

**Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Forestales.  
Maestría en Ciencias Forestales**

*Maestrando*  
**Ariel Marcelo Tuzinkiewicz**

**Variación geográfica de características  
morfométricas de frutos, semillas y plántulas,  
poder germinativo y sobrevivencia en  
procedencias y progenies de  
*peltophorum dubium (Spreng.) Taub. de la región noroeste y  
litoral de Argentina***

**Trabajo final de Maestría presentada para obtener el título de  
“Magister Scientiae en Ciencias Forestales con  
Orientación en Silvicultura y Manejo Forestal”**

“Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto, queda sujeto al cumplimiento de la Ley N° 26.899”.

*Directora*  
**M. Sc. Ing. Ftal. Patricia Rocha**  
*Co-Director*  
**M. Sc. Ing. Ftal. Fernando Niella**

**Eldorado, Misiones  
Abril de 2019**



Esta obra está licenciado bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**VARIACIÓN GEOGRÁFICA DE CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS  
DE FRUTOS, SEMILLAS Y PLÁNTULAS, PODER GERMINATIVO Y  
SOBREVIVENCIA EN PROCEDENCIAS Y PROGENIES DE  
*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. de la región noroeste y litoral de Argentina**

Por

**ARIEL MARCELO TUZINKIEVICZ**

**TESIS** presentada a la Facultad de Ciencias Forestales de la  
Universidad Nacional de Misiones como exigencia parcial de la  
Maestría en Ciencias Forestales, para obtener el  
Título de **Magister Scientiae en Ciencias Forestales  
con Orientación en Silvicultura y Manejo Forestal**

**Directora: M. Sc. Ing. Ftal. Patricia Rocha**

**Codirector: M. Sc. Ing. Ftal. Fernando Niella**

Eldorado, Misiones – ARGENTINA

Abril de 2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

La comisión examinadora, abajo asignada,  
aprueba la Tesis de Maestría

**VARIACIÓN GEOGRÁFICA DE CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS  
DE FRUTOS, SEMILLAS Y PLÁNTULAS, PODER GERMINATIVO Y  
SOBREVIVENCIA EN PROCEDENCIAS Y PROGENIES DE  
*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. de la región noroeste y litoral de Argentina**

Elaborada por

**ARIEL MARCELO TUZINKIEVICZ**

como exigencia parcial para obtener el grado de  
**Magister Scientiae en Ciencias Forestales**  
**con Orientación en Silvicultura y Manejo Forestal**

*Directores de Tesis*

---

M. Sc. Ing. Ftal. Patricia Rocha

**Directora**

---

M. Sc. Ing. Ftal. Fernando Niella

**Codirector**

*Tribunal Examinador de Tesis*

---

Dr. Ing. Ftal. Fermín Gortari

---

Dra. Ing. Ftal. Evelyn Duarte

---

M. Sc. Ing. Ftal. Darwin A. Cáceres

Eldorado, Misiones – ARGENTINA

Abril de 2019

*“La madre del conocimiento es la ciencia; la opinión genera ignorancia.”*

*Hipócrates de Cos, (460-370 a.C.)*

*Dedico esta Maestría a mis padres  
Carlos Roberto Tuzinkievicz (Q.E.P.D.) y Ana María Lapychanecz  
A mis hermanos Pedro Alejandro y Darío Andrés Tuzinkievicz  
A mi esposa Carolina Martínez  
Y a mis hijos Boris y Estefi Tuzinkievicz*

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mis directores de tesis, M. Sc. Ing. Ftal. Patricia Rocha y M. Sc. Ing. Ftal Fernando Niella, quienes me brindaron apoyo, asesoramiento y conocimientos, pero sobre todo la oportunidad de poder concretar mi tesis de maestría, a ellos agradezco de corazón. Especialmente agradezco a la M. Sc. Ing. Ftal Patricia Rocha, por transmitirme sus conocimientos, enseñanzas, experiencias, por su paciencia, y sobretodo por exigirme para intentar lograr que este trabajo sea lo mejor posible.

Por otra parte, agradezco al equipo de trabajo, que formaron parte del proyecto SILVA 17, al M. Sc. Ing. Ftal. Fernando Niella y al Ing. Ftal. Claudio Dummel entre otros, a ellos va mi reconocimiento, valoración y agradecimiento, a todo este gran equipo del proyecto, quienes desarrollaron una gran labor de trabajo de campo, laboratorio, vivero e intelectual, a todos ellos muchas gracias. Al Ing. Guillermo Küppers y al estudiante de Ing. Forestal, Ricardo Buchwiess por su colaboración en la toma de datos en vivero.

