfoanatómicos, ensayos experimentales, con descripciones claras, tablas, gráficos, diagramas, fotografías de materiales de herbario, ilustraciones de partes de las plantas, fotomicrografías tomadas con microscopios ópticos y electrónico de barrido de hojas y semillas y fotografías de ensayos que documentan el comportamiento de plantas en contenedores y en parcelas experimentales. Todos los estudios se realizaron para cumplir con los postulados de la hipótesis y los objetivos generales y específicos planteados en el proyecto de tesis.

En los Anexos se listan y se adjuntan todos los aportes de esta tesis que se dieron a conocer en publicaciones en revistas científicas, en los libros de los Proceeding de la Conferencias de Lupinos y los pameles de resúmenes de los trabajos presentados en otras reuniones científicas y de difusión.

SOBRE LA BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ESTA TESIS, SE PROPONEN LAS SIGUIENTES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- ✓ Continuar con las investigaciones consideradas prioritarias por el Comité Científico de la International Lupin Association, en las reuniones realizadas durante las XIII International Lupin Conference realizada en Poznan, Polonia en 2011 y XIV International Lupin Conference realizada en Milán, Italia en 2015 y reafirmadas en la XV International Lupin Conference realizada en Cochabamba, Bolivia en 2019.

- ✓ Delinear nuevas investigaciones para establecer los caracteres diagnósticos discriminantes de complejos de especies y para apoyar la clarificación de la taxonomía del género *Lupinus*.
- ✓ Establecer caracteres diagnósticos útiles para que sirvan de apoyo a la identificación de especies a incluir en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN),
- ✓ Programar estudios morfoanatómicos foliar en otras especies nativas de las principales Subregiones Sudamericanas para ampliar los caracteres diagnósticos establecidos en esta tesis.
- ✓ Ampliar las investigaciones sobre morfoanatomía foliar para relacionarlas con condiciones ambientales a través de climogramas de las áreas de crecimiento de las especies.
- ✓ Continuar con los estudios ya iniciados, pero no reportados en esta tesis, de las estructuras de semillas y plántulas de otras especies cultivadas (*Lupinus luteus* y *L. mutabilis*), para hacer comparaciones de afinidades y diferencias que sean útiles para los planes de mejoramiento vegetal.
- ✓ Realizar estudios aplicando las mismas tecnologías de análisis de la morfolanatomía de semilla y plántulas de las otras especies cultivadas para grano como el lupino amarillo *Lupinus luteus*, y el tarwi o chocho *L. mutabilis*. Sobre estas dos especies se comenzaron estudios preliminares que fueron presentados en reuniones científicas pero no forman parte de esta tesis.
- ✓ Continuar con los ensayos experimentales de *Lupinus angustifolius* de cv Caro y repetir las experiencias con otros cultivares de la misma especie y de otras especies cultivadas para grano hasta lograr tener un panorama más representativo del

comportamiento de las plantas y lograr un paquete tecnológico aplicable a cultivos extensivos de los lupinos en Argentina.

- ✓ Dar a conocer los resultados de las investigaciones por medio de presentaciones en congresos y reuniones científicas y de extensión agrícola y en publicaciones científicas en revistas con referato internacional en las áreas de Botánica, Ciencias Naturales y Ciencias Agropecuarias y sobre todo en la revista especializada, *Advances in Lupin Science*, editada por la International Lupin Association.

ANEXOS

ANEXO 1
Informe de Pasantías de Capacitación en Instituciones
Científicas Europeas

INFORME DE PASANTÍAS DE CAPACITACIÓN EN INSTITUCIONES CIENTÍFICAS EUROPEAS

Biól. Lina Seisdedos

Durante el mes de agosto de 2012 se realizaron pasantías de trabajo en diversas instituciones de centros de investigación de Europa mediante una beca por concurso del Programa de Movilidad Internacional de Profesores “Cuarto Centenario” de la Universidad Nacional de Córdoba.

Ofició como Tutora la Dra. Ana María Planchuelo, quien avala con su firma y calificación este informe, para ser presentado ante las instituciones patrocinantes de la beca realizada y cualquier otra institución que así lo requiera.

Herbario K, del Royal Botanic Gardens de Kew, Inglaterra (45 hs de trabajo)

la tesista realizó una intensiva capacitación en la identificaron especies de la colección del herbario del género *Lupinus*. Se registraron los materiales mediante fotografías y se realizaron disecciones de órganos vegetativos y florales para su análisis morfo-anatómico. Se cuenta con la certificación de la estadía de trabajo en donde se agradece la contribución a la actualización de la nomenclatura científica de los especímenes revisados. Gentilmente la doctora María Lourdes Rico Arce curadora de la Sección Leguminosas del RBG permitió la recolección de materiales vegetales para los estudios programados en la tesis doctoral que se está realizando. Por otro lado, se tomó contacto con planes de capacitación en Ciencias Naturales a diferentes niveles educativos y sobre programas didácticos y de extensión que serán considerados en futuros planes de docencia universitaria. Se cuenta con la certificación de la estadía de trabajo en donde se agradece la contribución a la actualización de la nomenclatura científica de los especímenes revisados.

Institut für Pharmazie un Molekulare Biotechnologie. Rupresch-Karls-Universität Heidelberg (30hs de trabajo)

Se realizaron experiencias de manejo de materiales de estudio en los laboratorios de fitoquímica y secuenciación molecular, como así también en los invernáculos de investigación y las cámaras de cultivo in-vitro. Esta experiencia permitió una capacitación especial en nuevas técnicas de investigación multidisciplinarias para aunar ideas y resultados de estudios en la resolución de problemas complejos que no podrían ser resueltos con una visión parcializada. Se cuenta con un certificado en donde el Director del instituto Dr. Michael Wink certifica la pasantía de trabajo de 3 días (30 hs de trabajo) y expresa el interés de realizar investigaciones conjuntas y proyectos de cooperación internacional.

Museo Botánico de la Universidad de Berlín, Alemania (16 hs de trabajo)

En el Museo Botánico de la Universidad de Berlín, Alemania, se identificaron especies de la colección de los herbarios y se obtuvieron materiales de los ejemplares de *Lupinus* para estudios morfo-taxonómicos durante una pasantía de un día (16 horas de trabajo). Por otro lado, en el Jardín Botánico de Berlín, Alemania (8 hs de trabajo) se

recabó información sobre programas didácticos y de extensión que serán considerados en futuros planes de docencia universitaria. Se adjunta certificado de la estadía de investigación en las instituciones de Berlín.

Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Sciences (16 horas de trabajo)

En el Instituto de Genética Vegetal de Poznan, perteneciente a la Academia Científica de Polonia, el Director Prof. Bogdan Wolko organizó una secuencia de entrevistas con los investigadores del instituto, quienes detallaron los resultados de sus investigaciones, lo que permitió el intercambio de conocimientos sobre los temas tratados. El intercambio académico y la participación en el seminario dictado por la Dra. Planchuelo suman 16 horas totales de actividades.

Estación experimental del Banco de Germoplasma de Polonia en la ciudad de Wiatrowo (8 horas de trabajo)

Se realizó una visita a la estación experimental del Banco de Germoplasma de Polonia en la ciudad de Wiatrowo en donde se observaron y se analizaron los indicadores de producción de semillas, en el momento de cosecha, de los cultivares de *Lupinus albus*, *L. luteus* y *L. mutabilis*. Al terminar la experiencia de campo se seleccionaron en el laboratorio semillas de variedades de cinco especies de *Lupinus*. Las actividades realizadas en el campo y en el laboratorio suman 8 horas de trabajo. Las semillas de cada especie serán usadas para los estudios de germinación y plántula que se realizarán en el proyecto de tesis doctoral. Se adjunta una certificación de los días de trabajo en los centros de investigación de Poznan y Wiatrowo, Polonia.

RESULTADOS LOGRADOS

- Se logró una capacitación en nuevas técnicas de investigación multidisciplinarias. que permitirán la resolución de problemas complejos que no podrían ser resueltos con una visión parcializada de la problemática.
- Se logró obtener en los centros de investigación visitados, materiales de estudio, semillas y órganos vegetativos de Lupinos, que serán analizados durante el plan de tesis.
- Se adquirieron nuevos conocimientos en metodologías de investigación de plantas de especies de *Lupinus* en contenedores y a campo que formarán parte en la capacitación de discípulos en el área botánica.
- Los conocimientos y los intercambios de información de información con investigadores durante las pasantías de trabajo se consideran experiencias importantes aplicables al plan de formación para la carrera de doctorado.

Biól. Lina Seisdedos
Receptora de la Beca
“Cuarto Centenario”

COMO TUTORA DE LA PASANTÍA REALIZADA POR LA BIÓL. LINA SEISDEDOS, AVALO ESTE INFORME Y CALIFICO LAS TAREAS REALIZADAS CON UN PUNTAJE DE 10 (Diez puntos).

Dra. Ana M. Planchuelo
Tutora de la Beca
“Cuarto Centenario”

ANEXO 2

Informe del Proyecto SECyT: 30720150101278CB

Directora: Biól. Lina Seisdedos

PROYECTO SECyT: 30720150101278CB

DIRECTORA: Biól. Lina Seisdedos

Período informado: 2016-2017

TITULO: Evaluación morfoanatómica de especies silvestres y cultivadas de *Lupinus* para aportar conocimientos taxonómicos y agronómicos para planes de mejoramiento vegetal *Morpho-anatomical evaluation of wild and cultivated species of *Lupinus* to contribute with taxonomic and agronomic knowledge to crop breeding programs*

CONSIDERACIONES GENERALES

Este proyecto permitió llenar un vacío de conocimientos sobre los desarrollos científicos y tecnológicos en diferentes áreas del conocimiento referentes al género *Lupinus*. Se estudiaron especies silvestres y cultivadas y se realizaron investigaciones en otras áreas diferentes a las estrictamente relacionadas con el género pero que pudieron aportar conocimientos en forma indirecta a las propuestas en este proyecto.

Se logró una amplia conexión con los medios científicos y productivos tanto a nivel nacional como internacional de manera que se cubrieron todas las etapas necesarias para cumplir con los objetivos planteados en este proyecto de desarrollo científico-tecnológico. El proyecto cubrió las áreas: **Investigación**, para conocer y obtener información básica; **Evaluación**, que permitió obtener resultados confiables; **Capacitación y Educación**, que fue un componente indispensable en la formación de recursos humanos; **Difusión**, para lograr la transferencia de la investigación y cumplir con los objetivos.

Los objetivos propuestos fueron alcanzados adecuadamente los cuales pueden ser verificados mediante las actividades realizadas y documentadas con presentaciones a congresos y publicaciones

TAREAS REALIZADAS

Las tareas de investigación del proyecto se desarrollaron en los laboratorios y parcela del CREAN; de microscopía óptica de Botánica, de tecnología de semillas y en el Campo Escuela de la FCA. La microscopía electrónica de barrido (SEM) se llevó a cabo en el laboratorio de Microscopía Electrónica LAMARX de FAMAF dependiente de la Fundación para la innovación y Transferencia de la Tecnología (INNOVA-T). Entre los tópicos investigados cabe destacar los siguientes:

A continuación se describen las tareas realizadas en el marco del proyecto. Se listan a continuación de cada tema las publicaciones y presentaciones a reuniones científicas y de extensión que versan sobre las tareas que se informan. Los nombres de los integrantes del proyecto que figuran en las citas de los trabajos publicados y presentados en congresos se resaltan en letra negrita.

- **Evaluaciones de presencia y función de especies de *Lupinus* en áreas naturales**

Se verificaron con viajes de campo las zonas en donde fueron citados especímenes de *Lupinus* según el Catálogo de Leguminosas de la Flora del Cono Sur. Para la provincia de Córdoba según el Catálogo la única especie de *Lupinus* que crece es *L. honoratus* C. P. Sm. Sin embargo en un viaje de campo se encontró creciendo en los suelos pedregosos de

la cima del Champaquí a 2.884 m.s.n.m. no solo a *Lupinus honoratus* sino y también a *L. buchtienii* Rusby, que tiene un hábito postrado y procumbentes. En la Figura 1 se muestran las plantas de ambas especies a) *L. buchtienii*; b) *L. honoratus*.



Fig. 1. Plantas de *Lupinus* que crecen en el cerro Champaquí: a) *Lupinus buchtienii*; b) *L. honoratus*.

Nuevos viajes de recolección permitieron evaluar las especies y la fragilidad de continuar creciendo en ambientes que han sufrido sequías extremas como las reportadas en los últimos años en Córdoba tal como se reportó en el trabajo que se cita a continuación.

Planchuelo, A.M. & Ravelo, A.C. 2017. Condiciones termo-hídricas y comportamiento de especies nativas en el Valle de Paravachasca, Córdoba, Argentina. RADA VIII: 43-57. ISSN: 2545-8418. www.crean.unc.edu.ar

- **Evaluaciones de caracteres morfoantómicos de especies nativas y cultivadas de *Lupinus*. Correspondientes a los Módulo I y II del proyecto**

En el marco del proyecto se evaluaron los caracteres morfoanatómicos de las especies nativas del género *Lupinus* como base de conocimientos que se asocian a los factores ambientales en donde crecen las especies y a las relaciones que tienen las especies nativas y las cultivadas para grano. Se trabajó con ejemplares de *Lupinus* depositados en el Herbario ACOR de la Facultad de Ciencia Agropecuarias (FCA) de la Universidad Nacional de Córdoba, ejemplares facilitados para su estudio por los Herbarios de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, el Herbarium del Royal Botanical Garden de Kew, Inglaterra y colecciones propias.

Estudio comparativo de epidermis foliares de las especies del complejo *Lupinus grisebachianus-subacaulis-subinflatus*, analizando caracteres claves en la diferenciación de las especies. Se realizaron extracciones epidérmicas de ambas caras de los folíolos empleando diferentes técnicas. Se analizó la longitud y estructura celular de los tricomas. La densidad de la pubescencia fue evaluada y codificada. Como complemento se están analizando matrices de datos cuali-cuantitativos de órganos vegetativos y florales, mediante análisis de taxonomía numérica. En la Figura 2 se muestran ejemplos de las investigaciones realizadas

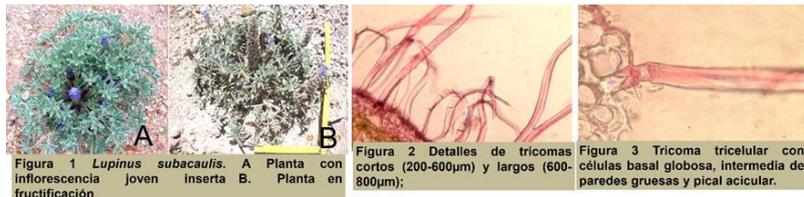


TABLA 1

Folículo	<i>L. grisebachianus</i>	<i>L. subacaulis</i>	<i>L. subinflatus</i>
Cara adaxial	Densa (3)	Glabra (0)	Glabra (0)
Tipo de pubescencia			
Cara abaxial	Muy densa (4)	Tricomas Esparcidos (2)	Tricomas Esparcidos (2)
Tipo de pubescencia			

Fig 2- A y B Imagen de *Lupinus subacaulis* en etapa reproductiva; C Detalles de tipos de tricomas; Tabla 1: Estructura del tricoma tricelular; Fig 4: Características de las células de la epidermis y tipo de pubescencia en las caras de los folíolos.

Análisis de las características foliares: formas, tamaños y tipos de hoja; pubescencia foliar; espesor de la cutícula; características de las células epidérmicas de ambas caras de la hoja; tamaño, posición y tipos de estomas; tipos de mesófilo; disposición de los tejidos vasculares y de sostén) de *Lupinus* de las Subregiones Andina y Atlántica); con microscopía óptica y electrónica de barrido (SEM). En la Figura 3 y 4 se muestran ejemplos de las investigaciones realizadas.

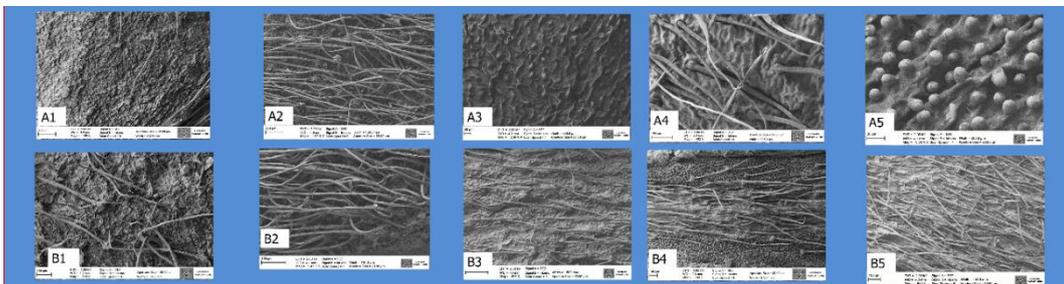


Fig. 3: Densidad de pubescencia. *L. alivillosus* A1: c.ad. D.dispersa, B1: c.ab. D.pilosa; *L. grisebachianus* A2: c.ad. D.pilosa, B2: c.ab. D.lanosa; *L. ignobilis* A3: c.ad. D.glabra y papilosa, B3: c.ab. D.pilosa; *L. lespedezoides* A4: c.ad. D.pilosa, B4: c.ab. D.pilosa; *L. magniflorus* A5: c.ad. glabra. pilosa. y papilosa, B5: c.ab. D.

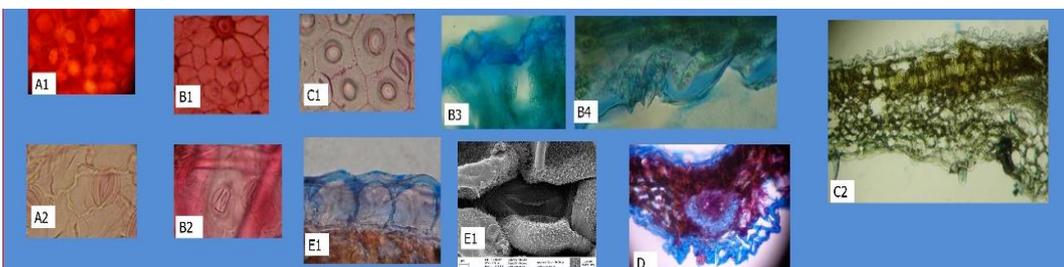


Fig. 4: A1,B1 *L. alivillosus*; B1-B,2 *L. grisebachianus*; C1-C2 *L. magniflorus*; D *L. ignobilis*; E1-E2 ; *L. lespedezoides*

Todos los datos morfoanatómicos obtenidos en los diferentes análisis realizados se incorporaron al Banco de Datos de *Lupinus* americanos que tiene el CREAN (Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales). Los trabajos continúan ampliando las áreas de estudio y las especies involucradas, para este informe se reporta un trabajo que fue presentado en Jornadas científicas, de extensión y de educación y una publicación que se fue enviada a una revista botánica y se encuentra en etapa de evaluación:

Seisdedos, L. & Planchuelo, A.M. 2017. Características foliares de cinco especies de *Lupinus* nativas de los valles interandinos. Morphological characteristics of five species of *Lupinus* natives in the Inter-Andean valleys Bol. Soc. Argent. Bot. 52 (Supl.): 30.

Fabroni M., Seisdedos L., Planchuelo A.M. 2017. La morfo-anatomía vegetal como apoyo a las definiciones taxonómicas en un complejo de especies de *Lupinus* nativas del noroeste de Argentina. VII Jornadas Integn, de Investigación, Extensión y Enseñanza de la FCA. Córdoba, Argentina Nov. 28-29, 2017

Planchuelo, A.M. & Seisdedos, L. 2017. Morphological characterization of cultivated and wild *Lupinus* (Fabaceae, Faboideae) to be introduced as ornamental and garden plants in Argentina. Symposium T6-11. Oral presentation: Code N° 3662. XIX International Botanical Congress, Shenzhen. China. 23-29 julio 2017.

Seisdedos, L. & Planchuelo, A.M., 2017 Caracterización morfoanatómica de plántulas de dos especies graníferas de lupinos (*Lupinus albus* y *L. angustifolius*, Fabaceae). Lilloa 55. ISSN: 0075-9481.

- **Evaluación de especies de *Lupinus* con características ornamentales.**

Con el objetivo de difundir el cultivo de lupinos se colectaron semillas y se confeccionó un banco de datos con características de las plantas y sus usos en jardinería. Se evaluaron cuatro especies cultivadas para grano (*Lupinus albus* L., *L. angustifolius* L., *L. luteus* L., *L. mutabilis* Sweet), dos introducidas (*L. arboreus*, *L. polyphyllus*) y los Russel hybrid, que son comunes en jardines de Ushuaia, y cuatro especies nativas (*L. albescens* Hook & Arnott, *L. gibertianus* CPSm., *L. magnistipulatus* Planchuelo & Dunn, *L. honoratus* CPSm). Se diseñaron símbolos para ilustrar las características de las plantas, los requerimientos ambientales y las condiciones y recomendaciones para el cultivo. La figura 5 muestra un ejemplo de datos que se incorporan en las fichas técnicas de las especies.