A la Universidad Nacional de Misiones, a la Facultad de Ciencias Forestales, al equipo de directivos y docentes de la Maestría que han sido parte de mi formación académica, por darme la oportunidad de realizar esta Maestría, y quienes además siempre han sido muy amables y respetuosos conmigo, dentro y fuera de las aulas. Mi agradecimiento a la Lic. Marta Parussini y a la Técnica en Saneamiento Ambiental Magdalena Ibañez, por el cálido recibimiento que nos daban en cada encuentro de cursos de posgrados, quienes además siempre estuvieron para guiarme, ayudarme y acompañarme en todas las cuestiones administrativas de esta Maestría.

Quiero agradecer al tribunal examinador de esta tesis, por tomarse el tiempo en leerla, revisarla, corregirla y hacer aportes significativos e importantes para la mejora del escrito final. Esta última etapa, resulta muy importante y enriquecedora, es un aporte más para mi aprendizaje en esta maestría, donde he tenido que desaprender y aprender para mejorar mi tesis. Considero y valoro mucho estas correcciones que me ayudan a mejorar y crecer personal y profesionalmente.

Al Ing. Agr. Oscar Burtnik quien confió en mi al redactar mi aval como candidato a cursar esta maestría.

A la empresa HREÑUK S.A., a Don Nene y Don Negro Hreñuk por darme la oportunidad de trabajar allí, al Sr. Luis Hreñuk, por autorizarme a realizar esta Maestría mientras trabajé en la empresa, a Matías, Martín y Pablo Hreñuk. A mis ex compañeros y superiores de HREÑUK S.A., Juan Carlos Rodríguez, uno de mis jefes, quien siempre me apoyó y solidarizó, al gerente Don Héctor Sadaniovski, a Julio Sadaniovski, a Hugo Oyomek, Antonio Bengoa, Heraldo Szkromeda y Raúl Martínez.

A la empresa LA CACHUERA S.A., a Don Pancho Szychowski y al el Ing. Agr. Víctor Saguier por permitirme trabajar en la empresa y viajar a la Facultad de Ciencias Forestales al Seminario de Tesis.

A la empresa BOSQUES DEL PLATA S.A. y al Dr. Raúl Vicente Pezzutti por permitirme el ingreso a la propiedad, a la Dra. Silvana Lucía Caldato y al M. Sc. Ing. Agr. César Otto Niklas de la consultora Eco-Consulting, por brindarme el apoyo logístico para el ingreso a la propiedad, y al Lic. en Genética Verón por acompañarme al campo para la realización de un trabajo en bosques nativos requerido por el curso de posgrado Bases Ecológicas Aplicadas a la Silvicultura, y al Dr. Raúl Vicente Pezzutti y a la Dra. Silvana Lucía Caldato por brindarme un trabajo de investigación de su autoría, como base para la redacción de mi trabajo.

A mi familia, a mis padres, que con apenas estudios primarios, nos formaron a mi y a mis hermanos entendiendo que el camino correcto iría por el lado del trabajo, estudio y sacrificio, a ellos, mis padres y mis hermanos, muchas gracias por apoyarme siempre. Un reconocimiento muy especial es para mi mamá, quien siempre se preocupó e interesó sobre el proceso y avance de mis estudios de posgrado, tal fue su interés, que podría decir que gracias a ella hoy he culminado con esta etapa.

Finalmente agradezco también a mi esposa y a mi familia toda en general por el apoyo y acompañamiento, y por sobretodo agradezco a Dios y a la Virgen por la familia que me han dado, por protegernos y proporcionarnos todos los días el don de la vida.

## **DECLARACIÓN**

Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.

Ing. Agr. Ariel Marcelo Tuzinkievicz

DNI 24.835.807

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	V
DECLARACIÓN .....	VII
CONTENIDO.....	VIII
LISTA DE TABLAS .....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS .....	XII
RESUMEN.....	1
SUMMARY .....	3
1. INTRODUCCIÓN .....	5
1.1. OBJETIVOS .....	7
1.1.1. <i>Objetivos Generales</i> .....	7
1.1.2. <i>Objetivo Específicos</i> .....	7
1.2. HIPÓTESIS .....	8
1.3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	8
1.3.1. <i>Características Silviculturales de P. dubium</i> .....	8
1.3.1.1. <i>Características morfológicas de P. dubium</i> .....	8
1.3.1.2. <i>Distribución geográfica de P. dubium</i> .....	9
1.3.1.3. <i>Frutos y semillas de P. dubium</i> .....	9
1.3.1.4. <i>Germinación de P. dubium</i> .....	10
1.3.1.5. <i>Silvicultura de P. dubium</i> .....	11
1.3.2. <i>Biomorfología: germinación, crecimiento y establecimiento de plantas</i> .....	12
1.3.3. <i>Biomorfología: unidades dispersoras (semillas)</i> .....	18
1.3.4. <i>Tamaño de la semilla</i> .....	20
1.3.5. <i>Cosecha de semillas</i> .....	22
1.3.6. <i>Procedencias, fuentes de semillas, familias y razas geográficas</i> .....	23
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
2.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	26
2.2. REGIONES FITOGEOGRÁFICAS BAJO ESTUDIO .....	28
2.3. CLIMA EN LAS REGIONES FITOGEOGRÁFICAS BAJO ESTUDIO .....	31
2.4. VARIABLES CUANTITATIVAS .....	31
2.4.1. MORFOMETRÍA DE FRUTOS Y SEMILLAS .....	32
2.4.2. MORFOMETRÍA DE LOS ÁRBOLES .....	32
2.4.3. PODER GERMINATIVO (PG) .....	33
2.4.4. MORFOMETRÍA DE PLÁNTULAS Y SOBREVIVENCIA .....	34
2.5. VARIACIÓN GEOGRÁFICA CLINAL .....	34

2.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	38
2.6.1.	<i>Análisis de la varianza paramétrico (ANOVA) – Test de Tukey</i> .....	38
2.6.2.	<i>Análisis de la varianza no paramétrico – Prueba Kruskal Wallis</i> .....	39
2.6.3.	<i>Análisis de regresión lineal</i> .....	40
2.6.4.	<i>Análisis de correlación lineal</i> .....	41
2.6.4.1.	Correlación y causalidad.....	42
2.6.5.	<i>Análisis multivariado</i> .....	43
2.6.6.	<i>Análisis de distribuciones de frecuencias relativas</i> .....	43
2.6.6.1.	La asimetría y su medida .....	43
2.6.6.2.	La curtosis y su medida .....	44
2.6.7.	<i>Herramientas de análisis</i> .....	44
3.	RESULTADOS.....	45
3.1.	MORFOMETRÍA DE FRUTOS Y SEMILLAS .....	45
3.1.1.	<i>Morfometría de frutos</i> .....	45
3.1.1.1.	Variación geográfica clinal .....	49
3.1.2.	<i>Morfometría de semillas</i> .....	54
3.1.2.1.	Variación geográfica clinal.....	57
3.1.3.	<i>Variación del tamaño de frutos y semillas con la altura de los árboles</i> .....	62
3.1.4.	<i>Variación geográfica de la altura total de las progenies de P. dubium</i> .....	63
3.2.	PODER GERMINATIVO (PG) .....	64
3.2.1.	<i>Variación geográfica clinal</i> .....	67
3.3.	MORFOMETRÍA DE PLÁNTULAS Y SOBREVIVENCIA.....	72
3.3.1.	<i>Morfometría de plántulas</i> .....	72
3.3.1.1.	Variación geográfica clinal .....	77
3.3.1.1.1.	Morfometría de plántulas con 2 meses de crecimiento.....	77
3.3.1.1.2.	Morfometría de plántulas con 4 meses de crecimiento.....	77
3.4.	SOBREVIVENCIA (SV) .....	82
3.4.1.	<i>Variación geográfica clinal</i> .....	84
3.5.	ANÁLISIS MULTIVARIADO FINAL DE LAS VARIABLES MORFOMÉTRICAS ESTUDIADAS .....	88
3.6.	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE PEARSON DE LAS VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE FRUTOS Y SEMILLAS ESTUDIADAS .....	89
4.	DISCUSIONES.....	92
4.1.	MORFOMETRÍA DE FRUTOS .....	92
4.2.	MORFOMETRÍA DE SEMILLAS.....	94
4.3.	PODER GERMINATIVO (PG) .....	103
4.4.	MORFOMETRÍA DE PLÁNTULAS.....	104
4.5.	SOBREVIVENCIA (SV) .....	106
5.	CONCLUSIONES .....	107

5.1.	MORFOMETRÍA DE FRUTOS.....	107
5.2.	MORFOMETRÍA DE SEMILLAS.....	108
5.3.	PODER GERMINATIVO (PG) .....	109
5.4.	MORFOMETRÍA DE PLÁNTULAS.....	110
5.5.	SOBREVIVENCIA (SV) .....	111
6.	RECOMENDACIONES.....	112
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
	ANEXO .....	132