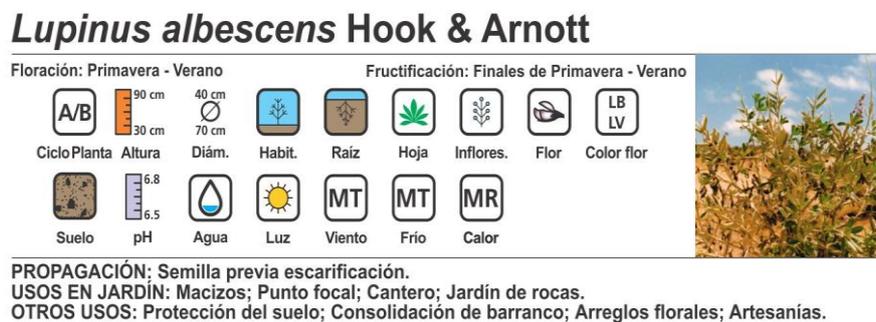


Fig. 5: Ejemplo de los símbolos diseñados para completar la información sobre la especie y los requerimientos de cultivo en las fichas técnicas de las especies de *Lupinus* ornamentales

Los resultados de esos estudios se presentaron en un congreso internacional cuya cita es la siguiente.

Planchuelo, A.M. & Seisdedos, L. 2017. Morphological characterization of cultivated and wild *Lupinus* (Fabaceae, Faboideae) to be introduced as ornamental and garden plants in Argentina. Symposium T6-11. Oral presentation: Code N° 3662. XIX Internati.Botanical Congress, Shenzhen. China. 23-29 julio 2017.

- **Ensayos experimentales para la introducción de variedades de *Lupinus angustifolius* al manejo agrícola de Argentina. Estos estudios forman parte del Módulo III y IV del proyecto**

Se realizaron estudios de comportamiento de cultivo de la variedad Caro de lupino de hojas angostas (*Lupinus angustifolius* L.). Se realizaron parcelas experimentales del CREAN y en el Campo Escuela de la FCA durante los años 2015 - 2017, en dos fechas de siembra distintas (una temprana –primera fecha de siembra o 1FS- a mediados del mes de mayo y otra más tardía – segunda fecha de siembra o 2FS-, a principios de junio) y en dos localidades diferentes: predio del Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Naturales y Agrícolas (CREAN) -IMBIV- CONICET, FCA-UNC, y predio experimental del Campo Escuela (CE) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba. Se evaluaron las fases fenológicas y los componentes de rendimiento del cultivar Caro en condiciones de secano en la provincia de Córdoba. La figura 6 y 7 muestran ejemplos de las parcelas experimentales.



Fig. 6. Parcela experimental del CREAN año 2016. Cultivo de *L. angustifolius* L.



Fig. 7 Parcela en el Campo Escuela Cultivo de *L. angustifolius* L. en distintos estados de desarrollo.

Como resultado de esos ensayos se realizó una presentación en las Jornadas de Investigación, Extensión y Enseñanza de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC. Se encuentra en preparación el siguiente manuscrito: - Caracterización de parámetros agronómicos vegetativos de *Lupinus angustifolius* L. var. Caro ante dos fechas de siembra y ante tratamiento con inoculante en Córdoba, Argentina.

Sánchez M., Seisdedos L., Zanvettor R., Bertero K., Costa N., Suárez Zárate C., Zanvettor R. A., Planchuelo, A.M. 2017. Efecto de la fecha de siembra y del tratamiento con inoculante sobre parámetros de crecimiento y rendimiento en *Lupinus angustifolius* L. en Córdoba. VII Jornadas

Integn, de Investigación, Extensión y Enseñanza de la FCA. Córdoba, Argentina Nov. 28-29, 2017.

- Intercambio de información a nivel internacional sobre el cultivo de *Lupinus* de grano

Mediante un convenio de colaboración entre investigadores del CREAN-IMBIV-CONICET de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC, y el Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad, Serbia se realizaron estudios de comportamiento de cultivo, intercultivo de lupino blanco (*L. albus* L.) y cuatro leguminosas de grano y de mejoramiento de lupino andino (*Lupinus mutabilis* Sweet) con valor forrajero en suelos alcalinos de Serbia. Las figuras 8 y 9 muestran fotos de los ensayos de intercultivo y entre especies de *Lupinus* y otras leguminosas. La tabla 1 muestra los resultados de los ensayos

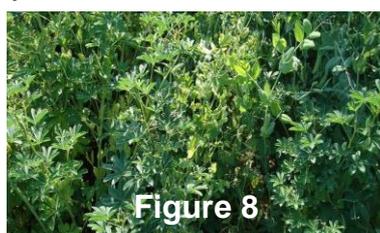


Fig. 8 Intercultivo de *Lupinus albus* y *Pisum sativum* L Fig. 9. Ensayo de *Lupinus mutabilis*

Tabla I Resultado de los ensayos de intercultivo entre leguminosas en Servia

Sole crop / Intercrop	Grain Yield (kg ha ⁻¹)	LER _{GY}	Crude protein yield (kg ha ⁻¹)	LER _{CPY}	Crude fat yield (kg ha ⁻¹)	LER _{CFY}
White lupin	4789	-	1820	-	182	-
Grass pea	4648	-	1441	-	43	-
Pea	3879	-	970	-	15	-
Common vetch	2234	-	648	-	9	-
White lupin + grass pea	5341	1.13	1916	1.19	162	1.46
White lupin + pea	5022	1.15	1680	1.19	133	1.37
White lupin + common vetch	3945	1.06	1390	1.06	136	1.24
LSD _{0.05}	875	0.05	267	0.07	35	0.09

Este convenio permitió dos presentaciones a congreso y se encuentran en evaluación nuevos datos para una futura publicación en revista con referato.

Mikić A, Mihailović V, Marjanović-Jeromela A, Terzić S, Đorđević V, Tomičić M, Imerovski I, Dimitrijević A, Miladinović D, **Planchuelo A.** 2015. Improved grain yield and forage nutritional quality obtained by intercropping white lupin (*Lupinus albus* L.) with other annual legumes. p. 117 In Capraro, J. Duranti, M., Magni, C. & Scarafoni, A. (Eds). Developing Lupin Crop In to a Major and Sustainable Food and Feed Source. H2O SRL, Genova, Italy. ISBN 9788890598944

Mikić A, Mihailović V, Antanasović S, Čupina B, Karagić Đ, Milošević B, **Planchuelo A.** 2015. Forage yield potential of Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). p. 118 In Capraro, J. Duranti, M., Magni, C. & Scarafoni, A. (eds). Developing Lupin Crop In to a Major and Sustainable Food and Feed Source. H2O SRL, Genova, Italy. ISBN 9788890598944.

- **Evaluaciones de germinación bajo estrés hídrico**

Se realizaron ensayos de germinación de semillas de *Lupinus luteus* y de *Lupinus mutabilis* Sweet, sometidas a estrés salino usando distintas diluciones con cloruro de sodio (ClNa). Teniendo en cuenta las recomendaciones de las Reglas ISTA 2012, en concentraciones de cloruro de sodio (Cl Na) de -0.4, -0.6,-0.8,-1.0,-1.2 MegaPascal (MPa) y agua destilada como control, a fin de generar diferentes condiciones de estrés salino. Las cajas se pusieron en cámaras de cultivo a temperatura y períodos de luz -oscuridad controlados. Se calcularon los porcentajes de germinación en cada caso y se confeccionaron las curvas de los patrones de absorción de agua para las semillas que germinan en condiciones de estrés salino.

- **Evaluaciones de las calidades culinarias de granos y harina de lupino blanco.**

Se recopilaron recetas culinarias sobre usos de granos y harina de lupinos que amplían el recetario preliminar elaborado en el anterior Proyecto SECyT y se prepararon muestras de las recetas para confeccionar un libro de recetas que está en revisión. La figura 10 muestra un boceto de la tapa del futuro libro de recetas.

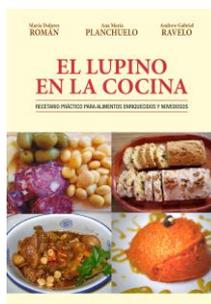


Fig. 10. Muestra de la tapa del futuro recetario de usos culinarios de granos y harina de lupino blanco.

DIFICULTADES

Uno de los inconvenientes que surgió con el alejamiento de dos miembros del equipo de trabajo por razones personales, una de ellas por tener que trasladarse a otra localidad y la otra por razones laborales. Dichas integrantes figuran en la planilla de evaluación como “no corresponde”, sin embargo se incluyen los trabajos realizados hasta el momento de su alejamiento del proyecto y se presenta el informe personal.

Otra de las dificultades fue que no se consiguió Polietilenglicol 600 (PEG), droga necesaria para la realización de estudios de germinación bajo estrés hídrico, pero ya se calibraron las técnicas para realizar los ensayos induciendo estrés hídrico mediante distintas soluciones salinas.

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

(Los nombres de los integrantes del proyecto en tipología "Negrita")

PUBLICACIONES Y ACTIVIDADES DE LOS MIEMBROS DEL PROYECTO RELACIONADAS CON TEMAS DEL PROYECTO

Trabajos científicos y tecnológicos publicados en revistas con arbitraje

- Fabbroni, M, Flores, C.B. & Planchuelo, A.M. 2017. Usos etnobotánicos de Leguminosas de los Valles Calchaquíes de Salta. Bol. Soc. Argent. Bot. 52 (Supl.): 166.
- Ravelo A.C., Planchuelo A.M., Aroche, R., Douriet Cárdenas, J.C., Alegría, M. H., Jimenez, R., Maureira, H., Peña Paz, T., Tiscornia, G., Zanvettor R., Zimmermann, R. 2016. Monitoreo y Evaluación de las Sequías en América Central. Estudio de Caso: Corredor seco de El Salvador, Honduras y Nicaragua. Editores H. Carrão y P. Barbosa JRC ISBN 978-92-79-59409-0 ISSN 1018-5593 Luxembourg, European Union. 52 pp.
- Ravelo A.C., Planchuelo A.M., Aroche, R., Douriet Cárdenas, J.C., Alegría, M. H. Jimenez, R., Maureira, H., Peña Paz, T., Tiscornia, G., Zanvettor R., Zimmermann, R. 2016. Monitoreo y Evaluación de las Sequías en América Central. Estudio de Caso: Corredor seco de El Salvador, Honduras y Nicaragua. Editores H. Carrão y P. Barbosa JRC ISBN 978-92-79-59409-0 ISSN 1018-5593 Luxembourg, European Union. 52 pp.
- Seisdedos, L. & Planchuelo A.M. 2017. Características foliares de cinco especies de *Lupinus* nativas de los Valles Interandinos. Evaluación de especies de *Lupinus* con características ornamentales. Evaluation of *Lupinus* species with ornamental features. Bol. Soc. Argent. Bot. 52 (Supl.): 30. ISSN 0373-580X.
- Seisdedos, L. & Planchuelo, A.M. 2017. Características foliares de cinco especies de *Lupinus* nativas de los valles interandinos. Bol. Soc. Argent. Bot. 52 (Supl.): 30.

Trabajos científicos y tecnológicos publicados con arbitraje (En prensa, en revisión o enviados)

- Barrionuevo, V. & Planchuelo, A.M. 2016. Evaluación de las preferencias entre plantas ornamentales y especies nativas para ser cultivadas en jardines familiares de Córdoba y villas serranas. Nexo Agropecuario 3(1): 1-7. ISSN: 23469110. (En prensa).
- Boletta, P.E., Ravelo, A.C., Planchuelo, A.M. & Zanvettor, R.E., 2016. Desertification processes in the Dry Chaco of Argentina. World Atlas of Desertification. (Enviado, en revisión).
- Seisdedos, L. & Planchuelo, A.M. 2018. Caracterización morfoanatómica de plántulas de dos especies graníferas de lupinos (*Lupinus albus* y *Lupinus angustifolius*, Fabaceae). Lilloa 55. ISSN: 0075-9481. Enviado, en revisión).

Edición de libros, reportes publicados

Planchuelo, A.M. & Barrionuevo V. - 2016. Guía práctica para el reconocimiento y cultivo de especies silvestres de las sierras de Córdoba. 273 pp ISBN 978-950-33-1303-9

Trabajos presentados y publicados con arbitraje en actas de reuniones científicas

Trabajos presentados en la VII Jornadas Integradas de Investigación, Extensión y Enseñanza de las Ciencias Agropecuarias. FCA-UNC. 28 y 29 de noviembre de 2017. ISBN 978-950-33-1399-2

SEISDEDOS L.&PLANCHUELO A. *Caracteres morfoanatómicos de plántula de Lupinus luteus*:227

SEISDEDOS L & PLANCHUELO AM. *Características foliares de cinco especies de Lupinus nativas de los valles interandinos*:228

SEISDEDOS L., FABBRONI M y PLANCHUELO A. *La morfoanatomía vegetal como apoyo a las definiciones taxonómicas en un complejo de especies de Lupinus nativas*

del noroeste de Argentina: 229

SÁNCHEZ M., Seisdedos L., Zanvetto, R., Bertero K., Costa N., Suárez Zárate, C., Zanvetto RA. y Planchuelo AM. *Efecto de la fecha de siembra y del tratamiento con inoculante sobre parámetros de crecimiento y rendimiento en Lupinus angustifolius L. en Córdoba: 237*

SÁNCHEZ M., Seisdedos, L., Zanvetto R. y Planchuelo AM. *-Evaluación y caracterización de parámetros fenológicos, fenométricos y de rendimiento de Lupinus angustifolius L. en Córdoba: 238*

PLANCHUELO AM & SEISDEDOS L. *Evaluación de especies de Lupinus con características ornamentales: 284.* -Ravelo A.C., Planchuelo A.M., Aroche, R., Douriet Cárdenas, J.C., Alegría, M. H. Jimenez, R., Maureira, H., Peña Paz, T., Tiscornia, G., Zanvetto R., Zimmermann, R. 2016. *Monitoreo y Evaluación de las Sequías en América Central. Estudio de Caso: Corredor seco de El Salvador, Honduras y Nicaragua.* Editores H. Carrão y P. Barbosa JRC. ISBN 978-92-79-59409-0 ISSN 1018-5593 Luxembourg, European Union. 52 pp.

PLANCHUELO, A.M. & SEISDEDOS, L. 2017. *Morphological characterization of cultivated and wild Lupinus (Fabaceae, Faboideae) to be introduced as ornamental and garden plants in Argentina.* 2017. Symposium T6-11. Oral presentation: Code N° 3662. XIX International Botanical Congress, Shenzhen. China. 23-29 julio 2017.

OTRAS PUBLICACIONES Y ACTIVIDADES DE LOS MIEMBROS DEL PROYECTO

Trabajos científicos y tecnológicos relacionados en otras áreas de investigación

-Ravelo, A.C.; Planchuelo, A.M.; Zanvetto, R.E.; Boletta, P.E.C., 2016. Sistema de monitoreo y evaluación de las sequías en Argentina. *Agrometeoros*, 24(1): 113-120.

-Ravelo, A.C.; Planchuelo, A.; Zanvetto, R. & Zimmermann, R. 2016 En Carrão & Barbosa P. Edit. *Monitoreo y Evaluación de las Sequías en América Central.* EU ISBN 978-92-79-59409-0.

-Planchuelo, A.M. 2017. Incidencia de las sequías en la agricultura y en áreas naturales. Disponible como PDF <http://www.crean.unc.edu.ar/incidencia-de-las-sequias-en-la-agricultura-y-en-areas-naturales/>

-Planchuelo, A.M. & Ravelo, A.C. 2017. Condiciones termo-hídricas y comportamiento de especies nativas en el Valle de Paravachasca, Córdoba, Argentina. *RADA VIII*: 43-57. ISSN: 2545-8418.

ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN

-Seisdedos L. Coordinadora de Stand y Expositora en el “Día Internacional de la Fascinación por las Plantas. “2016” realizado en el Museo Provincial de Ciencias Naturales “Dr. Arturo H. Illia”. Secretaría de Extensión. FCA-UNC. 18 de mayo de 2016. Res. HCD-FCA 284/16.

FORMACIÓN CIENTÍFICO-ACADÉMICA DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO DE TRABAJO DEL PROYECTO

PARTICIPACIONES DEL EQUIPO DE TRABAJO EN EVENTOS DE CIENCIA Y TÉCNICA

- **2016. LIMA, PERÚ.** (March) Workshop *Lupinus* new approaches for the future. Universidad Científica del
- **2016. BEIJING, CHINA.** (June) “World Day to Combat Desertification, Global Observance and the Belt & Road, Joint Action High-Level Dialogue”. Member of the Argentine Delegation.
- **2016. PUERTO MADRYN,** (Sept.)VIII Agrometeor. Latino American Assoc. Partipante y Comité Científico.
- **2017. SHENZHEN, CHINA.** 23-29 July. “XIX International Botanical Congress. Symposium organizer,

Formación de RRHH. Tesis doctoral

- 2016. C.E. Torrecillas Nuñez: Diseño metodológico de manejo integral para la sustentabilidad de cuencas: Caso de estudio la Cuenca de los Twin Streams, Nueva Zelanda”. FCA. UNC. Ana M. Planchuelo. Tribunal Evaluador.
- 2014. Biól. L. Seisdedos: “Evaluación morfoanatómica de especies de *Lupinus* y sus implicancias taxonómicas y de comportamiento agronómico”. FCA. UNC. (Directora Ana María Planchuelo). (En etapa final)
- 2015. Ing. Agr. (Mg Sc) Roberto Zanvettor. “Detección, evaluación y pronóstico de las sequías en la región pampeana argentina” FCA. UNC (Asesora, Ana María Planchuelo). (En desarrollo)
- 2016. M. Fabbroni. “Las leguminosas de importancia etnobotánica de Valles Calchaquíes, Salta”. FCN, Universidad Nacional de Salta. (Codirectora Ana M. Planchuelo).

Formación de RRHH por miembros del equipo del proyecto

-Se capacitó al Ing. Agr. Franco Biolatto en tareas relacionadas con el seguimiento del comportamiento bio y agroclimático del cultivo de lupino a través de la realización de observaciones fenológicas periódicas del mismo. Capacitador: Ing. Agr. Roberto Zanvettor

-Se capacitó al Ing. Agr. Miguel A. Sánchez, en el seguimiento de las etapas fenológicas del cultivo de lupino de hojas angostas (*Lupinus angustifolius* L.), en distintos ambientes: parcela del CREAN e Invernáculo y Parcela del Campo Escuela de la FCA-UNC. Capacitadores: Ing. Agr. R. Zanvettor, Biól. L. Seisdedos.

-Se capacitó al Ing. Agr. Miguel A. Sánchez, en la implementación de diferentes técnicas botánicas para el análisis de los órganos vegetativos de diferentes especies de *Lupinus* comerciales y silvestres. Capacitador: Biól. Lina Seisdedos.

-Se capacitó a las alumnas Camila Suárez Zárata y Karem Edelweiss Bertero, alumnas del 4to año de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias, participante del Programa de Iniciación Profesional e integrantes del presente Proyecto, en diferentes técnicas botánicas de laboratorio, para analizar las características foliares de material fresco y de

Herbario, en diferentes especies de lupinos. Capacitador: Biól. Lina Seisdedos.

Formación científico-académica de los miembros del equipo del proyecto

-Taller de Capacitación EUROCLIMA en Desertificación, Degradación de Tierras y la Sequía (DDTS). 2016. Entrenamiento Plataforma de Monitoreo Ambiental TerraMA. LAPIS (Laboratorio de Análisis y Procesamiento de Imágenes de Satélites) e INSA (Instituto Nacional del Semiárido), 21-22 abril. Campina Grande, Brasil. Ing. Agr. Roberto Zanvettor

-Estadística y Biometría (Curso de Posgrado). Escuela para Graduados. FCA-UNC. Del 03-04-2017 al 12-05-2017. Aprobado: 9 (nueve). 80 h. Res. HCD. FCA-UNC N° 014/17. Ing. Agr. Miguel A. Sánchez

-Pasantía de trabajo de investigación: evaluación de numerosos ejemplares de herbario y propuestas de trabajo conjuntas con investigadores de la Facultad de Ciencias Naturales. U.N.Salta (20-21/10/2016). Biól. Lina Seisdedos.

INFORME DE LOS PARTICIPANTES DEL PROYECTO

Ing. Agr. (Mgter. Sc.) BARRIONUEVO, Verónica: Colaboró con la determinación de las características ornamentales de especies silvestres y cultivadas y supervisó las determinaciones de las especies silvestres de *Lupinus* realizadas por los Alumnos de Iniciación Profesional, incorporados al Proyecto. Durante los últimos meses de 2016 colaboró con la Dra. Ana María Planchuelo en la revisión de la **Guía práctica para el reconocimiento y cultivo de plantas nativas**, libro que terminó de imprimirse en mayo de 2007, bajo la autoría de la Dra. Ana María Planchuelo y Verónica Barrionuevo. Por razones personales, la Ing. Barrionuevo no pudo reincorporarse nuevamente durante 2017. Su desempeño fue satisfactorio.

Dra. Ana María Planchuelo: Aportó sus conocimientos en todas las Áreas de investigación que abordó el Proyecto. Su entusiasmo y disposición con cada miembro del equipo fue clave en el diseño de metodologías para ser aplicadas en los ensayos de campo y laboratorio. Contribuyó en forma eficiente en la difusión de los resultados a través de presentaciones a Congresos, Seminarios, Conferencias y diferentes Publicaciones dentro y fuera del país (ver informe). No se puede dejar de considerar su extenso bagaje de conocimientos e invaluable actitud para transmitirlo a todo el equipo de trabajo. Su desempeño fue altamente satisfactorio.

Ing. Agr. (Mgter. Sc.) Zanvettor, Roberto: Como integrante del proyecto colaboró con la elaboración del diseño de las parcelas experimentales y en el registro de la información de las fases fenológicas del cultivo de lupino de hojas angostas (*Lupinus angustifolius* L.). Supervisó a los alumnos de Iniciación Profesional integrantes del proyecto. Es coautor de trabajos que fueron presentados en reuniones científicas internacionales. Su desempeño ha sido satisfactorio.

Ing. Agr. Miguel Sánchez: Como integrante del Proyecto ha seguido con eficacia el cultivo del lupino de hojas angostas (*Lupinus angustifolius* L.), realizando el registro de todas las fases fenológicas del cultivo llevado a cabo en las parcelas experimentales del

Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN) y el el Campo Escuela de la FCA. También colaboró con el seguimiento del ensayo realizado en el vivero de la Cátedra de Fitopatología con semillas de (*Lupinus angustifolius* L.) inoculadas con Ryzobium. Presentó 2 pósters en colaboración con resultados parciales de los ensayos realizados, en la VII Jornada de Investigación, Extensión y Enseñanza de las Ciencias Agropecuarias. FCA-UNC. Por su disposición y eficiencia en el trabajo individual y grupal, se valora positivamente su participación en el proyecto. Su desempeño fue satisfactorio

Ing. Agr. Elisa Seisedos: Como integrante del proyecto, aprendió y se perfeccionó en las diferentes técnicas de extracción de epidermis en materiales frescos y de Herbarios de especies silvestres y cultivadas de *Lupinus*. Realizó registro de mediciones foliares y caulinares en lupinos de hojas angostas (*Lupinus angustifolius* L.) A mediados del año pasado, tuvo que abandonar la participación en el proyecto debido a su nombramiento en otra área de trabajo. Mientras fue integrante del proyecto su desempeño fue satisfactorio.

Camila Suárez Zárate y Karem Edelweiss Bertero: Alumnas de Iniciación Profesional que cursan el tercer año de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias. FCA-UNC. Aprendieron a realizar el registro fenológico en los distintos ámbitos de los ensayos de cultivo, colaboraron con el desmalezado de las parcelas y participaron como coautoras del trabajo “Efecto de la fecha de siembra y del tratamiento con inoculante sobre parámetros de crecimiento y rendimiento en *Lupinus angustifolius* L. en Córdoba, de Sánchez et al., 2017. Sus participaciones fueron satisfactorias.

ANEXO 3

Publicaciones en Libros y Revista Científicas con

Referato

Trabajo Publicado en un Capítulo del Libro: Lupin Crops An Opportunity For Today, A Promise For The Future

43

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF LEAVES EPIDERMIS AS A CONTRIBUTION FOR UNDERSTANDING *LUPINUS* TAXONOMY AND PHYLOGENY

Lina Seisdedos* & Ana M. Planchuelo*

Crean-Conicet, Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC, CC 509, 5000 Córdoba, Argentina

*Corresponding authors' email: linaseisdedos@gmail.com, planch@crean.agro.uncor.edu, aplanch@gmail.com

ABSTRACT

Leaves epidermis features from ten *Lupinus* species natives in the South American Atlantic Sub-Region were studied and illustrated. Pubescence density varies widely, only in three species the adaxial side was glabrous in all the other hairs were present in both sides. The leaves structures were amphiestomatic with stomata present in both surfaces. Most of them were anomocytic but also some anisocytic stomata were found. In all the species the trichomes are nonglandular. The bi-cellular hairs has one basal cell, and one apical cell with a basal globular structure which has a dense cellular content, and a long acicular apical portion with a central clear channel. Only two species have bi-cellular hairs and also pluri-cellular hairs with multiple cells distributed in one strait line.

KEY WORDS

leaf epidermis, trichomes, stomata, *Lupinus*, South American

INTRODUCTION

Leaf is one of the most diversified organs in angiosperms and therefore, its anatomy and tissue features could have several potential taxonomic significances (Carlquist, 1961). Leaf epidermis is a multifunctional tissue in charge of regulating oxygen and CO₂ exchange for photosynthesis and respiration, control plant temperature and regulate the water losses by transpiration. Also, it plays an important ecological role in plant protection as the first barrier for defense of dangerous environment conditions and pathogens. The single cell outermost layer which characterized the epidermis tissue in leaves is constituted by several types of cells, each one with different morphology and function (Evert, 2008). The anatomical features of epidermal cells, stomata guard

cells, subsidiary cells and epidermal hairs or trichomes, present characters that can be analyzed for its taxonomic value. Leaf epidermal anatomy for *Lupinus* was studied by Golovchenko (1999) in five European, three American and two genetic hybrid taxa. Besides, scanning electronic microscope photographs of leaves hair types of two South American species were illustrated by Planchuelo and Dunn (1989) and the alkanes components of the epidermal waxes cuticle were analyzed in relation to plant environmental conditions and species taxonomy by Merino et al. (1999). In this paper epidermis cell characteristics, hair morphology and density on both surfaces of leaves and leaflets were investigated with the aim of exploring its taxonomic diagnostic value. The study was done with 10 *Lupinus* species natives in the South American Atlantic Sub-Region. This research is part of a new approach in a lupin project designed to provide a better understanding of the relationship between plant anatomy and species distribution, plant environmental conditions, species taxonomy and genus phylogeny.

MATERIAL AND METHODS

For this preliminary review several herbarium specimens from 10 species native to the Atlantic Sub-Region of South America (Planchuelo-Ravelo, 1984; Planchuelo, 1994) were selected. Pubescence on each side of leaf or leaflet blade was evaluated in dried materials with 20-40x magnifying lens and the hair density was codified according to Planchuelo and Carreras (2011), in a scale from 0 to 4 where: 0=glabrous; 1=scattered pubescent in nerves and borders; 2=scattered pubescent in all surface; 3=densely pubescent; 4=lanate. Only one well developed leaf or leaflet blade from a dried specimen was detached and used for the anatomical study in each species. The dry materials were placed in Petri dishes with warm water for a few minutes to soften the tissues until became unfolded. The middle portion of the soften leaf or leaflet was placed in a glass beaker filled with a 3% solution of potassium

In: B. Naganowska, P. Kachlicki, B. Wolko (eds.) 2011. 'Lupin crops – an opportunity for today, a promise for the future' International Lupin Association, Canterbury, New Zealand. ISBN 978-83-61607-73-1.

hydroxide and kept in hot water bath for about 20 minutes. Afterward the pieces were washed with distillate water and placed on a glass slide. Epidermal cells morphology was studied in hydrated material using the techniques of D'Ambrogio (1986). To observe the morphology of epi-

dermal adaxial surface, the leaflet pieces were placed on a glass slide with the abaxial surface in an upright position, then this epidermis and the mesophyll cells were scrapped out until only the adaxial epidermis was left and all the above tissue materials were removed with the help of a

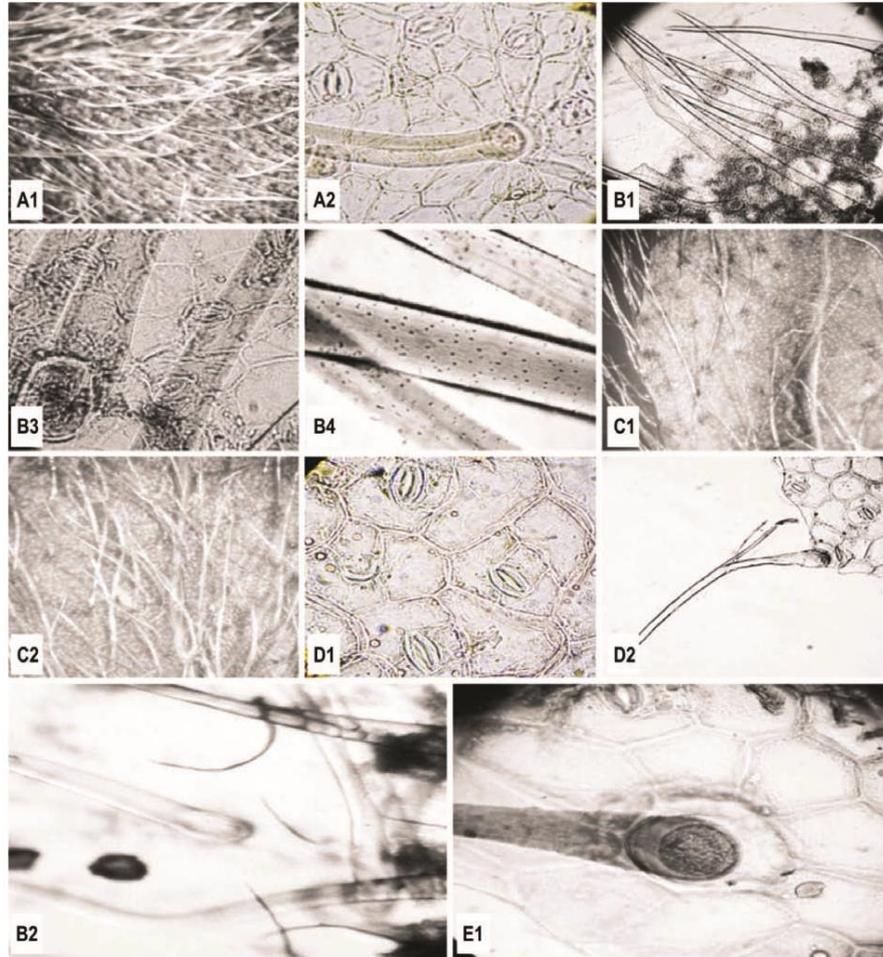


Figure 1. A. *L. albescens* Gilles: A1, general view, adaxial side, 40 \times ; A2, detail showing stomata and hairs on abaxial side, 400 \times .- B. *L. arenarius* Gardner: B1, general view of abaxial side, 100 \times ; B2, detail view of adaxial side showing portions bi-cellular hairs and three very small pluri-cellular hairs, 400 \times ; B3, detail of abaxial side showing stomata covering with the basal portion of bi-cellular hairs, 400 \times ; B4, detail view of cuticle ornamentation of apical portion in bi-cellular hairs, 600 \times .- C. *L. bracteolaris* Desr.: C1, general view of adaxial side, 40 \times ; C2, general view of abaxial side, 40 \times .- D. *L. coriaceus* Benth.: D1, general view of adaxial side, showing anisocytic stomata, 400 \times ; D2, detail view of long hair on abaxial side, 100 \times .- E. *L. crotalarioides* C. Mart. ex Benth.: E1, detail of basal portion of bi-cellular hair showing the radiate epidermis cells around the hair, 400 \times .

camel hairbrush. The remained transparent epidermis surface was turned upside down and stained with 1% safranin in 50% alcohol. The same procedure was done for the abaxial epidermis, by placing the treated leaf or leaflet pieces with the adaxial side in upright position. The extracted epidermis was mounted as a semi-permanent anatomical material to be observed under a light microscope. Micro-photographs were taken using a digital camera mounted on a Zeiss optical microscope. For each species the epidermis of adaxial and abaxial surface was analyzed and stomata structure and disposition, number of radiate cells around the trichomes, as well as the pubescence density and trichomes morphology were recorded.

RESULTS

Table 1, shows the epidermis characteristics of species with simple leaves, compound leaves, and a mixture of

both type of leaves from juvenile and adult plant. As it can be seen, the leaves of all studied species are amphistomatic with stomata present on both surfaces. Most of the species have only one kind of stomata, in *L. arenarius*, *L. bracteolaris*, *L. crotalaroides*, *L. gibertianus* and *L. linearis* the stomata are anomocytic which is characterized by indistinguishable epidermal cells surrounding each stoma, but in *L. coriaceus* they are anisocytic surrounded by three cells of which one is distinctly smaller than the other two. On the other hand, *L. albescens*, *L. magnistipulatus*, *L. paraguayensis* and *L. velutinus* present the combination of both types of stomata on both surfaces of leaves or leaflets blade.

Pubescence density varies widely. In few species the adaxial side was glabrous (codified=0) as *L. gibertianus* and *L. linearis* or with few or no hair at all as *L. coriaceus* (codified=0-1), meanwhile in all the other species, hair density ranges from scattered pubescence (codified=1-2)

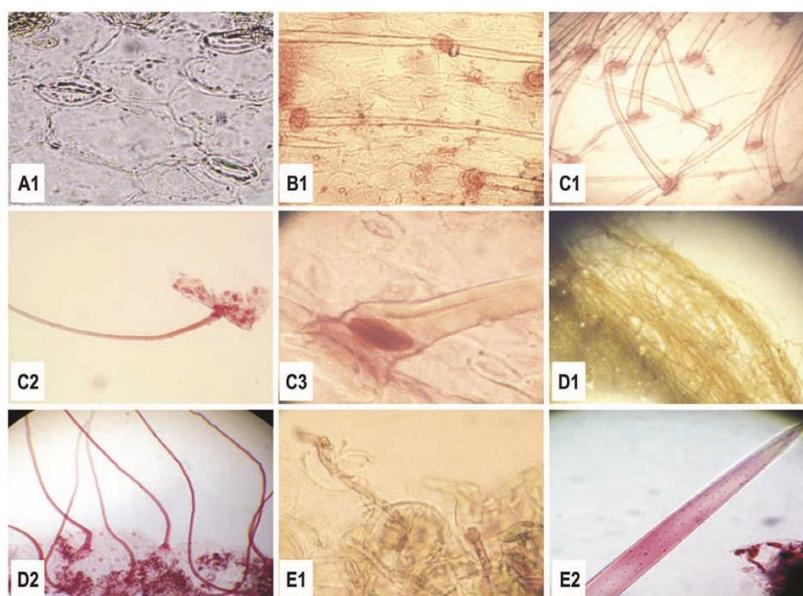


Figure 2. A, *L. gibertianus* C.P.Sm.: A1, view of stomata on glabrous adaxial side, 400 \times .- B, *L. linearis* Desr.: B1, general view of abaxial side showing few bi-cellular hairs, 100 \times .- C, *L. magnistipulatus* Planchuelo & Dunn: C1, general view of adaxial side showing bi-cellular hairs, 100 \times ; C2, detail bi-cellular hair separated from epidermis 100 \times ; C3, detail view of basal portion of bi-cellular hair, 400 \times .- D, *L. paraguayensis* Chodat & Hass.: D1, general view of abaxial face showing the hairs in the lanate pubescence, 40 \times ; D2, detail view of bi-cellular hairs, 100 \times .- E, *L. velutinus* Benth., E1, detail of one small pluri-cellular hair on abaxial side, 400 \times ; E2, detail of cuticle ornamentation of apical portion of bi-cellular hair, 400 \times .

Table 1. Epidermis characteristics of each studied species.

	Type of leaf characteristics	Stomata position	Stomata type	Pubescence density code		Number of radiate cells	Trichomes characteristics Type of hairs and length
				Adaxial	Abaxial		
<i>L. albescens</i>	Only compound leaves in adult plants and only pinnophyll simple	Amphistomatic	Anomocytic Anisocytic	3	3	12-13	bi-cellular short 200-250 µm long 1000-1200 µm
<i>L. arenarius</i>	Only simple leaves in adult plants	Amphistomatic	Anomocytic	3	3	8	bi-cellular short 380-590 µm long 1320-1900 µm pluri-cellular short 130-140 µm ornamented cuticle
<i>L. bracteolaris</i>	Only compound leaves in adult plant	Amphistomatic	Anomocytic	1-2	1-2	8-10	no short hairs present bi-cellular long 1200-3500 µm
<i>L. coriaceus</i>	Only simple leaves in adult plants	Amphistomatic	Anisocytic	0-1	0-1	8	bi-cellular short 400-470 µm long 900-1200 µm
<i>L. crocataliroides</i>	Only simple leaves in adult plants	Amphistomatic	Anomocytic	1-2	2	8	bi-cellular short 370-600 µm long 1200-1300 µm
<i>L. gibertianus</i>	Only compound leaves in adult plant	Amphistomatic	Anomocytic	0	1-2	10-12	bi-cellular short 200-240 µm long 800-900 µm
<i>L. linearis</i>	Only compound leaves in adult plant	Amphistomatic	Anomocytic	0	1-2	6	bi-cellular short 450-470 µm long 2300-2400 µm
<i>L. magnistipulatus</i>	Only compound leaves in adult plant, simple leaves in parent stage	Amphistomatic	Anomocytic & Anisocytic	3-4	4	10-12	bi-cellular short 300-900 µm long 2100-3000 µm
<i>L. paraguariensis</i>	Compound and simple leaves in adult plants	Amphistomatic	Anomocytic & Anisocytic	3-4	4	10-12	no short hairs present bi-cellular long 3500-4000 µm
<i>L. velutinus</i>	Only simple leaves in adult plants	Amphistomatic	Anomocytic & Anisocytic	4	4	8-10	pluri-cellular short 200 µm long 1600-2700 µm ornamented cuticle bi-cellular long 3500-4000 µm

as in *L. bracteolaris* to densely pubescent (codified=3) as in *L. arenarius*, while in *L. magnistipulatus* the pubescence was lanate (codified=4). The abaxial surface was always more hairy than the adaxial surface and in none of the species it was glabrous.

In all the species the trichomes are nonglandular. The more common hairs are bi-cellular with a basal cell at the level of other epidermal cells and an apical cell which has a basal globular structure with cell content, and a long acicular apical portion with a central clear channel. In *L. arenarius* and *L. velutinus* two kind of hair covers were found. One type of hair cover has the type of hair described before and the other has short soft and pluricellular hairs with multiple cells distributed in one straight line. The number of radiate cells at the base of each hair varies from eight to ten but in some species, such as *L. linearis*, there were only six of them and in other species 12 and 13 cells were found.

CONCLUSION

The epidermis tissue in each species shows a particular combination of characteristics in the stomata structure, as well as in their distribution. The pubescence density and the type of hairs, make epidermal features important taxonomic discrimination markers. In this study it was not possible to find any relationship between hair cover characteristics and environment condition protection; however, as it is known, the dense coating of hairs help to reflect solar radiation and it is usually a protective plant adaptation to reduce evaporation in hot and open habitat such as the ones in where *L. arenarius*, *L. magnistipulatus* and *L. velutinus* are growing. Additional research is underway to complete the analysis of other species and to establish possible morphological comparative features between species from other regions.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are indebted to the curators of the herbaria for allowing us to use leaf samples from herbarium specimens. Special thanks to Alejandro Barbeito for his help in the pictures and table setting.

REFERENCES

- Carlquist S. 1961. Comparative Plant Anatomy. Holt, Rinehart and Winston. NY.
- D'Ambrogio A. 1986. Manual de Técnicas de Histología Vegetal. Hemisferio Sur, Buenos Aires. 83 pp.
- Evert R. 2008. Esau Anatomía Vegetal., Omega. Barcelona. 640 pp.
- Golovchenko O.V. 1999. The morphology of the epidermis in some lupin species. In: van Santen, E., Wink M., Weissmann S., Röemer P. eds. Lupin, an Ancient Crop for the New Millenium. Proceed. 9th. Int. Lupin Conf.: 5-6.
- Merino E.F., Maestri D., Planchuelo A.M. 1999. Chemotaxonomic evaluation of leaf alkanes in species of *Lupinus* (Leguminosae). Biochem. Syst. and Ecol. 27 (3): 297-301.
- Planchuelo A.M. 1994. Wild lupins distribution and its implication as germplasm resources. In: Neves Martins J.M. and Beirao Da Costa M.L. (Eds.), Advances in Lupin Research: 65-69. ISA-Press. Lisboa. Portugal.
- Planchuelo-Ravelo A.M. 1984. Taxonomic Studies of *Lupinus* in South America. Proc. 3rd Inter. Lupine Conf.: 40-53, La Rochelle, Francia.
- Planchuelo A.M., Carreras M.E. 2011. Evaluación de la diversidad morfológica en *Crotalaria incana* L. (Fabaceae, Faboideae) una leguminosa silvestre de valor forrajero. Agriscientia 28: 39-49.
- Planchuelo A.M., Dunn D. 1989. Two new species of the *Lupinus lanatus* complex. Ann. Missouri Bot. Garden 76 (1): 303-309.

Morfoanatomía de las plántulas de dos especies de lupinos graníferos: *Lupinus albus* y *L. angustifolius* (Fabaceae, Faboideae)

Morphoanatomy of seedlings of two species of grain lupines: *Lupinus albus* and *L. angustifolius* (Fabaceae, Faboideae)

D.O.I.: doi.org/10.30550/j.lil/2018.55.1/6

Seisdedos, Lina^{1,2*}; Ana M. Planchuelo^{2*}

¹ Botánica Morfológica, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Pje. Félix Aldo Marrone 746, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.

² CREAN-IMBIV-COINICET-UNC, Fac. de Ciencias Agropecuarias, C.C. 509, (5000) Córdoba, Argentina.

* Autor correspondiente: linaseisdedos@gmail.com; aplanch@gmail.com

► **Resumen** — Se describe y compara la morfoanatomía de las plántulas de dos especies de lupinos graníferos (*Lupinus albus* L. y *L. angustifolius* L.). Para obtener las plántulas se sembraron 60 semillas por especie en terrinas con arena gruesa. A los 20 días de la siembra se seleccionaron 15 plántulas y se midieron los largos de hipocótilos, epicótilos, y largos y anchos de folíolos, que mostraron diferencias significativas, excepto en longitudes de los folíolos. Se realizaron preparados para microscopía óptica de epidermis y cortes transversales de raíz primaria, hipocótilo, epicótilo, peciolo y foliolo, que fueron analizados, diagramados y fotografiados. Ambas especies comparten la estructura diarca de raíz y las características de los folíolos anfiestomáticos, con estomas anomocíticos y con cara adaxial glabra. Las diferencias más notorias, son la presencia de una capa de colénquima laminar, un mayor número de haces vasculares en el hipocótilo y epicótilo de *L. angustifolius* y una vaina amilácea en el hipocótilo de *L. albus*. La forma cordada con lóbulos que emergen de un canal central en el peciolo de *L. angustifolius* reafirman similitudes morfológicas con *L. gibertianus*. Las mayores diferencias en los folíolos son el ancho y la estructura del mesofilo que es dorsiventral en *L. albus* e isobilateral en *L. angustifolius*. Se describe por primera vez para *Lupinus* la presencia de un epitricopodio en los tricomas tricelulares que cubren la cara abaxial de los folíolos. Las estructuras anatómicas fueron comparadas y discutidas con otras especies del género, con condiciones ambientales y modificaciones logradas por mejoramiento vegetal. Este trabajo sirve como base de conocimientos para futuras investigaciones sobre posibles relaciones entre los tejidos de sostén y de conducción y el comportamiento de las plantas ante la infestación de patógenos y estrés hídrico.

Palabras clave: anatomía vegetal; germinación; Leguminosae; lupines.

► **Abstract** — The morphoanatomy of seedlings of two cultivated grain lupines is described and compared (*Lupinus albus* L. and *L. angustifolius* L.). To obtain the seedlings, 60 seeds of each species were sown in terrines with a coarse sand substrate. After 20 days from sowing, 15 seedlings were selected and the lengths of hypocotyl, epycotyl were measured as well as, the length and width of leaflets, which showed significant differences except in the lengths

► Ref. bibliográfica: Seisdedos, L., Planchuelo, A. M. (2018) Morfoanatomía de las plántulas de dos especies de lupinos graníferos: *Lupinus albus* y *L. angustifolius* (Fabaceae, Faboideae). Lilloa 55 (1): 67-80.



► Recibido: 11/04/18 – Aceptado: 24/05/18

► URL de la revista: <http://lilloa.lilloa.org.ar>

► Algunos derechos reservados. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

of the leaflets. Optical microscope slides were done for the epidermis and cross-sections of primary root, hypocotyl, epycotyl, petiole and leaflet, the sections were analyzed, illustrated and photographed. Both species share the same structure of diarch root, glabrous adaxial face and anistomatics characteristics with anomocytic stomata in leaflets epidermal layers. The most noticeable differences between the species seedlings are the presence of a laminar collenchyma layer and the larger number of vascular bundles in the hypocotyl and epycotyl of *L. angustifolius* and a starchy layer sheath in the hypocotyl of *L. albus*. The cordate form and the two lobes emerging from a center channel in the petiole of *L. angustifolius*, reaffirm other morphological similarities with the species *L. gibertianus*. The major differences in the leaflets are the width and the structure of the mesophyll which is dorsiventral in *L. albus* and is isobilateral in *L. angustifolius*. The structure of an epitricopodium in tricellular trichomes are described for the first time for the genus *Lupinus*. The anatomical structures were compared and discussed with those of other species of the genus, with environmental conditions and with modifications by plant breeding. This work serves as a basic knowledge for further research to find if there are relationship between support tissues and transport system with the plant protection strategies against pathogen infections and water stress.

Key words: germination; lupins; Leguminosae; plant anatomy.

INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Lupinus* de origen europeo, conocidas vulgarmente con los nombres de lupinos, lupines, chochos o altramuces, se cultivan desde la antigüedad (Hort, 1916; Maurizio, 1932; Brehaut, 1933; Hedrick, 1972) como abono verde por ser mejoradoras de suelos arenosos y para la producción de granos de alto valor nutricional, para la alimentación humana y animal (Gladstones, 1974). En Sudamérica el chocho, tarwi o tarhui (*Lupinus mutabilis* Sweet) fue uno de los ingredientes en las dietas de los Incas y otras civilizaciones de las altiplanicies andinas de Perú, Bolivia y Ecuador (Antúnez de Mayolo, 1982; Jacobsen y Mujica, 2006; Tapia, 2015). En tiempos modernos, el cultivo de lupinos no prosperó al ritmo de otras leguminosas, por el sabor amargo y la toxicidad de los granos, debida a los contenidos de alcaloides quinolicidínicos, que obligan a realizar varios métodos de lavados (Mohr, 1988). El mejoramiento vegetal a través de los años, logró un sinnúmero de variedades dulces de las especies nativas de la Subregión Mediterránea (Planchuelo, 1994), entre ellas *Lupinus albus* L. (lupino blanco), *L. angustifolius* L. (lupino de hojas angostas) y *L. luteus* L. (lupino amarillo) y de la especie andina *L. mutabilis* Sweet (lupino andino, chocho o tarwi). Estas especies de lupinos se cultivan actualmente en varios países de climas templados fríos. Los granos

son usados en la alimentación humana con múltiples usos culinarios y las harinas para productos panificables y manufacturados (Planchuelo y Fuentes, 2005).

Los avances de las investigaciones sobre las especies de *Lupinus*, están plasmadas en los trabajos publicados en los Proceeding de las «International Lupin Conferences», cuyos tópicos considerados tratan sobre recursos genéticos, mejoramiento vegetal, composición química de plantas y semillas, aspectos agronómicos del cultivo, y nutrición humana y animal. La mayoría de los trabajos sobre características morfoanatómicas de *Lupinus* están incluidos en forma dispersa en los numerosos tratamientos de la familia Leguminosae y en los textos y manuales de Anatomía Vegetal como Metcalfe y Chalk (1950) y Esau (1982). Entre las publicaciones que tratan temas morfoanatómicos exclusivamente de *Lupinus* se pueden citar los de Compton (1912), Boas y Merckenschlager (1923); Holden y Chesters (1925), Dracup y Kirby (1996); Acuña y Planchuelo (1999); Golovchenko (2000); Briceño, Azócar, Farifias y Rada (2000); Petrova (2002); Seisedos y Planchuelo (2011, 2017) y Zamora-Natera y Terrazas (2012).

En Argentina no existen antecedentes de cultivos extensivos, salvo pequeñas superficies de *L. albus* destinadas a la industrialización de pickles, la comercialización de granos considerados medicinales y a la

producción de píldoras de usos terapéuticos para combatir el ácido úrico y el colesterol (Planchuelo, 2007).

El objetivo de este trabajo es dar a conocer la morfoanatomía de las plántulas de las dos principales especies de lupinos europeos (*Lupinus albus* y *L. angustifolius*), que fueron introducidas para estudios experimentales y como cultivos invierno-primaverales en los sistemas agrícolas de la pradera pampeana (Ravelo y Planchuelo, 1999, 2003, 2006, 2011; Ravelo, Planchuelo, Zanvetto, 1999; Ravelo, 2015; Ravelo, Zanvetto, Seisdedos, Maich, Sánchez, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas de los siguientes orígenes: para *Lupinus albus* la variedad Rex del fitomejorador von Baer de Temuco, Chile y para *L. angustifolius* la variedad Tango del Banco Nacional de Germoplasma de Polonia situado en «Wiatrowo Breeding Station», Polonia. Las muestras de semillas estuvieron almacenadas en contenedores a 5°C hasta el momento de la siembra. Para la germinación se tomaron 60 semillas al azar por especie, que fueron sembradas en tres repeticiones a razón de 20 semillas por terrinas de 20 x 30 cm, con un sustrato de arena comercial gruesa. Las terrinas fueron colocadas en una cámara de cultivo a 20° de temperatura, con un fotoperíodo de 8 h y con 16 h de oscuridad, según las recomendaciones del International Seed Testing Association (ISTA, 2012).

Se siguieron los mismos controles de humedad del sustrato con irrigación diaria de agua destilada, según las indicaciones de Planchuelo y Seisdedos (2015) para los ensayos en terrinas realizados con especies silvestres de *Lupinus*. A los 20 días de la siembra se seleccionaron 15 plántulas al azar (cinco de cada terrina) que fueron extraídas con un pan de sustrato. Las raíces se lavaron y se realizaron las mediciones de la elongación del hipocótilo, epicótilo y pecíolo con una regla flexible con precisión de 0,5 mm bajo lupa con 4x de aumento. Se seleccionó la tercera hoja y en el folíolo medio, se midió el largo y ancho

máximo (parte distal del folíolo oblancoado). Esas mismas plántulas se utilizaron para los estudios realizados en material fresco y se eligió la más representativa de la muestra de cada especie para ilustrar gráficamente su morfología (Fig. 1). El resto de las plántulas se conservó en FAA (formaldehído, ácido acético, etanol 96°) para el análisis morfoanatómico de cortes transversales de los órganos de las plántulas.

Con las plántulas recién extraídas, se realizaron las extracciones de las epidermis de las caras adaxial y abaxial de los folíolos por diversas técnicas histológicas, de raspado y breve macerado con hipoclorito de sodio, técnica de peeling (D'Ambrogio de Argüeso, 1986) y de peeling modificado (Zarlavsky, 2014). Las epidermis fueron teñidas con safranina y montadas en gelatina-glicerina. Se tomaron fotografías con microscopio óptico.

Se realizaron preparados semipermanentes de cortes transversales de la raíz primaria, hipocótilo, epicótilo, pecíolo y de la zona media del folíolo central del tercer nomofilo siguiendo las técnicas de D'Ambrogio de Argüeso (1986). Los cortes se teñieron con la doble coloración de azul astral para identificar la celulosa en las paredes primarias y con safranina para la identificación de la lignina en las paredes secundarias lignificadas (Schweingruber, 2007). Se utilizó una solución acuosa del reactivo de Lugol (yodo y yoduro de potasio) para la detección de almidón en los contenidos celulares.

Pequeños trozos de raíz primaria, hipocótilo, epicótilo, pecíolos y folíolos de las plántulas conservadas en FAA fueron deshidratados en una serie de concentraciones ascendentes de alcohol etílico/xilol, con la posterior inclusión en parafina (Johansen, 1940). Se realizaron cortes transversales de 12 a 14 μm de espesor con un micrótopo rotativo. Los cortes fueron teñidos con la doble coloración de azul astral y safranina y fueron montados con Bálsamo de Canadá sintético.

Los diagramas de los transcortes fueron realizados a escala mediante un tubo de dibujo adosado a un microscopio estereoscópico y la codificación de los tejidos es la

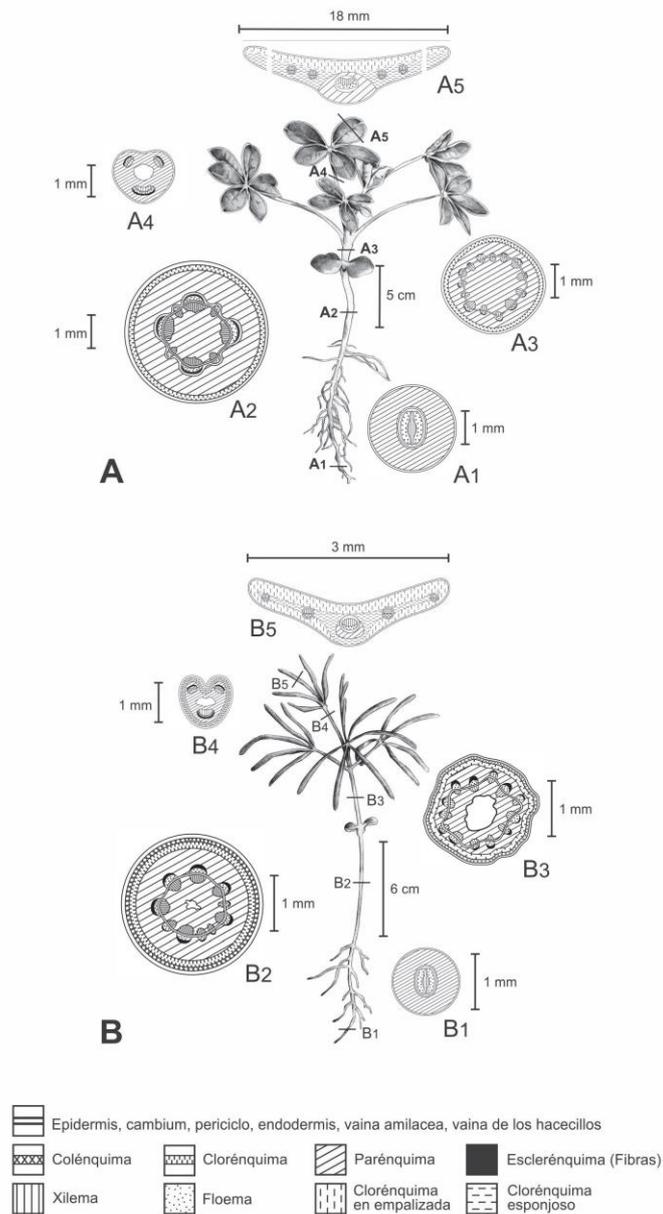


Fig. 1. Representación del estado de crecimiento promedio de las plántulas de *L. albus* (A) y *L. angustifolius* (B) a los 20 días después de la siembra y diagramas tisulares de las secciones transversales de los órganos según los patrones de Metcalfe & Chalk (1950), más esquemas especiales diseñados para el trabajo. A1, B1: Raíz primaria; A2, B2: Hipocótilo. A3, B3: Epicótilo. A4, B4: Pecíolo. A5, B5: Folíolo.

propuesta por Metcalfe y Chalk (1950) con el agregado de un diseño original para el clorénquima esponjoso de los folíolos. Para una mejor nitidez de los diagramas no se representaron los tricomas epidérmicos.

Todos los datos de mediciones fueron sometidos a un análisis estadístico para verificar si las diferencias de las medias aritméticas eran o no significativas, mediante el test de Tukey con el Programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. CARACTERÍSTICAS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS

Si bien la germinación comienza luego de la imbibición de la semilla cuando la radícula rompe la cubierta seminal en la zona hilar opuesta a la lente (Perissé, Planchuelo, Aiazzi, 2000); en las terrinas se hizo visible cuando parte del embrión afloró por encima del sustrato manteniendo una posición curva, porque los cotiledones eran empujados hacia arriba por el hipocótilo. En ambas especies la germinación es epigea, y perteneciente al tipo fanerocotilar según la clasificación de Duke y Polhill (1981) y de acuerdo a la clasificación de De Vogel, corresponden a los tipos morfológicos Sloanea, subtipo Sloanea (De Vogel, 1979, 1980) y al tipo Sophora según Ye (1983). La primera etapa del proceso de germinación es heterótrofa y los cotiledones reservantes proveen los nutrientes necesarios para el desarrollo de los primeros estadios de la plántula. A posteriori el hipocótilo se alarga manteniendo una posición curva hasta la emergencia de los cotiledones que retienen la cubierta seminal en forma de capuchón en su parte distal. Aproximadamente, a los 8 a 10 días después de la siembra, los cotiledones se liberan de la cubierta seminal, se separan entre sí, se expanden para dejar emerger al epicótilo y se tornan fotosintéticamente activos, dando comienzo a la etapa autótrofa.

El análisis cronológico del crecimiento de las plántulas mostró que las dos especies tienen un comportamiento similar. Luego de separados los cotiledones, aproximadamente

a los 15 a 18 días después de la siembra, el hipocótilo sigue creciendo mientras que el epicótilo se mantiene poco desarrollado, pero portando entre dos y tres hojas bien expandidas.

Ambas especies tuvieron un porcentaje de emergencia de plántulas normales del 100 % en todas las terrinas, lo que demuestra un buen estado sanitario de las semillas que está correlacionado con el vigor necesario para el establecimiento de la planta en sistemas de cultivo en concordancia con lo evaluado por (Perissé, Lovey, Planchuelo, 2006).

2. MORFOANATOMÍA DE LOS ÓRGANOS DE LAS PLÁNTULAS

La Fig. 1 muestra dibujos de plántulas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius* que son representativas de un estado de crecimiento promedio de 20 días después de la siembra. Se muestran también los diagramas tisulares de los cortes transversales de raíz, hipocótilo, epicótilo, pecíolo y folíolo. Como se puede observar hay diferencias de tamaño y estructuras entre las plántulas; las de *L. angustifolius* tienen órganos de mayor longitud que las de *L. albus*, pero toda la arquitectura de la plántula de esta última especie es más robusta. Estas diferencias pueden continuar siendo evidentes hasta el estadio de roseta basal y ser atribuidas a los tamaños de las semillas tal como lo describe Huyghe (1993). En el diagrama del folíolo de *L. albus*, (Fig. 1 A5) se realizaron dos interrupciones en la lámina debido al ancho del folíolo, que si fuera dibujado en su totalidad superaría el espacio de toda la ilustración.

La Tabla 1 muestra los valores promedios y los errores estándares de las longitudes de los hipocótilos, epicótilos, pecíolos y largo y ancho máximo de los folíolos medios de la tercera hoja, de una muestra de 15 plántulas de cada especie, a los 20 días de la siembra. Como se puede observar hay diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en todos los valores de los órganos evaluados, excepto en las longitudes de los folíolos.

Tabla 1. Características de las longitudes de hipocótilo, epicótilo, pecíolo y largo y ancho de los folíolos (media \pm desvío estándar expresado en cm). Letras minúsculas diferentes indican que hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias involucradas [test de Tukey, $p \leq 0,05$].

Especie	Hipocótilo	Epicótilo	Pecíolo	Largo de folíolo	Ancho de folíolo
<i>Lupinus albus</i>	5,19 \pm 0,36 a	1,25 \pm 0,31 a	7,39 \pm 0,49 a	3,37 \pm 0,40 a	1,83 \pm 0,33 a
<i>Lupinus angustifolius</i>	6,95 \pm 0,21 b	3,61 \pm 0,39 b	3,53 \pm 0,59 b	3,81 \pm 0,63 a	0,35 \pm 0,07 b

2.1. Estructura de la raíz.— La observación de las raíces a los 20 días luego de la siembra evidencia que *L. albus* consta de una raíz primaria bien desarrollada con un buen sistema de raíces laterales, en cambio el sistema radicular de *L. angustifolius* es menos desarrollado, con pocas raíces laterales, tal como fue señalado por Clemens, White, Buirchell (1993) (Fig. 1 A y B). Las raíces laterales son mucho más delgadas que la raíz principal coincidiendo con la típica estructura de un sistema alorizo de raíz pivotante (Dracup y Kirby, 1996). El mejor desarrollo radicular que presenta *L. albus* puede influir favorablemente en los rendimientos de granos como lo sugieren Del Canto, Osorio, Ruyayán, Lichtin, Maureira-Butler (2015).

Ambas especies tienen una estructura anatómica diarca que es típica de los lupinos anuales de grano y perennes silvestres (Compton, 1912; Boas y Merckenschlager, 1923; Holden y Chesters, 1925; Petrova, 2002), con el metaxilema central bien desarrollado, el protoxilema en los extremos y el floema que se encuentra a cada lado del xilema (Fig. 1. A1, B1 y Fig. 2A y B). El periciclo es una capa uniestratificada de células parenquimáticas, en posición externa al floema y forma un conjunto pluriestratificado frente a los polos del protoxilema. Por fuera del cilindro central está la endodermis con bandas de Caspary, que tiene tres capas en *L. albus* y dos capas en *L. angustifolius* coincidiendo exactamente con lo encontrado por (Petrova, 2002) (Fig.1, A1 y B1. Fig. 2 B). El parénquima cortical, con células poliédricas y grandes espacios intercelulares y la rizodermis, son semejantes en ambas especies (Fig. 2 A).

2.2. Estructura del hipocótilo.— Como se puede observar en la Tabla 1 los hipocótilos de *L. albus*, son más cortos que los de *L. angustifolius*, pero la mayor elongación no está correlacionada con un buen desarrollo radicular, lo que podría sugerir un debilitamiento en la arquitectura de la plántula tal como lo señalan Dracup y Kirby (1996).

El corte transversal del hipocótilo de *L. albus* (Fig. 1 A2) muestra una amplia médula central de células parenquimáticas, mientras que en *L. angustifolius* la parte central de la médula es hueca (Fig. 1 B2). El sistema vascular es similar en ambas especies y está representado por haces vasculares colaterales abiertos interconectados por un cambium inter-fascicular bien desarrollado. Cada haz vascular tiene un casquete de fibras que cubre al floema (Fig. 2C). Hacia afuera se encuentra el parénquima cortical que está rodeado por una capa de clorénquima que se hace visible en las plántulas que estuvieron expuestas a mayor cantidad de luz. Las características descriptas coinciden con los análisis de los sistemas vasculares de plántulas de varias especies de *Lupinus* realizadas por Compton (1912) y Holden y Chesters (1925) y difieren de lo encontrado en *L. nanus* Douglas ex Benth., originaria de California (Holden y Chesters, 1925). En *L. angustifolius* se observa una capa de colénquima laminar en posición subepidérmica. La capa periférica en ambas especies es la epidermis uniestratificada. Las diferencias más notorias, son la presencia de la capa de colénquima laminar y el mayor número de haces vasculares en *L. angustifolius* (Fig. 1 B2 y Fig. 2 E) y una vaina uniestratificada amilácea, que fue identificada por reacción con lugol, en la zona basal del hipocótilo de

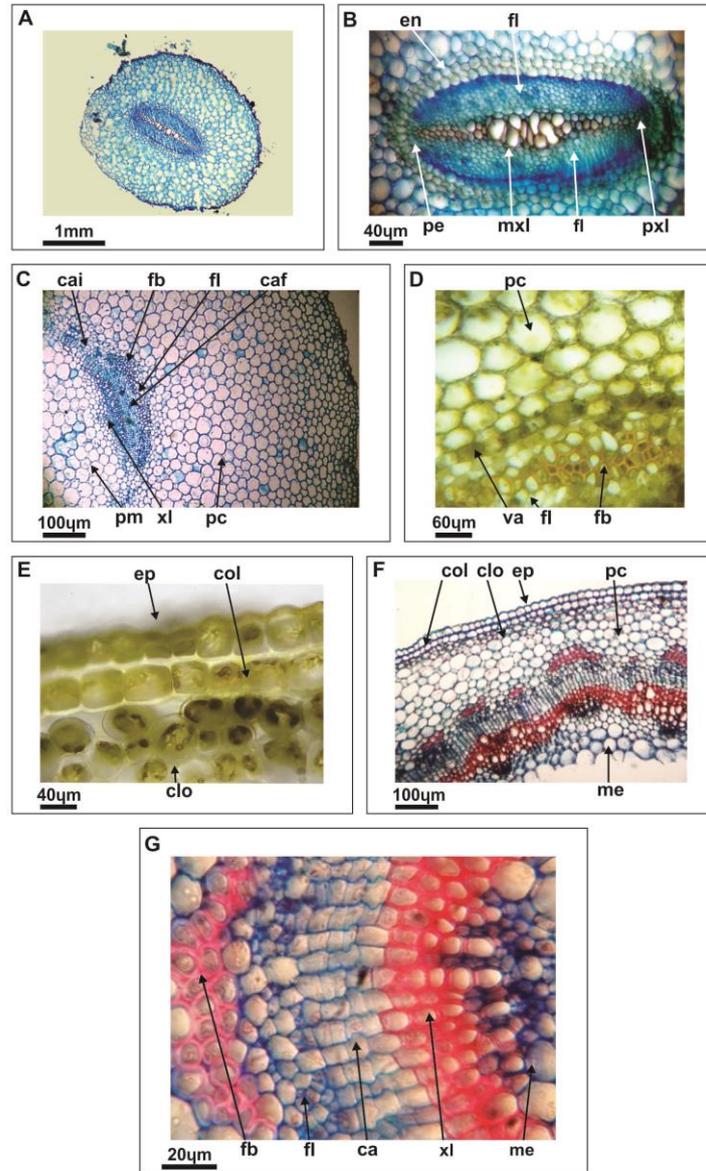


Fig. 2. Fotomicrografías de secciones transversales de raíz y tallo de plántulas. A-D). *L. albus*. E-G) *L. angustifolius*. A, B: Raíz primaria con detalle de cilindro central. C-E: Hipocótilo: Detalle de estela, médula y parénquima; detalle del parénquima y vaina amilácea; detalle de capa de colénquima. F, G: Epicótilo: Detalle de haces vasculares; detalle de un haz vascular. Referencias: ca, cambium; caf, cambium fascicular; cai, cambium interfascicular; clo, clo-rénquima; col, colénquima laminar; en, endodermis; ep, epidermis; fl, floema; fb, fibras; me, médula; mtx, metaxilema; pc, parénquima cortical; pe, periciclo; pm, parénquima medular; pxl, protoxilema; va, vaina amilácea; xl, xilema.

L. albus (Fig. 1 A2 y Fig. 2 D) tal como fue señalado por Acuña y Planchuelo (1999). La capa subepidérmica de colénquima contribuye a un sistema de sostén que le permite reforzar los tejidos del hipocótilo a *L. angustifolius* por ser de mayor elongación y menor diámetro que el de *L. albus*. Por otro lado, el almidón de la vaina amilácea, puede considerarse como un proveedor de nutrientes para una mayor formación de raíces laterales en *L. albus* con respecto a la plántula de *L. angustifolius*.

Falta comprobar si las diferencias estructurales entre ambas especies influyen en la resistencia al ataque del hongo *Rhizoctonia solani* cepa ZG3 que causa la enfermedad de la podredumbre del hipocótilo (Nelson y Delane, 1990).

2.3. Estructura del epicótilo.— El epicótilo de *L. albus* (Fig. 1 A3) muestra una amplia médula central de tejido parenquimático, mientras que en *L. angustifolius* la zona central es hueca. Los haces vasculares son iguales en su constitución pero de menor tamaño que los del hipocótilo (ver detalle en Fig. 2 G). Se graficó una capa de clorénquima que se observó en algunas plántulas que estaban más expuestas a la luz. El colénquima subepidérmico del hipocótilo también está presente en el epicótilo de *L. angustifolius* y está ausente en *L. albus* (Fig. 1 A3 y B3; Fig. 2 F y G).

2.4. Estructura del pecíolo.— El sistema vascular del pecíolo de ambas especies proviene de un nudo trilacunar que contiene tres haces vasculares bien diferenciados, dos pequeños y uno de mayor tamaño. En la zona central, el pecíolo presenta un espacio aéreo de origen lisígeno coincidiendo con lo observado por Zamora-Natera y Terrazas (2012). El corte transversal del pecíolo de *L. albus* (Fig. 1 A4, Fig. 3 A) tiene una pequeña escotadura poco profunda en la parte ventral a diferencia de *L. angustifolius* que presenta una forma cordada con dos lóbulos que emergen de un canal central (Fig. 1 B4, Fig. 3 B). Las características del pecíolo de *L. angustifolius*, reafirman otras similitudes morfológicas con la especie *L. gibertianus*

C.RSm., nativa de la Subregión Atlántica (Planchuelo, 1994), descritas por Planchuelo (1996) en un estudio comparativo entre especies de origen europeo y americano.

2.5. Estructura de los folíolos.— Como se puede observar en la Fig. 1, A y B todas las hojas son palmaticompuestas con folíolos que nacen de un punto común en la zona distal del pecíolo, en donde se juntan los pulvínulos que están en la base de cada uno de los folíolos. No hay una clara diferencia entre las hojas de las plántulas como para clasificarlas en protofilos y nomofilos, pero sí se evidenció que solo tienen cinco folíolos, mientras que en ambas especies las hojas de las plantas adultas tienen entre siete y nueve folíolos. Con respecto a los tamaños de los folíolos se pone en evidencia en la Fig. 1 (A5 y B5) y en la Tabla 1 que las diferencias más significativas están en los anchos, ya que los largos de los folíolos son aproximadamente iguales en ambas especies, mientras que el ancho de los folíolos de *L. albus* es aproximadamente seis veces mayor que el de los folíolos de *L. angustifolius*.

El corte transversal del folíolo de *L. albus* (Fig. 1 A4, Fig. 3 C) muestra una estructura de mesofilo de disposición dorsiventral con dos capas de clorénquima en empalizada hacia la cara adaxial, que se continúa a la altura de la nervadura media y cuatro capas de clorénquima esponjoso interrumpido por células parenquimáticas incoloras que rodean a la nervadura central y se extienden hasta la cara abaxial.

La estructura foliar de *L. angustifolius* (Fig. 1 B4, Fig. 3 D) es isobilateral con un clorénquima en empalizada de aproximadamente tres capas hacia la cara adaxial que se continúa a lo largo de todo el ancho del folíolo, un clorénquima esponjoso de poco espesor que se extiende a la altura de la nervadura media hacia la cara abaxial, y una o dos capas de clorénquima en empalizada hacia la cara abaxial, en donde las células están separadas por grandes espacios intercelulares. El hacecillo vascular de la nervadura central en ambas especies es colateral con xilema hacia la cara adaxial y floema

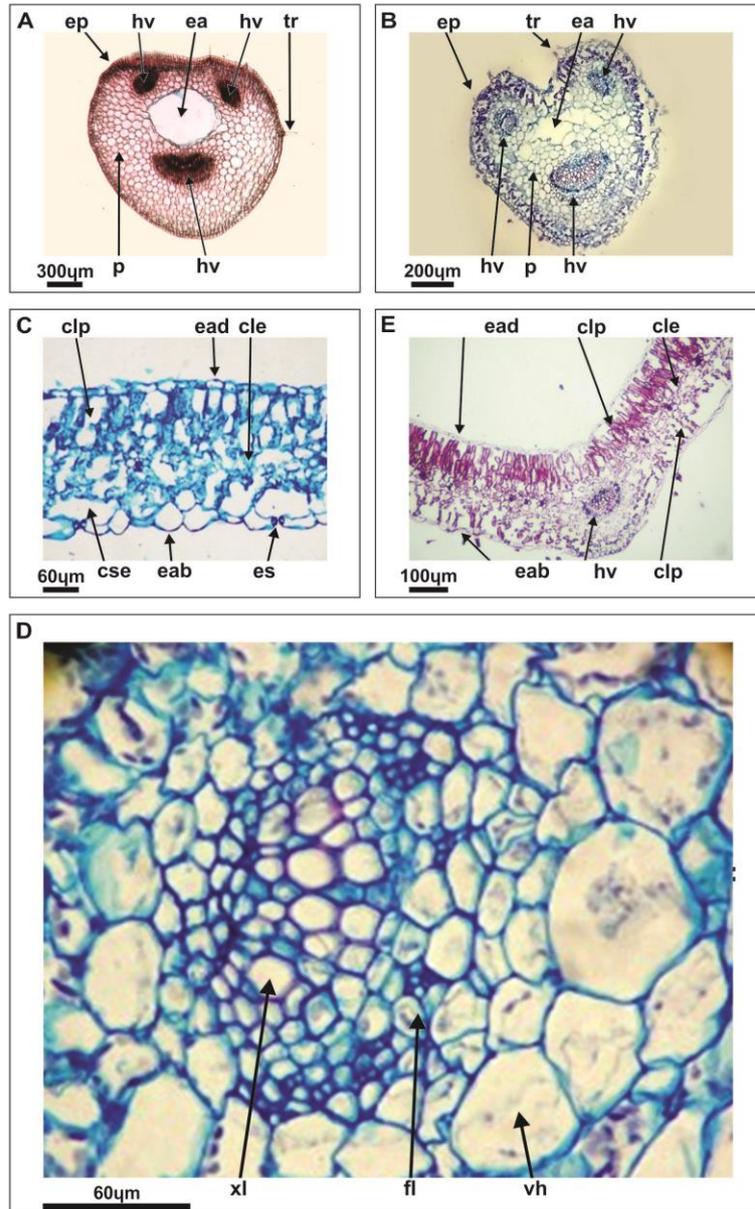


Fig. 3. Fotomicrografías de secciones transversales de hoja. A, C, D] *L. albus*. B, E] *L. angustifolius*. A, B: Pecíolo. C, E: Transcorte por lámina de foliolo. D: Transcorte mostrando un detalle del hacesillo medio. Referencias: cle, clorénquima esponjoso; clp, clorénquima en empalizada; cse, cámara subestomática; eab, epidermis abaxial; ead: epidermis adaxial; ea, espacio aéreo; ep, epidermis; es, estoma; fl, floema; hv, hacesillo vascular; p, parénquima; tr, tricoma; vh, vaina del haz; xl, xilema.

hacia la cara abaxial, posee grupos de fibras en relación al floema y está rodeado por una vaina de células parenquimáticas incoloras. Los hacecillos laterales son colaterales con pocos elementos conductores, sin fibras y también están rodeados de una vaina pequeña de células incoloras.

La epidermis adaxial de los folíolos de ambas especies es glabra con células de paredes poliédricas irregulares de contornos levemente ondulados (Fig. 4 A1, B1), en cambio la abaxial es pilosa, con tricomas adpresos, simples, tricelulares, formados por una célula basal globosa de mayor tamaño que las células epidérmicas, un epitricopodio de paredes engrosadas que se tiñen con safranina y una célula apical acicular (Fig. 4 C). Estas características de los tricomas se describen por primera vez para el género *Lupinus* y es una ampliación de las señaladas por Golovchenko (2000); Briceño *et al.* (2000); Seisdedos y Planchuelo (2011, 2017); Zamora-Natera y Terrazas (2012).

En *L. albus*, en vista superficial se observan entre nueve y diez células pentagonales que se disponen en forma radial en la base de los tricomas (Fig. 4. A2), mientras que en *L. angustifolius* las células que rodean a los tricomas son de forma irregular (Fig. 4 B2). Estos tipos de distribución de las células en la base de los tricomas fueron descritas por Seisdedos y Planchuelo (2011) y Zamora-Natera y Terrazas (2012), y según Stenglein, Arambarri, Colares, Novoa, Vizcaino (2003) pueden contribuir a la sistemática de los diferentes grupos taxonómicos de Fabaceae.

Los folíolos de ambas especies son anfiestomáticos y presentan mayormente estomas anomocíticos comunes en otros géneros de Fabaceae (Taia, 2004; Freire *et al.*, 2005) sin embargo, también se encontraron en ambas especies algunos estomas anisocíticos con tres células auxiliares lo que demuestra que este carácter de la epidermis no tiene un gran valor taxonómico. Los estomas están levemente hundidos en relación al nivel de las células epidérmicas en concordancia con lo observado por Golovchenko (2000), Seisdedos y Planchuelo (2011) y Zamora-Natera y Terrazas (2012).

Las características foliares observadas muestran que si bien los folíolos tienen la cara adaxial glabra y expuesta a las condiciones ambientales, las hojas tienen la posibilidad de plegar los folíolos para reducir el área expuesta a la radiación directa del sol, variando el turgor de las células de los pulvínulos tal como lo describen Jaramillo-Pérez, Quintanar-Isaías, Fraile-Ortega, Martínez-Bernal, Sepúlveda-Sánchez (2015) en las hojas compuestas de *Alvaradoa amorphoides* Liebm. El plegamiento de los folíolos le permite a la planta reducir la superficie de las hojas y los tricomas de la cara abaxial generan una protección que evita la plena exposición de la epidermis y disminuye los efectos del movimiento del aire que deseca la superficie (Jones, 1992; Ely y Torres, 2003; Yabuki, 2004). Estas características junto con los estomas levemente hundidos evitan el sobrecalentamiento que genera la atmósfera desecante (Medlyn *et al.*, 2001). Lo anteriormente expuesto fue observado durante el curso del crecimiento de las plántulas lo que demuestra una estrategia de control termohídrico de la plántula.

Las grandes diferencias en el ancho y estructura de los folíolos entre *L. albus* y *L. angustifolius* son típicas de las especies y se manifiestan desde los primeros primordios foliares hasta las hojas de la planta adulta, y según los estudios de Cowling, Buirchell, Tapia (1998), pueden estar relacionadas con los distintos tipos de domesticación de las especies.

CONCLUSIONES

Las diferencias morfoanatómicas encontradas entre las dos especies de *Lupinus*, descritas en estado de plántula muestran caracteres que pueden considerarse importantes en la estructura de la planta adulta como quedó manifiesto en el desarrollo del sistema radical en *Lupinus albus* respecto a *L. angustifolius*.

Este trabajo contribuye a identificar los tejidos normales de las especies en los estadios iniciales del desarrollo de la planta y sirve como base para futuras investigaciones

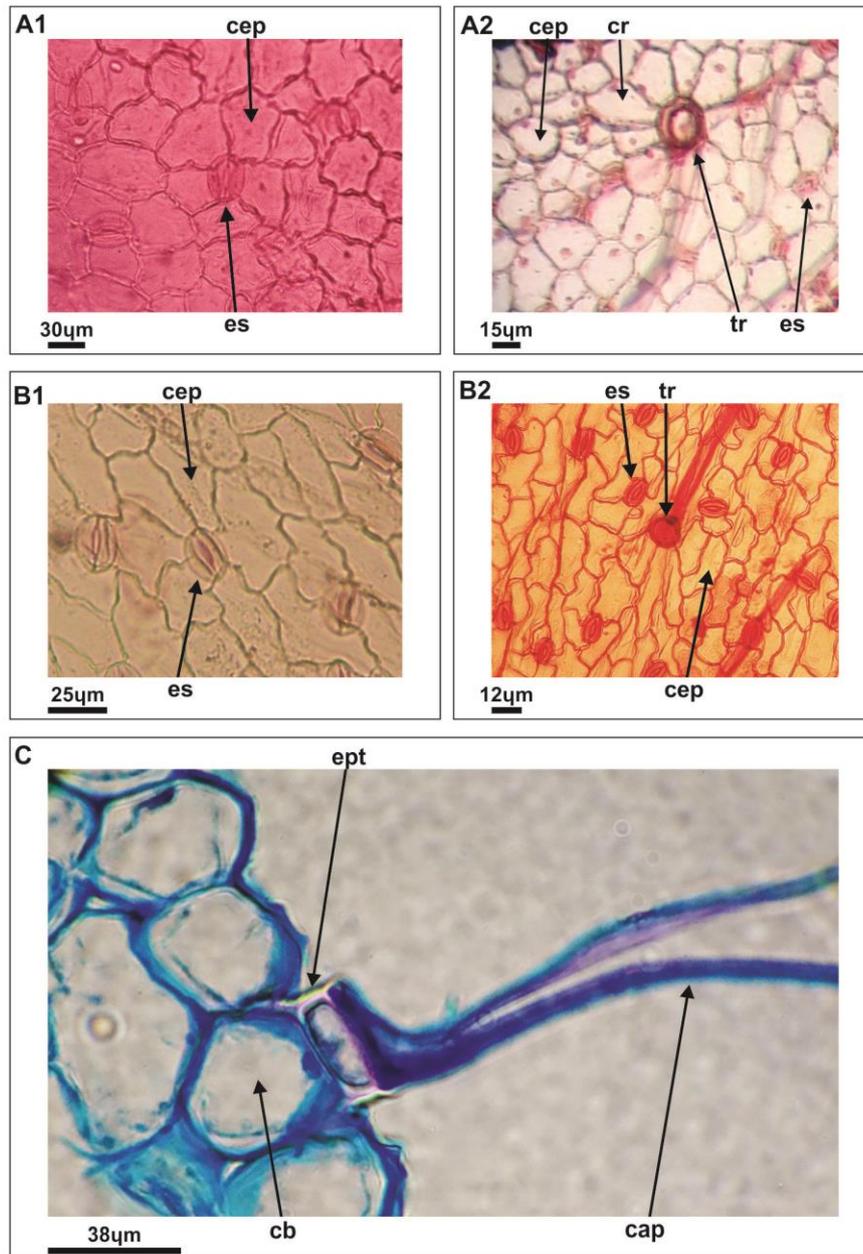


Fig. 4. Fotomicrografías de epidermis en vista superficial. A) *L. albus*. B) *L. angustifolius*. A1, B1: Epidermis adaxial. A2, B2: Epidermis abaxial. Referencias: cep, célula epidérmica; es, estoma; cr células radiales. C) Corte transversal del folíolo mostrando la epidermis y un tricoma tricelular. Referencias: cap, célula apical; cb célula basal; ept, epitricopodium.

sobre plántulas de otras especies de *Lupinus*. Se considera que los resultados pueden servir de soporte a los programas de mejoramiento vegetal y como patrones tisulares para determinar si existen relaciones entre los tejidos de conducción y de sostén y el comportamiento de las plantas ante el estrés hídrico y la infestación de patógenos.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al Dr. Prof. Bogdan Wolko del Institute of Plant Genetics de la Polish Academy of Science de Polonia y al Ing. Agr. y Fitomejorador Erik von Baer de «Semillas Baer» localizada en Gorbea, Provincia de Cautín en la Región de la Araucanía, Chile, por la gentileza de facilitar la obtención de las muestras de semillas con las que se realizaron los ensayos. Nuestro especial agradecimiento al diseñador Alejandro Barbeito por su apoyo en la confección de las ilustraciones de este trabajo y al personal de la biblioteca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, por su apoyo en facilitar las referencias bibliográficas solicitadas. Esta investigación fue subsidiada por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, N. y Planchuelo, A. M. (1999). Comparative morphology of lupin seedling. In: G. Hill (Ed.), *A crop for the Next Century. Proceeding International Lupin Conference*. (pp. 386-393) Christchurch: Lincoln University.
- Antúnez de Mayolo, S. (1982). Tarwi in Ancient Peru. In: R. Gross & E. S. Bunting (Eds.), *Agricultural and Nutritional Aspects of Lupines. Proceedings I International Lupin Conference, 1980* (pp. 2-11). Lima-Cuzco: International Lupin Association.
- Boas, F. y Merckenschlager, F. (1923). Die Lupine als Objekt der Pflanzenforschung. Morphologie, Anatomie, Physiologie und Pathologie der gelben Lupine: Berlin, Germany: Paul Parey.
- Brehaut, E. (1933). (Trad.) Cato, the Censor, on farming. New York, USA: Columbia University Press.
- Briceño, B., Azócar, A., Fariñas, M., y Rada, F. (2000). Características anatómicas de dos especies de *Lupinus* L. de los Andes venezolanos. *Pittieria* 1 (29-30): 21-35.
- Clemens, J. C., White, P. F. y Buirchell, B. J. (1993). The root morphology of *Lupinus angustifolius* in relation to other *Lupinus* species. *Australian Journal of Agricultural Research* 44: 1367-1375.
- Compton, R. H. (1912). An Investigation of the seedling structure in the Leguminosae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 41: 1-122.
- Cowling, W. A., Buirchell, B. J. y Tapia, M. E. (1998). Lupin. *Lupinus* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. *International Plant Genetic Resources Institute* 23: 1-105.
- D'Ambrogio de Argüeso, A. (1986). Manual de técnicas en histología vegetal. Buenos Aires, Argentina: Ed. Hemisferio Sur.
- Del Canto, G., Osorio, C., Rupayan, A., Lichtin, N. y Maureira-Butler, I. (2015). Assessing root variability, growth, morphology, and metabolite content, in a diverse germplasm collection of yellow lupin (*Lupinus luteus*, L.). In: J. Capraro, M. Duranti, C. Magni, A. Scarafoni (Eds.), *Developing Lupin Crop into a Major and Sustainable Food and Feed Source* (p. 42) Genoa: International Lupin Association.
- De Vogel, E. F. (1979). Morphological types in dicot seedlings, with reference to their origin. *Bulletin de la Société Botanique de France* 126. *Actualités Botaniques* 3: 173-182.
- De Vogel, E. F. (1980). Seedling of Dicotyledons: structure, development, types. Wageningen, Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. W. (2012). Grupo InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de <http://www.infostat.com.ar>.
- Dracup, M. y Kirby, E. J. M. (1996). Lupin Development Guide. Nedlands, Western Australia: University Western Australia Press.
- Duke, J. A. y Polhill, R. M. (1981). Seedlings of Leguminosae. In: R. M. Polhill & R. H. Raven (Eds.), *Advances in Legume Systematics Part 2* (pp. 941-949). Kew, England: Royal Botanical Garden.

- Planchuelo, A. M. (1996). Relationship between South American and European species of *Lupinus*. In: B. Pickergill & M. Lock (Eds.), *Advances in Legume Systematics, Legumes of Economic Importance* (pp. 109-116). Kew: Royal Botanical Garden.
- Planchuelo, A. M. (2007). Evaluación de los usos medicinales de las semillas de lupino blanco (*Lupinus albus* L.). *Boletín Latino del Caribe Plantas Medicinales Aromáticas* 6 (5): 213-215.
- Planchuelo, A. M. y Fuentes, E. (2005). El tarwi o chocho: Una de las principales fuentes de proteína vegetal de las comunidades indígenas de los Andes Centrales. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 7 (1): 159.
- Planchuelo, A. M. y Seisdedos, L. (2015). Germination of wild lupinus with ornamental features. In: J. Capraro, M. Duranti, C. Magni, A. Scaroni (Eds.), *Developing lupin crop into a major and sustainable food and feed source* (p. 24). Milán: International Lupin Association.
- Ravelo, A. C. (2015). Lupin and soybean global cropping evolution: lessons learned worldwide and in Argentina. In: J. Capraro, M. Duranti, C. Magni, A. Scaroni (Eds.), *Developing Lupin Crop Into a Major and Sustainable Food and Feed Source* (p. 18). Milán: International Lupin Association.
- Ravelo, A. C. y Planchuelo, A. M. (1999). Estimating growth stages in white lupin (*Lupinus albus* L.) In: G. Hill (Ed.), *A crop for the Next Century* (pp. 60-63). Christchurch: Lincoln University.
- Ravelo, A. C. y Planchuelo, A. M. (2003). Aptitud agroecológica de la pradera pampeana argentina para el cultivo del lupino blanco (*Lupinus albus* L.). *AgriScientia* 20: 35-44.
- Ravelo, A. C. y Planchuelo, A. M. (2006). Evaluation of agroecological conditions for selected cultivars of white lupin (*Lupinus albus* L.) in Argentina. In: E. van Santen & G. Hill (Eds.), *Where Old and New World Lupins Meet* (pp. 9-14). Guadalajara: International Lupin Association.
- Ravelo, A. C. y Planchuelo, A. M. (2011). Rainfall and temperature changes and drought occurrences redefine lupin crop zones in Argentina. In: B. Naganowska, P. Kachlicki & B. Wolko (Eds.), *Lupin crops an opportunity for today, a promise for the future* (pp.136-140). Poznan: International Lupin Association.
- Ravelo, A. C., Planchuelo, A. M., y Zanvetto, R. (1999). Zonificación agroecológica del lupino blanco (*Lupinus albus* L.) para la Provincia de Córdoba (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía* 19 (3): 243-450.
- Ravelo, A. C., Zanvetto, R., Seisdedos, L., Maich, R. y Sánchez, M. (2015). Field assessment of narrow leaf lupin (*Lupinus angustifolius* L.) in Córdoba. In: J. Capraro, M. Duranti, C. Magni, A. Scaroni (Eds.), *Developing lupin crop into a major and sustainable food and feed source* (p. 119). Milán: International Lupin Association.
- Seisdedos, L. y Planchuelo, A. M. (2011). Morphological studies of leaflets epidermis as a contribution for understanding *Lupinus* taxonomy and phylogeny. In: B. Naganowska, P. Kachlicki & B. Wolko (Eds.), *Lupin crops, an opportunity for today a promise for the future* (p. 33). Poznan: International Lupin Association.
- Seisdedos, L. y Planchuelo, A. M. (2017). Características foliares de cinco especies de *Lupinus* nativas de los valles interandinos. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 52 (Supl.): 30.
- Schweingruber, F. H. (2007). *Wood Structure and Environment*. Berlin-Heidelberg, Alemania: Springer.
- Stenglein, S. A., Arambarri, A., Colares, M. N., Novoa, M. C. y Vizcaino, C. E. (2003). Leaf epidermal characteristics of *Lotus* subgenus *Acmispon* (Fabaceae: Loteae) and numerical taxonomic evaluation. *Canadian Journal of Botany* 81: 933-944.
- Taia, K. W. (2004). Leaf characters within tribe *Trifolieae* (family Leguminosae). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7: 1463-1472.
- Tapia, M. E. (2015). El tarwi, lupino Andino. Tarwi, tauri o chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Lima, Perú: Fondo Italo Peruano.
- Yabuki, K. (2004). *Photosynthetic Rate and Dynamic Environment*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Ye, N. (1983). Studies on the seedling types of dicotyledonous plants (Magnoliophyta, Magnoliopsida). *Phytologia* 54: 161-189.
- Zamora-Natera, J. F. y Terrazas, T. (2012). Anatomía foliar y del peciolo de cuatro especies de *Lupinus* (Fabaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 687-697.
- Zarlavsky, G. E. (2014). *Histología vegetal. Técnicas simples y complejas*. Buenos Aires, Argentina: Sociedad Argentina de Botánica.

ANEXO 4

Posters Presentados en Reuniones Científicas en Relación a los Temas de Tesis

XXXIII Jornadas Argentinas de Botánica

Posadas - Misiones 7 al 10 de Octubre de 2011


CARACTERÍSTICAS EPIDÉRMICAS DE HOJAS DE ESPECIES DE LUPINUS DEL ESTE SUDAMERICANO

Leaf epidermis of Lupinus species from Eastern South America


Lina Seisedos & Ana María Planchuelo

CREAN-ACOR, Fac. Cs. Agropecuarias, UNCórdoba. CC 509, 5000 Córdoba, Argentina. liseise@agro.unc.edu.ar

INTRODUCCIÓN *Lupinus* es uno de los pocos géneros de Leguminosas con hojas palmaticompuestas, aunque 20 especies tienen hojas simples, una especie tiene hojas simples y compuestas en planta adulta y unas pocas tienen hojas simples solo en estado juvenil. Dado que las hojas son los órganos más diversificados de las Angiospermas (Carlquist, 1961), las características anatómicas pueden tener implicancias específicas de valor taxonómico. Por esa razón, se estudiaron las células epidérmicas, las características de estomas y tricomas y la densidad de la pubescencia en varias especies de *Lupinus* para aportar nuevos conocimientos a la clasificación y filogenia del género.

MATERIALES Y MÉTODOS Se estudiaron 10 especies nativas de la Subregión Atlántica Sudamericana: de hojas simples: *L. arenarius*, *L. velutinus*, *L. coriaceus*, *L. crotalarioides*; hojas simples y compuestas: *L. paraguayensis* y hojas compuestas: *L. albescens*, *L. bracteolaris*, *L. gibertianus*, *L. linearis* y *L. magnistipulatus*. Se trabajó con material de herbario hidratado y se extrajo la epidermis según técnicas de D'Ambrogio (1986). La densidad de la pubescencia fue codificada: 0=glabro; 1=esparcida en bordes y nervios; 2=esparcida en toda la superficie; 3=densa; 4=lanosa. Se tomaron microfotografías de estomas y tricomas en ambas caras.

RESULTADOS La Tabla 1 muestra los tipos de hojas y epidermis y las Figuras 1 y 2 ilustran las características de las células epidérmicas, estomas y tricomas de las cara adaxial (c.ad.) y cara abaxial (c.ab.). Las hojas tienen epidermis uniestrata, son anfiestomáticas, con estomas aniso y/o anocíticos. Solo *L. gibertianus*, *L. linearis* y *L. coriaceus* tienen la cara adaxial glabra, las otras especies tienen distintos grados de pubescencia. Todos los tricomas son e-glandulares con dos rangos de longitudes; cortos (200-600µm) y largos (800-4000µm), son bicelulares con una célula basal redondeada y una apical acicular, con base redondeada de denso contenido citoplasmático. *Lupinus arenarius* y *L. velutinus* tienen además tricomas cortos de no más de 200 µm, pluricelulares y uniseriados.

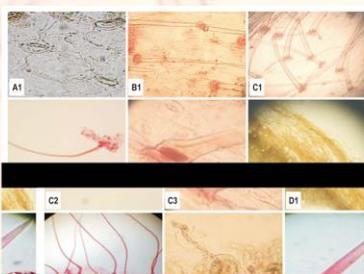


Fig. 1. A. *L. gibertianus*; A1, estomas c.ad. B. *L. linearis*; B1, c.ab. C. *L. magnistipulatus*; C1, c.ad.; C2, tricoma bicelular; C3, células basal y apical de tricoma bicelular. D. *L. paraguayensis*; D1, c.ab.; D2, tricoma bicelular. E. *L. velutinus*; E1, tricomas pluricelulares c.ab.; E2, ornamentación de célula apical de tricoma bicelular.

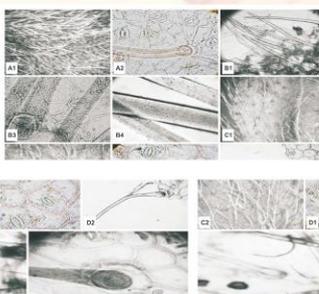


Fig. 2. A. *L. albescens*; A1, c.ad.; A2, estomas y tricomas c.ab. B. *L. arenarius*; B1, c.ab.; B2, c.ad. tricomas pluricelulares; B3, base de tricoma bicelular; B4, ornamentación tricomas bicelulares. C. *L. bracteolaris*; C1, c.ad.; C2, c.ab. D. *L. coriaceus*; D1, estomas anisocíticos c.ad.; D2, tricoma bicelular. E. *L. crotalarioides*; E1, células basal, apical y epidérmicas radiadas del tricoma bicelular.

TABLA 1

Especie	Tipo de hoja característico	Presencia de estomas	Tipo de tricoma	Densidad de pubescencia		Número de células radiadas	Características de los tricomas	
				Cara adaxial	Cara abaxial		Tipo de tricoma y longitud	Tipo de tricoma y longitud
<i>L. albescens</i>	Hojas compuestas bipinnadas	Abundantes	Anisocítico	1	1	10-10	Pubescentes, cortos 200-250µm	Pubescentes, cortos 200-250µm
<i>L. arenarius</i>	Hojas simples	Abundantes	Anisocítico	1	1	1	Pubescentes, cortos 200-250µm	Pubescentes, cortos 200-250µm
<i>L. bracteolaris</i>	Hojas compuestas bipinnadas	Abundantes	Anisocítico	1	1	10	Pubescentes, cortos 200-250µm	Pubescentes, cortos 200-250µm
<i>L. coriaceus</i>	Hojas simples	Abundantes	Anisocítico	1	1	1	Pubescentes, cortos 200-250µm	Pubescentes, cortos 200-250µm
<i>L. gibertianus</i>	Hojas compuestas bipinnadas	Abundantes	Anisocítico	1	1	10	Pubescentes, cortos 200-250µm	Pubescentes, cortos 200-250µm
<i>L. linearis</i>	Hojas simples	Abundantes	Anisocítico	1	1	1	Pubescentes, cortos 200-250µm	Pubescentes, cortos 200-250µm
<i>L. magnistipulatus</i>	Hojas compuestas bipinnadas	Abundantes	Anisocítico	1	1	10	Pubescentes, cortos 200-250µm	Pubescentes, cortos 200-250µm
<i>L. paraguayensis</i>	Hojas compuestas bipinnadas	Abundantes	Anisocítico	1	1	10	Pubescentes, cortos 200-250µm	Pubescentes, cortos 200-250µm
<i>L. velutinus</i>	Hojas simples	Abundantes	Anisocítico	1	1	10	Pubescentes, cortos 200-250µm	Pubescentes, cortos 200-250µm

CONCLUSIONES La epidermis de las hojas y folíolos de *Lupinus* demostró tener distintas combinaciones de características morfológicas de las células epidérmicas, de estomas y de distribución, densidad y tipo de tricomas que constituyen buenos marcadores discriminantes con valor taxonómico para la identificación de las especies.

REFERENCIAS: Carlquist S. 1961. Comparative Plant Anatomy. Holt, Rinehart and Winston. NY. - D'Ambrogio A. 1986. Manual de Técnicas de Histología Vegetal. Hemisferio Sur, Buenos Aires.

V Jornadas Integradas de Investigación y Extensión de la Fca-Unc 31 de Octubre-1 de Noviembre, 2012



Intercambio académico con instituciones europeas en el marco de una beca Cuarto Centenario, UNC

Seisedos L.¹, Planchuelo A.M.²

¹Botánica Morfológica, liseisde@agro.unc.edu.ar, ²CREAN, FCA

En el marco de una beca del Programa de movilidad internacional de profesores “Cuarto Centenario” de la Universidad Nacional de Córdoba obtenida por la primera autora, se logró obtener convenios de intercambio académico en 4 centros de investigación europeos.

Royal Botanic Gardens de Kew, Inglaterra Museo Botánico, Universidad de Berlín, Alemania

En el Herbario K, del Royal Botanic Gardens de Kew, Inglaterra y en el Herbario B, del Museo Botánico de la Universidad de Berlín, Alemania, se identificaron especies de las colecciones y se obtuvieron materiales de los ejemplares de *Lupinus* para estudios morfo-taxonómicos. Como complemento se recabó información sobre programas didácticos y de extensión de los centros de investigación y de los respectivos parques de los jardines botánicos.



Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Alemania Instituto de Genética Vegetal de Poznan, Polonia

En el Instituto de Farmacología y Biotecnología Molecular de la Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, el Director Dr. Michael Wink mostró sus numerosos laboratorios e invernáculos de investigación y cámaras de cultivo in-vitro. Ofreció sus instalaciones para acuerdos de intercambio de investigación y trabajos conjuntos con el CREAN, FCA-UNC.

En el Instituto de Genética Vegetal de Poznan, de la Academia Científica de Polonia, el Prof. Bogdan Wolko organizó entrevistas con investigadores y un seminario dictado por la segunda autora. Se visitó la Estación Experimental y Banco de Germoplasma en Wiatrowo y se obtuvieron semillas para estudios de germinación y plántula de especies de *Lupinus*



XXXIV Jornadas Argentinas de Botánica La Plata, 24 al 28 de Septiembre de 2013

CARACTERÍSTICAS EPIDÉRMICAS DE HOJAS DE ESPECIES DE LUPINUS DEL ESTE SUDAMERICANO

Leaf epidermis of *Lupinus* species from Eastern South America

Lina Seisedos & Ana María Planchuelo

CREAN-ACOR, Fac. Cs. Agropecuarias, UNCórdoba.CC 509, 5000 Córdoba, Argentina. liseisde@agro.unc.edu.ar

INTRODUCCIÓN *Lupinus* es uno de los pocos géneros de Leguminosas con hojas palmaticompuestas, aunque 20 especies tienen hojas simples, una especie tiene hojas simples y compuestas en planta adulta y unas pocas tienen hojas simples solo en estado juvenil. Dado que las hojas son los órganos más diversificados de las Angiospermas (Carlquist, 1961), las características anatómicas pueden tener implicancias específicas de valor taxonómico. Por esa razón, se estudiaron las células epidérmicas, las características de estomas y tricomas y la densidad de la pubescencia en varias especies de *Lupinus* para aportar nuevos conocimientos a la clasificación y filogenia del género.

MATERIALES Y MÉTODOS Se estudiaron 10 especies nativas de la Subregión Atlántica Sudamericana: de hojas simples: *L. arenarius*, *L. velutinus*, *L. coriaceus*, *L. crotalaroides*; hojas simples y compuestas: *L. paraguayensis* y hojas compuestas: *L. albescens*, *L. bracteolaris*, *L. gibertianus*, *L. linearis* y *L. magnistipulatus*. Se trabajó con material de herbario hidratado y se extrajo la epidermis según técnicas de D'Ambrogio (1986). La densidad de la pubescencia fue codificada: 0=glabro; 1=esparcida en bordes y nervios; 2=esparcida en toda la superficie; 3=densa; 4=lanosa. Se tomaron microfotografías de estomas y tricomas en ambas caras.

RESULTADOS La Tabla 1 muestra los tipos de hojas y epidermis y las Figuras 1 y 2 ilustran las características de las células epidérmicas, estomas y tricomas de las cara adaxial(c.ad.) y cara abaxial (c.ab.). Las hojas tienen epidermis uniestrata, son anfiestomáticas, con estomas aniso y/o anomocíticos. Solo *L. gibertianus*, *L. linearis* y *L. coriaceus* tienen la cara adaxial glabra, las otras especies tienen distintos grados de pubescencia. Todos los tricomas son e-glandulares con dos rangos de longitudes; cortos (200-600µm) y largos (800-4000µm), son bicelulares con una célula basal redondeada y una apical acicular, con base redondeada de denso contenido citoplasmático. *Lupinus arenarius* y *L. velutinus* tienen además tricomas cortos de no más de 200 µm, pluricelulares y uniseriados.

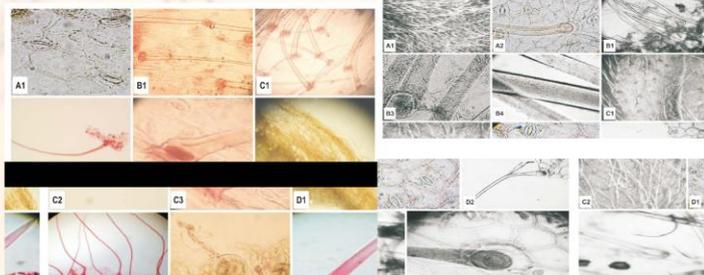


Fig. 1. A. *L. gibertianus*; A1, estomas c.ad. B. *L. linearis*; B1, c.ab. C. *L. magnistipulatus*; C1, c.ad.; C2, tricoma bicelular; C3, células basal y apical de tricoma bicelular. D. *L. paraguayensis*; D1, c.ab.; D2, tricoma bicelular. E. *L. velutinus*; E1, tricomas pluricelulares c.ab.; E2, ornamentación de célula apical de tricoma bicelular.

Fig. 2. A. *L. albescens*; A1, c.ad.; A2, estomas y tricomas c.ab. B. *L. arenarius*; B1, c.ab.; B2, c.ad. tricomas pluricelulares; B3, base de tricoma bicelular; B4, ornamentación tricomas bicelulares. C. *L. bracteolaris*; C1, c.ad.; C2, c.ab. D. *L. coriaceus*; D1, estomas anisocíticos c.ad.; D2, tricoma bicelular. E. *L. crotalaroides*; E1, células basal, apical y epidérmicas radiadas del tricoma bicelular.

TABLA 1

Especie	Tipo de hoja	Presencia de estomas	Tipo de estoma	Densidad de pubescencia		Número de células ciliadas	Características de las células ciliadas	Tipo de tricoma y longitud
				Cara adaxial	Cara abaxial			
<i>L. albescens</i>	Hojas compuestas palmaticompuestas	Adaxiales	Anisocítico	1	1	1-10	Tricomas uniseriados	Tricomas uniseriados de 200-300 µm
<i>L. arenarius</i>	Hojas simples	Adaxiales	Anisocítico	1	1	1	Tricomas uniseriados	Tricomas uniseriados de 200-300 µm
<i>L. bracteolaris</i>	Hojas compuestas palmaticompuestas	Adaxiales	Anisocítico	1-2	1-2	1-10	Tricomas uniseriados	Tricomas uniseriados de 200-300 µm
<i>L. coriaceus</i>	Hojas simples	Adaxiales	Anisocítico	1-1	1-1	1	Tricomas uniseriados	Tricomas uniseriados de 200-300 µm
<i>L. crotalaroides</i>	Hojas simples	Adaxiales	Anisocítico	1-1	1	1	Tricomas uniseriados	Tricomas uniseriados de 200-300 µm
<i>L. gibertianus</i>	Hojas compuestas palmaticompuestas	Adaxiales	Anisocítico	1	1-2	1-10	Tricomas uniseriados	Tricomas uniseriados de 200-300 µm
<i>L. linearis</i>	Hojas simples	Adaxiales	Anisocítico	1	1	1	Tricomas uniseriados	Tricomas uniseriados de 200-300 µm
<i>L. magnistipulatus</i>	Hojas compuestas palmaticompuestas	Adaxiales	Anisocítico	1-1	1-1	1-10	Tricomas uniseriados	Tricomas uniseriados de 200-300 µm
<i>L. paraguayensis</i>	Hojas compuestas palmaticompuestas	Adaxiales	Anisocítico	1-1	1-1	1-10	Tricomas uniseriados	Tricomas uniseriados de 200-300 µm
<i>L. velutinus</i>	Hojas simples	Adaxiales	Anisocítico	1	1	1-10	Tricomas uniseriados	Tricomas uniseriados de 200-300 µm

CONCLUSIONES La epidermis de las hojas y folíolos de *Lupinus* demostró tener distintas combinaciones de características morfológicas de las células epidérmicas, de estomas y de distribución, densidad y tipo de tricomas que constituyen buenos marcadores discriminantes con valor taxonómico para la identificación de las especies.

REFERENCIAS: Carlquist S. 1961. Comparative Plant Anatomy. Holt, Rinehart and Winston. NY.- D'Ambrogio A. 1986. Manual de Técnicas de Histología Vegetal. Hemisferio Sur, Buenos Aires.

XVI Congreso de Ciencias Morfológicas La Plata, 18 y 19 de Septiembre, 2014

CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE PLÁNTULA DE LUPINUS MUTABILIS SWEET (FABACEAE)



Selsdedos, L.; Planchuelo, A.M. y Sánchez, M.A.

Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN)
Facultad de Ciencias Agropecuarias – U.N.C. CC 509. Córdoba. linaseisdedos@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El estado de plántula es un período crítico en el establecimiento de un cultivo, por lo tanto, el conocimiento de las características morfoanatómicas puede servir de soporte para el mejoramiento vegetal.

La morfología de plántulas es un carácter que fue tenido en cuenta desde hace dos siglos en sistemas clasificatorios de la familia Leguminosae (Candolle, 1825) y sigue siendo un factor de consideración taxonómica en la actualidad. Desde el punto de vista evolutivo, Duke & Polhill (1981) precisaron que la conjunción de estructuras de las semillas y las plántulas pueden revelar datos relacionados con la evolución y las adaptaciones ecológicas de cualquier grupo de leguminosas.

L. mutabilis Sweet es una proteolaginoso cultivada desde tiempos prehispánicos en Bolivia, Perú y Ecuador. En la actualidad se cuenta con variedades libres de alcaloides y su cultivo se extiende a regiones fuera de su lugar de origen.

En esta presentación se describen e ilustran las características anatómicas de las partes constitutivas de una plántula de *L. mutabilis*, con el objetivo de conformar un patrón de tejidos de una plántula normal que pueda servir para ser comparado con estructuras de otras especies y con modificaciones atribuidas a efectos de condiciones adversas o infección de patógenos.

MATERIALES y MÉTODOS

Se usaron semillas del fitomejorador von Baer de Temuco, Chile. La germinación se realizó en terrinas con suelo franco-arenoso colocadas en ambiente con temperaturas y riegos controlados. Se extrajeron muestras de plántulas con dos nomofilos que se conservaron en FAA hasta el momento de su estudio. Se realizaron preparados permanentes de cortes transversales de raíz, hipocótilo, epicótilo y folíolo medio del primer eofilo que fueron teñidos con safranina-azul astral, siguiendo las técnicas de D'Ambrógio de Argüeso (1986).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

La **raíz**, a los 10 días de germinación es claramente diarca pero con muestras de un rápido paso a crecimiento secundario. Se visualiza la endodermis y una o dos capas de periciclo.

El **hipocótilo** presenta una eustela con cuatro haces vasculares, casquete de fibras poco lignificadas sobre el floema e incipiente desarrollo secundario.

El **epicótilo** muestra una eustela completa, cinco capas de células cambiales y fibras del floema primario lignificadas.

El **folíolo** tiene una estructura dorsiventral con dos capas de parénquima en empalizada, cuatro capas de parénquima esponjoso y grupos de fibras extra-floemáticas. La epidermis adaxial tiene células rectangulares homogéneas y la abaxial presenta células redondeadas heterogéneas y estomas levemente hundidos.



Fig. 1: Plántula de *Lupinus mutabilis* Sweet

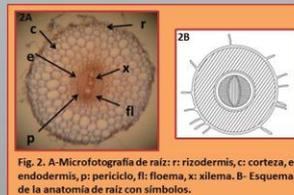


Fig. 2. A-Microfotografía de raíz: r: rizodermis, c: corteza, e: endodermis, p: periciclo, fl: floema, x: xilema. B-Esquema de la anatomía de raíz con símbolos.

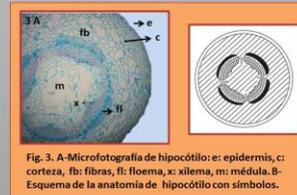


Fig. 3. A-Microfotografía de hipocótilo: e: epidermis, c: corteza, fb: fibras, fl: floema, x: xilema, m: médula. B-Esquema de la anatomía de hipocótilo con símbolos.

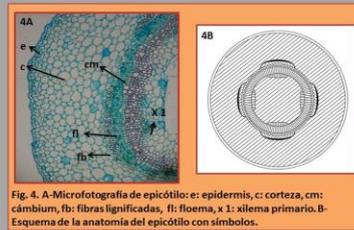


Fig. 4. A-Microfotografía de epicótilo: e: epidermis, c: corteza, cm: cámbium, fb: fibras lignificadas, fl: floema, x: xilema primario. B-Esquema de la anatomía del epicótilo con símbolos.

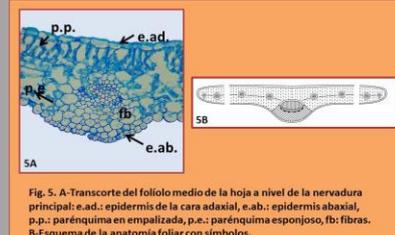


Fig. 5. A-Transcorte del folíolo medio de la hoja a nivel de la nervadura principal: e.ad.: epidermis de la cara adaxial, e.ab.: epidermis abaxial, p.p.: parénquima en empalizada, p.e.: parénquima esponjoso, fb: fibras. B-Esquema de la anatomía foliar con símbolos.

Estas estructuras anatómicas son equivalentes a las de las plántulas normales de *Lupinus albus* y *L. luteus*, no así con las de *L. angustifolius* que presentan folíolos con estructuras isolaterales.

BIBLIOGRAFÍA CITADA:

- Candolle, A.P. de (1825). De la germination del Légumineuses. Mémoires de la famille des Légumineuses: 61-122.
D'Ambrógio de Argüeso, A. (1986). Manual de Técnicas en Histología Vegetal. Ed. Hemisferio Sur, Bs. As. Argentina.
Duke, J.A. and Polhill, R.M. (1981). Seedlings of Leguminosae. In Polhill, R.M. and Raven, P.H. Advances in Legume Systematics Part 2: 941-949.

Subsidiado por la Secretaría de
Ciencia y Técnica de la
Universidad Nacional de Córdoba

XXXV Jornadas Argentinas de Botánicas, 23 al 26 de Septiembre de 2015, Salta 2015



RELACIONES MORFO-FISONÓMICAS ENTRE *LUPINUS* DEL ESTE SUDAMERICANO.



Morpho-fisonomic relationship between *Lupinus* from Eastern South America

Lina Seisdedos y Ana M. Planchuelo

CREAN-IMBIV-CONICET-UNC, Facultad Ciencias Agropecuarias, CC 509, 5000 Córdoba.

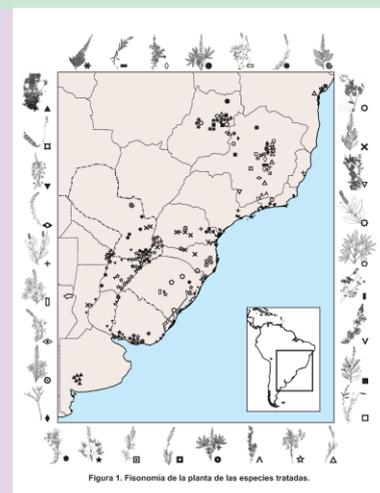
INTRODUCCIÓN

El género *Lupinus* comprende aproximadamente 600 especies en su mayoría distribuidas en el continente Americano desde Alaska hasta Tierra del Fuego. Un estudio de evaluación de la distribución de las especies a nivel mundial (Planchuelo 1994) estableció para Sudamérica dos Subregiones: La Subregión Andina a lo largo de los Andes, noroeste y Patagonia Argentina y la Subregión Atlántica que comprende las zonas costeras y planalto brasileño, Paraguay, Uruguay, noreste argentino y provincia de Buenos Aires. Las especies de esta última Subregión fueron tratadas taxonómicamente entre otros trabajos, en las siguientes publicaciones: Planchuelo & Dunn, (1984, 1989), Monteiro & Gibbs (1986), Lewis (1987), Planchuelo (1996, 2011), (Planchuelo & Fuentes (2001, 2005), Pinheiro & Miotto (2001, 2005), Seisdedos & Planchuelo (2011).

MATERIALES Y MÉTODO

Se evaluaron numéricamente 50 caracteres de importancia taxonómica en 33 especies de *Lupinus* nativas de la Subregión Atlántica, del Este Sudamericano. Se utilizaron materiales tipos y ejemplares de herbario así como observaciones a campo. Se realizaron al menos 10 mediciones de los largos y anchos máximos y mínimos de órganos vegetativos y florales. Las observaciones fueron realizadas

con 10-15x aumentos y los registros con una precisión de 0,1mm. Se codificó con escalas numéricas, la presencia o ausencia de órganos (ej. hojas simples, estipulas) y la pubescencia en todas las superficies. En la matriz se registraron las medias aritméticas para las variables continuas y la moda para las discretas. En el análisis se usó un coeficiente de distancia y el conglomerado usando UPGMA.



Referencias de signos y nombre de especies:

- *Lupinus albescens*
- *L. amabayanensis*
- *L. arenarius*
- ▲ *L. attenuatus*
- ▲ *L. aureoventris*
- *L. bracteolaris*
- *L. comptus*
- ▲ *L. contuberosus*
- *L. crocatoriolides*
- *L. decurrens*
- *L. duseianus*
- *L. elaphoglossum*
- ▼ *L. gibertianus*
- × *L. guerenotianus*
- *L. magnis*
- *L. levingatus*
- *L. lanatus*
- ★ *L. linearis*
- *L. magnistipulatus*
- *L. multiflorus*
- *L. ovalifolius*
- *L. paranensis*
- *L. paraguayensis*
- *L. parvifolius*
- *L. procerus*
- ▼ *L. regnellianus*
- *L. rubriflorus*
- ▲ *L. russellianus*
- ▲ *L. selkowiensis*
- *L. sessilis*
- *L. subsesalis*
- *L. velutinus*
- ▼ *L. ulneanus*

Figura 1. Fisonomía de la planta de las especies tratadas.

RESULTADOS

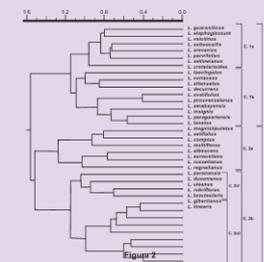
La Figura 1 muestra la distribución geográfica y un diagrama de la fisonomía de la planta de las especies estudiadas, y la Figura 2 muestra el fenograma obtenido mediante el análisis de conglomerados utilizando una matriz de datos de 50 caracteres morfológicos para las 33 especies estudiadas.

El fenograma mostró dos conglomerados:

- ▶ El conglomerado C1 contiene 14 especies de hoja simple. Esta conformado por dos grupos, el C1a, con las seis especies que carecen de peciolo y el C1b, con las restante ocho con peciolo y estipulas.
- ▶ El conglomerado C2 esta formado por el C2a, con seis especies de hojas compuestas en la planta adulta y hojas simples en estados

juveniles y el C2b con 13 especies con sólo hojas compuestas.

- ▶ De las especies mencionadas en la bibliografía citada la única que no se trató es *Lupinus reitzii* Pinheiro & Miotto por considerarse un taxón sinónimo de *Lupinus magnistipulatus* Planchuelo & Dunn.



CONCLUSIONES

Los caracteres foliares influyeron en la separación de los principales conglomerados mientras que los caracteres florales sirvieron para separar complejos taxonómicos como el de *Lupinus gibertianus* con otras especies anuales (*Lupinus bracteolaris* Desr., *Lupinus linearis* Desr., *Lupinus rubriflorus* Planchuelo) y perennes (*Lupinus duseianus* C.P.Sm., *Lupinus paranensis* C.P.Sm., *Lupinus regnellianus* C.P.Sm., *Lupinus russellianus* C.P.Sm., *Lupinus ulneanus* C.P.Sm.).

BIBLIOGRAFÍA CITADA:

Lewis 1987 Legumes of Bahia 369 pp; Monteiro, Gibbs 1986. A taxonomic revision of the unifoliate species of *Lupinus* (Leguminosae) in Brazil, N. Royal Bot. Gard. Edinb. 64(1):71-104; Pinheiro, Miotto 2001 Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul, Fasc. 27, Género *Lupinus* L. Bol. Inst. Bioci. UFEdR. Grande Sul 60:1-102; Pinheiro, Miotto 2005 *Lupinus reitzii* (Fabaceae-Faboideae) a new species of the *Lupinus lanatus* complex from southern Brazil, Novon 15: 346-349; Planchuelo 1996 A new species of *Lupinus* (Fabaceae: Lupininae) from southeastern Brazil, Brittonia, 48(2):263-265; Planchuelo 2011 Reviews of the challenges for understanding the South American *Lupinus* species, In: *Lupinus* crops an opportunity for today, a promise for the future. Pp 27-32; Planchuelo, Dunn 1984 The simple leaved *Lupinus* and their relatives in Argentina. Ann. Mis. Bot. Garden 71 (1):92-103; Planchuelo, Dunn 1989 Two new species of the *Lupinus lanatus* complex. Ann.Mis.Bot. Garden 76(1):303-309. Planchuelo, Fuentes 2001 Taxonomic evaluation and new combinations in *Lupinus gibertianus*-*L. linearis* complex (Fabaceae) NOVON 11:442-450; Seisdedos, Planchuelo 2011 Morphological studies of leaflets epidermis as a contribution for understanding *Lupinus* taxonomy and phylogeny, In: *Lupinus* crops an opportunity for today, a promise for the future. Pp 43-47.

XIV International Lupin Conference, Milan, 21-26 June 2015

Field assessment of narrow leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) in Córdoba, Argentina.

Andres Ravelo¹, Roberto Zanvettor¹, Lina Seisdedos¹,
Ricardo Maich², Miguel Sánchez²

¹CREAN-CONICET, ²Facultad Ciencias Agropecuarias, UNC, CC. 509, 5000 Córdoba. ravelo43@gmail.com

INTRODUCTION

Field research on lupine crop was carried out in the Argentine Pampas for introducing sweet white lupin (*Lupinus albus* L.) varieties considering agricultural and climatic conditions of the region and an agro-ecological zoning map for early, average and late maturity varieties was generated (1). However, anthracnose was a significant limiting factor for the crop expansion. Therefore, in order to overcome it new experimental plots of sweet narrow leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) cultivars were carried out.



FIGURE 1 . Plot view of lupin crops sowed in April, 2014.

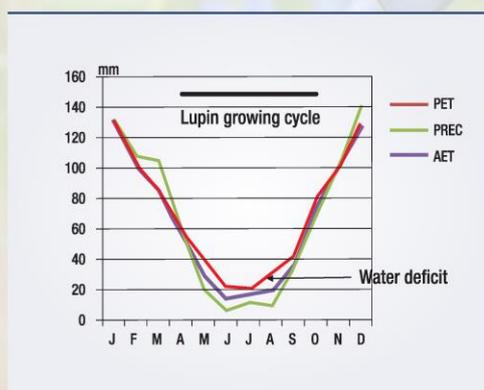


FIGURE 2. Variables evapotranspiration and precipitation for the lupin trial site showing the water deficit during the crop cycle.

MATERIAL AND METHODS:

In 2013 a field selection process was carried out for six cultivars of sweet narrow leaved lupin which were provided by a Polish seed company. The cultivar Caro had the best performance and it was used in 2014 in a randomized split plot design with two planting dates. (Fig. 1) The climatic conditions during the crop cycle are shown in Fig. 2.

RESULTS AND DISCUSSION

Cultivar Caro showed different phenological responses (Table 1) depending on sowing dates. First planting (24/04/14) produced 2996 kg/ha while the second planting (24/5/2014) produced 1831 kg/ha. Early planting yield was almost double the yield for the May planting. There is plant structure difference for the first and second sowing dates as shown in Fig. 3.

Although grain yields for narrow leaved lupin are comparatively lower than white lupin varieties, narrow leaved lupin strives better with water deficit during the crop cycle (Fig. 2).

TABLE 1. Crop stages for 1st. and 2nd. sowing dates in 2015

Crop stages	1st. Sowing date	2nd. Sowing date
Sowing	April 24	May 24
Emergency	May 3	June 5
Flowering	July 4	August 28
Pod setting	July 11	September
Harvest	October 9	November 8

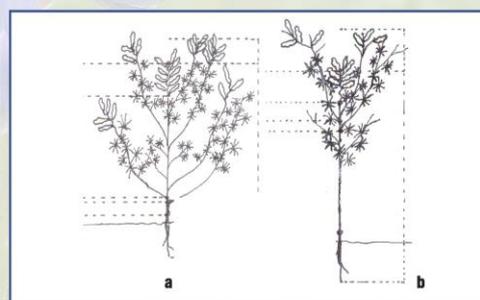


FIGURE 3. Plant structure differences for first (a) and second (b) planting.

REFERENCES

(1) Ravelo A., Planchuelo, A. & Zanvettor, R., 1999. Zonificación agroecológica del lupino blanco (*Lupinus albus* L.) para la Provincia de Córdoba (Argentina). Revista Facultad de Agronomía 19 (3):243-450.

XXXVI Jornadas Argentinas de Botánica Mendoza 18-22 Septiembre 2017



CARACTERÍSTICAS FOLIARES DE CINCO ESPECIES DE *LUPINUS* NATIVAS DE LOS VALLES INTERANDINOS

Morphological characteristics of five species of *Lupinus* natives in the Inter-Andean valleys

Seisdedos, L. 1 & Planchuelo, A.M. 2

1-FCA-UNC-CREA-IMBIV-CONICET 2-CREA-IMBIV-CONICET-FCA-UNC

INTRODUCCIÓN

El análisis de caracteres foliares en el género *Lupinus* ha sido mencionado como un aporte valioso para interpretar las interrelaciones genéticas de las especies como marcadores discriminantes de plantas silvestres. El objetivo del presente trabajo es dar a conocer las características foliares de cinco especies de *Lupinus* nativas de la Subregión Andina que se extiende por encima de los 1500 msnm, a lo largo de la cordillera de los Andes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las especies seleccionadas fueron: *L. alivillosus*, *L. grisebachianus*, *L. ignobilis*, *L. lespedezoides* y *L. magniflorus*. Se trabajó con materiales de herbario que fueron analizados con las técnicas convencionales de microscopía óptica y electrónica de barrido. La densidad de la pubescencia fue codificada: 0=glabra; 1=esparcida en bordes y nervios; 2=esparcida en toda la superficie; 3=densa; 4=lanosa. Se realizaron extracciones de epidermis mediante la utilización de la cinta bifaz para observar las características de las células epidérmicas y de estomas. Se calculó el índice estomático. Se confeccionaron cortes transversales de los folíolos previamente hervidos en agua durante 1 o 2 minutos según la consistencia del material. Se analizó la anatomía del mesofilo.

RESULTADOS

En todos los casos se presentaron tricomas simples tricolulares formados por una célula basal redondeada de paredes delgadas ubicada a la altura de la epidermis cubierta por otra célula de paredes muy gruesas. Completa la estructura una célula apical acicular con base redondeada y denso contenido citoplasmático. Los tricomas pueden ser cortos (200-600µm) o largos (800-400µm). *L. ignobilis* y *L. magniflorus* presentaron la cara adaxial glabra, las otras especies tienen distintos grados de pubescencia desde 2 a 4 según el código establecido (Fig.1)

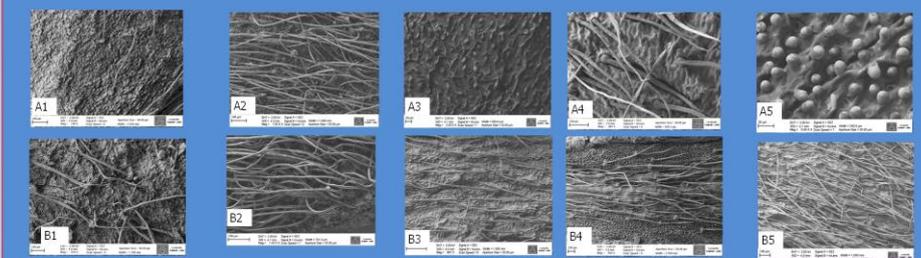


Fig. 1: Densidad de pubescencia. *L. alivillosus* A1: c.ad. D.dispersa, B1: c.ab. D.pilosa; *L. grisebachianus* A2: c.ad. D. pilosa, B2: c.ab. D.lanosa; *L. ignobilis* A3: c.ad. D.glabra y papilosa, B3: c.ab. D.pilosa; *L. lespedezoides* A4: c.ad. D.pilosa, B4: c.ab. D.pilosa; *L. magniflorus* A5: c.ad. glabra y papilosa, B5: c.ab. D.pilosa.

A continuación se ejemplifican las características anatómicas más importantes. Las células epidérmicas de las especies analizadas poseen células poliédricas en vista superficial y se presenta papilosa. En la cara abaxial las células epidérmicas poseen paredes onduladas. En todos los casos la cutícula es gruesa y los estomas se encuentran desde hundidos a muy hundidos y son anomo o anisocíticos. Los índices estomáticos varían según la cara que corresponda....(falta alguna cifra). En el caso de la cara abaxial de *L. lespedezoides* no se pudo determinar por la profunda ubicación de los estomas y los repliegues de las células epidérmicas que los circundan. El mesofilo es dorsiventral (Fig. 2)

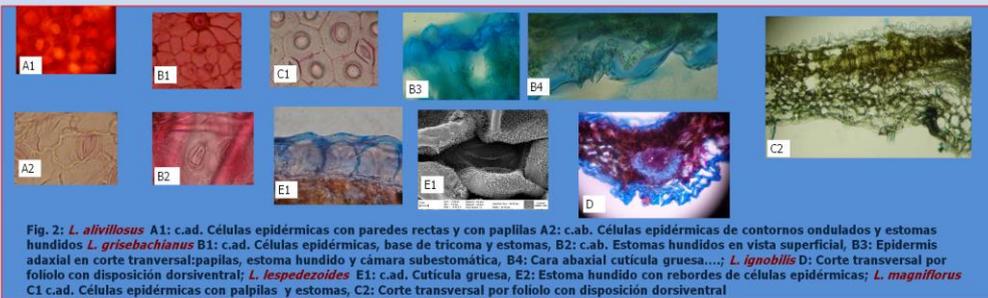


Fig. 2: *L. alivillosus* A1: c.ad. Células epidérmicas con paredes rectas y con papilas A2: c.ab. Células epidérmicas de contornos ondulados y estomas hundidos *L. grisebachianus* B1: c.ad. Células epidérmicas, base de tricoma y estomas, B2: c.ab. Estomas hundidos en vista superficial, B3: Epidermis adaxial en corte transversal: papilas, estoma hundido y cámara subestomática, B4: Cara abaxial cutícula gruesa....; *L. ignobilis* D: Corte transversal por foliolo con disposición dorsiventral; *L. lespedezoides* E1: c.ad. Cutícula gruesa, E2: Estoma hundido con rebordes de células epidérmicas; *L. magniflorus* C1 c.ad. Células epidérmicas con papilas y estomas, C2: Corte transversal por foliolo con disposición dorsiventral

CONCLUSIONES

Los resultados indican que si bien la estructura de los pelos es muy semejante en todas las especies otras características como la distribución de la pilosidad, de las células epidérmicas y de los estomas, así como el relieve cuticular permiten reconocer diferencias entre ellas. Estos caracteres por sí solos y combinados con otras observaciones tienen valor diagnóstico de importancia taxonómica y de adaptación ambiental.

VII Jornadas Integradas de Investigación, Extensión y Enseñanza de las Ciencias Agropecuarias

Fca.Unc, Córdoba 2017



VII Jornadas Integradas de Investigación, Extensión y Enseñanza en las Ciencias Agropecuarias

Comunicando e intercambiando saberes para una producción sustentable



La morfo-anatomía vegetal como apoyo a las definiciones taxonómicas en un complejo de especies de *Lupinus* nativas del noroeste de Argentina

Seiseddos L.¹, Fabbroni M.², Planchuelo A.M.³

¹ Botánica Morfológica, FCA-CREAN-CONICET-UNC, linaseiseddos@gmail.com; ² Plantas Vasculares, FCN, UNSa, marielefabbroni@gmail.com; ³ Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN-CONICET-UNC-FCA), aplanch@gmail.com

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La taxonomía de *Lupinus* (Fabaceae) es compleja, por la gran cantidad de nombres científicos y por la indefinición de las especies que lo representa. *Lupinus grisebachianus* C.P.Sm., *L. subacaulis* Griseb. y *L. subinflatus* C.P.Sm., son especies nativas que crecen en los altos valles del noroeste argentino y forman un complejo morfológico de plantas cespitosas con inflorescencias insertas entre las hojas basales (Fig. 1). La problemática nomenclatural fue clarificada en 1980 por Planchuelo y Dunn y desde entonces los taxones son considerados buenas especies, con pequeñas diferencias morfológicas. El objetivo es dar a conocer los resultados de la morfo-anatomía de las epidermis foliares del complejo *Lupinus grisebachianus-subacaulis-subinflatus*, analizando los caracteres claves que diferencian a las especies

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con ejemplares de herbario de distintas instituciones botánicas y colecciones propias. Se realizaron extracciones epidérmicas (Zarlavsky, 2014) y se analizó la longitud (Fig. 2) y la estructura celular (Fig. 3) de los tricomas. La densidad de la pubescencia fue codificada en 0=glabro; 1=tricomas raros, 2=tricomas esparcidos en toda la superficie; 3=pubescencia densa y 4=muy densa. (Tabla 1) Como complemento se están analizando matrices de datos cuali-cuantitativos de órganos vegetativos y florales, mediante análisis de taxonomía numérica.

RESULTADOS

Se muestran microfotografías de las epidermis foliares y detalles de tricomas



Figura 1 *Lupinus subacaulis*. A Planta con inflorescencia joven inserta B. Planta en fufificación



Figura 2 Detalles de tricomas cortos (200-600µm) y largos (600-800µm);

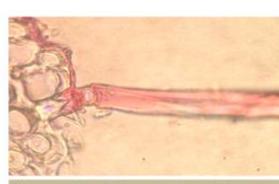


Figura 3 Tricoma tricelular con células basal globosa, intermedia de paredes gruesas y pical acicular.

TABLA 1

Foliolo	<i>L. grisebachianus</i>	<i>L. subacaulis</i>	<i>L. subinflatus</i>
Cara adaxial			
Tipo de pubescencia	Densa (3)	Glabra (0)	Glabra (0)
Cara abaxial			
Tipo de pubescencia	Muy densa (4)	Tricomas Esparcidos (2)	Tricomas Esparcidos (2)

BIBLIOGRAFIA: -Planchuelo A. M. & Dunn, D.B., 1980. Clarification of *Lupinus grisebachianus*, *L. subacaulis*, and *L. subinflatus* (Legum-ino-sae). *Brittonia* 32 (3): 387-391
-Zarlavsky G. E. 2014. Histología Vegetal: técnicas simples y complejas. 1^a ed. Soc. Arg. de Botánica. Buenos Aires. Argentina.



VII Jornadas Integradas de Investigación, Extensión y Enseñanza de las Ciencias Agropecuarias

Fca.Unc, Córdoba 2017



VII Jornadas Integradas de Investigación, Extensión y Enseñanza en las Ciencias Agropecuarias

Comunicando e intercambiando saberes para una producción sustentable



Caracteres morfoanatómicos de plántula de *Lupinus luteus* (Fabaceae)

Seisdedos L.^{1,2} y Planchuelo A.M.²

¹ Botánica Morfológica, FCA-CREAN-CONICET-UNC. linaseisdedos@gmail.com

² Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN-CONICET-FCA-UNC). aplanch@gmail.com

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

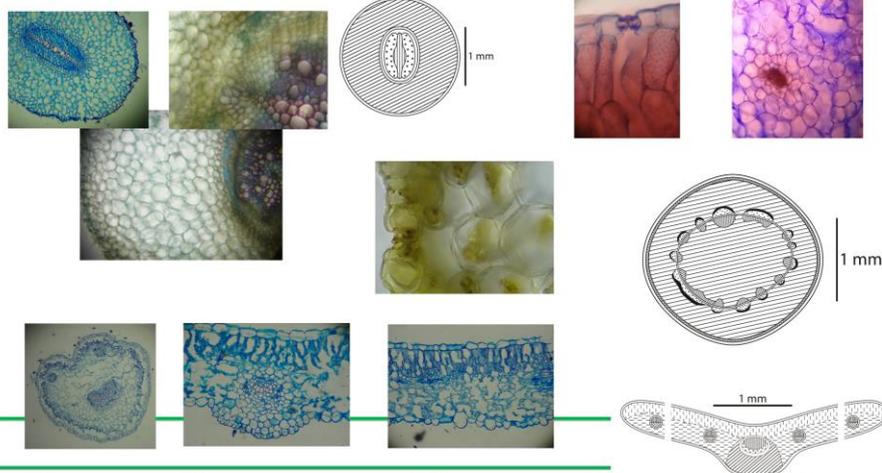
La necesidad actual de contar con nuevas fuentes de alimentos provenientes de sistemas autosustentables ha llevado a revalorizar aquellos cultivos que han sucumbido a las tecnologías modernas. Tal es el caso de las especies de lupinos que por su alto valor nutricional, sus cualidades de plantas rústicas en el manejo de cultivo y por contar con un amplio número de variedades comerciales libres de alcaloides, han sido consideradas nuevamente como granos cultivados para la industria alimenticia. Entre las especies cultivadas en Europa se encuentra el lupino amarillo (*Lupinus luteus* L.) que está en un proceso de expansión a otras zonas agrícolas. Con el objetivo de apoyar los planes de mejoramiento que se están realizando con el apoyo de la International Lupin Association (ILA), se está analizando el comportamiento de las plantas en distintos estados de desarrollo. Este trabajo presenta las características morfoanatómicas de los distintos órganos de *L. luteus* en estado de plántula, periodo crítico en el establecimiento de un cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con semillas de *L. luteus* var. Talar provenientes de la estación experimental del Banco de Germoplasma de Wiatrowo (Polonia), que fueron sembradas en terrinas colocadas en cámara de cultivo bajo condiciones controladas. Se realizaron cortes transversales con la metodología tradicional, de material fresco y conservado en FAA, de raíz, hipocótilo, cotiledones, folíolos y peciolo de la primera hoja, a los 20 días de siembra.



RESULTADOS



Estos análisis anatómicos forman parte de una revisión exhaustiva que se está llevando a cabo entre miembros de la ILA para un banco de datos morfológicos del germoplasma de las especies y variedades cultivadas.

XV International Lupin Conference Cochabamba, Bolivia 16-20 Marzo 2019



MORPHO-ANATOMICAL REVIEW AS A TOOL TO IDENTIFIED BIODIVERSITY IN ANDEAN *LUPINUS* SPECIES COMPLEX

Fabroni Mariela¹, Lina Seisdedos² & Ana M. Planchuelo²

¹FCN, Universidad Nacional de Salta (UNSa), marielafabroni@gmail.com; ²CREAN-CFa

INTRODUCTION

The Argentine flora has 34 species of *Lupinus* distributed in two areas of speciation, where 10 species grown in the Atlantic Subregion and 24 in the Andean Subregion. Among the species growing in these environments are: *L. grisebachianus* C.P.Sm., *L. subacaulis* Griseb. and *L. subinflatus* C.P.Sm., which are found in the high valleys and hillsides of Jujuy, Salta and Tucumán provinces, forming a morphologically complex of turf plants with embedded inflorescences between the leaves of the basal rosette (Fig. 1). As part of a critical review of Argentinean native *Lupinus*, key morphological characters that define species growing in the Northwest of the country were evaluated. The objective of this study is to present the results of a morpho-anatomical review of leaflets pubescence of the *Lupinus grisebachianus-subacaulis-subinflatus* complex, along with an overall analysis of vegetative and floral characters using numerical taxonomy.

MATERIALS & METHODS

We worked with identified herbarium specimens from several herbaria (ACOR, CORD, F, LIL, MCNS, MO, SI, US) and authors personal plant collections. The density of the pubescence was encoded as 0=glabrous; 1=sparse trichomes, 2=trichomes scattered across the surface; 3=dense pubescence; 4=very dense pubescence. Epidermal extractions and cross-sections of the leaflets were analyzed from representative specimens of each species. A cluster analysis was based on 26 Operational Units (OTUs) using Euclidean Distance, and Principal Components based on a matrix containing 4 qualitative data and 19 quantitative data, with a total of 23 morphometry parameters, from which 11 were vegetative characters and 12 floral characters.

RESULTS

The leaflet morpho-anatomical characters showed two different sizes of trichomes; short (200-600 µm) and long (600-800 µm). All the trichomes are appressed, simple and with three cells. A globose larger cell than the other epidermal cells is at the base, a second cell with thick wall that form an epitricopodium is in the middle and a third acicular cell in the apex. Big differences were found in leaflets pubescence (Tabla 1). The abaxial side of the leaflets always has higher density of trichomes regarding adaxial face. Leaflets of *L. subinflatus* and *L. subacaulis* are glabrous in de adaxial face in contrast *L. grisebachianus* is woolly on both sides (Fig. 2 D-E). The numerical taxonomy analysis presented several clusters, which separate the species in groups of OUT's by the combinations of similar and different morphological characters. The principal component shows that the variables of greater weight are the distribution of pubescence that is related with the energy balance and photosynthetic rate and flower characters such as the length of upper and lower lip of the calice and the longitude and latitude of the banner (Fig. 2 F-G).



Figure 1: Plants of *Lupinus grisebachianus* (A); *L. subacaulis* (B) y *L. subinflatus* (C) in its natural habitat

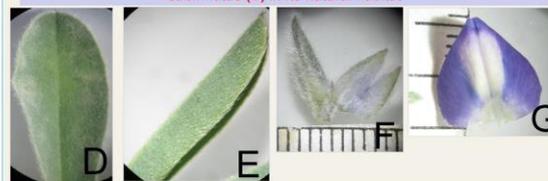


Figure 2: Flower details of *Lupinus grisebachianus*, leaflets pubescence in the adaxial face (D) abaxial face (E); Dissected calyx (F) Banner (G).

Table 1: Morphoanatomical studies: Leaflets pubescence in the studied species

Leaflets	<i>L. grisebachianus</i>	<i>L. subacaulis</i>	<i>L. subinflatus</i>
Adaxial face			
Pubescence types	Dense (3)	Glabrous (0)	Glabrous (0)
Cara abaxial			
Pubescence types	Very dense (4)	Sparse trichomes (2)	Sparse trichomes (2)

CONCLUSION

These studies support the definition of species and reaffirm the need of morpho-anatomical studies in germplasm complex such the ones that are relate with the wild relatives of *Lupinus mutabilis*.

REFERENCES

1. Planchuelo, A. M. & D. B. Dunn. 1980. Clarification of *Lupinus grisebachianus*, *L. subacaulis*, and *L. subinflatus* (Leguminosae). *Brittonia* 32 (3): 387-391.
2. Zarlavsky G. E. 2014. *Histología Vegetal: técnicas simples y complejas*. 1° ed. Soc. Arg. de Botánica. Buenos Aires. Argentina.
3. Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada & C. W. Robledo (2012). Grupo InfoStat. FCA, UNC. Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Universidad Nacional de Córdoba and Universidad Nacional de Salta for the financial support.

VIII Jornadas Integradas de Investigación, Extensión y Enseñanza de la Facultad de Ciencias Agropecuarias 20 de noviembre de 2019



Presencia y caracterización de aréolas cotiledonares en *Lupinus albus* L. y *Lupinus angustifolius* L. (Fabáceas)

Seisdedos L.^{1,2}, Perissó P.¹ y Planchuelo A.M.²

1. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Botánica Agrícola I. Córdoba, Argentina
lseisde@agro.unc.edu.ar

2. CREAN, Centro de relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales. Córdoba, Argentina

INTRODUCCIÓN

En las últimas años, se ha prestado atención a la presencia de "aréolas cotiledonares", señaladas en diferentes géneros de Leguminosas Papilionoideas; y citadas como "pit" y "anti pit" en *Glycine*. Estas estructuras, se encuentran en los cotiledones, el "pit", al que se le contrapone el "anti-pit", en la cara interna del endosperma unido a la cubierta seminal. Se desconoce si *Lupinus albus* y *L. angustifolius* presentan estas estructuras, los objetivos fueron: investigar si hay presencia de aréolas cotiledonares en las especies cultivadas *Lupinus albus* y *L. angustifolius*, identificar su posición, y describir las características morfo-anatómicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas de *Lupinus albus* y *L. angustifolius*. Para la identificación de aréolas las semillas se sumergieron 24 h a temperatura ambiente en una solución al 1% de cloruro de 2,3,5 trifenil tetrazolio. Luego, se retiró la cubierta seminal y se observó el embrión bajo microscopio estereoscópico. En las zonas que revelaron la presencia de aréolas, se realizaron preparados semipermanentes de cortes transversales de los cotiledones para ser analizados con microscopía óptica; y en semillas "secas", se realizaron cortes en distintos planos que se observaron en un microscopio electrónico de barrido (MEB). En todos los casos se tomaron registros fotográficos.

RESULTADOS

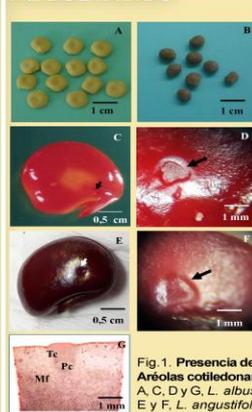


Fig. 1. Presencia de Aréolas cotiledonares. A, C, D y G, *L. albus*; B, E y F, *L. angustifolius*. Las flechas indican la posición basal de las aréolas cotiledonares. G, corte transversal de la aréola. Tc, tejido de transferencia; Pc, procambium.

Complejo Aréolas Cotiledonares – Complemento vistas en microscopio electrónico de barrido (MEB)

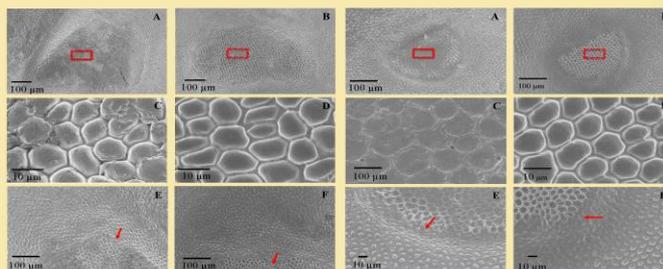


Fig. 2. Morfología de las aréolas en *L. albus*. A, aréola cotiledonar; B, complemento de la aréola en endosperma; C, detalle de la base areolar (recuadro en A); D, detalle complemento de la aréola; E, detalle del surco en el límite de la aréola; F, detalle del surco en el límite del complemento. Las flechas indican el borde de la aréola en A, y en B, del complemento areolar.

Fig. 3. Morfología de las aréolas en *L. angustifolius*. A, aréola cotiledonar; B, complemento de la aréola en endosperma; C, detalle de la base areolar; D, detalle complemento de la aréola; E, detalle del surco en el límite de la aréola; F, detalle del surco en el límite del complemento areolar. Las flechas indican el borde de la aréola en A, y en B, del complemento areolar.

CONCLUSIONES

1. Ésta es la primera cita la presencia del complejo aréolas cotiledonares-complemento en estas especies.
2. Existe una estrecha relación entre las aréolas cotiledonares y el protomeristema fundamental y procambial.
3. Las características de la estructura del complejo, respaldan y explican su función nutricional apoplástica durante el llenado de la semilla y la imbibición.