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Procedencias y progenies.....	27
Tabla 2.	Progenies estudiadas de <i>P. dubium</i> .....	27
Tabla 3.	Variables cuantitativas.....	31
Tabla 4.	Variables dasométricas de <i>P. dubium</i> .....	33
Tabla 5.	Variables geográficas y climáticas según progenies.....	35
Tabla 6.	Variables geoclimáticas agrupadas en clases.....	37
Tabla 7.	Datos agroclimáticos del período de estudio.....	37
Tabla 8.	Diferencias morfométricas de frutos según las procedencias.....	45
Tabla 9.	Diferencias morfométricas de frutos según progenies.....	48
Tabla 10.	Diferencias morfométricas de frutos según progenies.....	49
Tabla 11.	Ancho de fruto AF (mm), asociado a variables geoclimáticas.....	50
Tabla 12.	Análisis de la varianza de la regresión lineal para la variable ancho de frutos con las variables geoclimáticas.....	51
Tabla 13.	Diferencias Morfométricas de semillas según procedencias.....	54
Tabla 14.	Diferencias morfométricas de semillas según progenies.....	57
Tabla 15.	Análisis de la varianza de la regresión lineal para la variable peso de 1000 semillas con las variables geoclimáticas.....	58
Tabla 16.	Peso de 1000 semillas (g) asociados a variables geoclimáticas.....	59
Tabla 17.	Correlación de Pearson de la altura total de las progenies de <i>P. dubium</i> con las variables geoclimáticas.....	63
Tabla 18.	Medidas de resumen – poder germinativo – ranking según procedencia.....	64
Tabla 19.	Medidas de resumen – poder germinativo – ranking según procedencia y progenie.....	66
Tabla 20.	Poder germinativo (PG) asociado a las variables geoclimáticas.....	68
Tabla 21.	Análisis de la varianza de la regresión lineal para la variable poder germinativo y las variables geoclimáticas.....	69
Tabla 22.	Morfometría de plántulas con 2 meses de crecimiento.....	72
Tabla 23.	Crecimiento de plántulas a los 4 meses.....	73
Tabla 24.	Crecimiento de 2 meses de las progenies estudiadas.....	74

Tabla 25. Crecimiento de 4 meses en las progenies estudiadas. ....75

Tabla 26. Altura de plántulas (cm) asociadas a variables geoclimáticas – 4 meses de crecimiento.....78

Tabla 27. Análisis de la varianza de la regresión lineal para la variable altura de plántulas con 4 meses de crecimiento con las variables geoclimáticas.....79

Tabla 28. Promedios de sobrevivencia según procedencia (plántulas 4 meses – 132 días).....83

Tabla 29. Promedios de sobrevivencia según progenies (plántulas 4 meses – 132 días).....83

Tabla 30. Promedios de sobrevivencia según variables geoclimáticas (plántulas 4 meses – 132 días).....84

Tabla 31. Análisis de la varianza de la regresión lineal para la variable sobrevivencia de plántulas en función de la longitud y temperatura .....87

Tabla 32. Correlación de Pearson de las variables morfométricas de *P. dubium* estudiadas .....91

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tendencias en ecología y evolución. Interacción de climas tropicales, subtropicales, templados y boreales-árticos en las franjas latitudinales y longitudinales. ....22

Figura 2. Ubicación geográfica de las procedencias y progenies de *P. dubium*.....28

Figura 3. Dendrograma – agrupamiento de variables morfométricas de frutos .....47

Figura 4. Variación geográfica clinal de la variable ancho de fruto.....52

Figura 5. Gráfico de distribuciones de frecuencias relativas – morfometría de frutos .....53

Figura 6. Dendrograma – variables morfométricas de semillas.....56

Figura 7. Variación geográfica clinal de la variable peso de semillas.....60

Figura 8. Gráfico de distribuciones de frecuencias de variables – morfometría de semillas .....61

Figura 9. Variación del ancho y largo de frutos y semillas asociado a la altura de los árboles.....62

Figura 10. Registros de porcentajes de germinación de las procedencias. ....64

Figura 11. Dendrograma - grupos de procedencia según poder germinativo .....67

Figura 12. Variación geográfica clinal del poder germinativo.....70

Figura 13. Distribución de frecuencias relativas de los datos agrupados de germinación .....71

Figura 14. Dendrograma de agrupamiento de variables morfométricas de plántulas con 2 y 4 meses de crecimiento.....76

Figura 15. Variación geográfica clinal de la altura de plántulas con 4 meses de crecimiento. ....80

Figura 16. Distribución de frecuencias relativas de morfometría de plántulas a los 2 (dos) meses y 4 (cuatro) meses de crecimiento .....81

Figura 17. Distribución de frecuencias relativas de los porcentajes de sobrevivencia de plántulas (SV)...82

Figura 18. Variación geográfica clinal de la sobrevivencia de plántulas con 4 meses de crecimiento.....86

Figura 19. Dendrograma de sobrevivencia de plántulas según procedencias .....87

Figura 20. Dendrograma – agrupamiento de las variables morfométricas de frutos y semillas estudiadas 88

Figura 21. Fotos de cosecha de frutos de *P. dubium*.....132

Figura 22. Fotos medición de semillas de *P. dubium*.....132

Figura 23. Fotos de siembra y germinación *P. dubium*.....133

Figura 24. Fotos de plantines *P. dubium*.....133

Figura 25. Progenie CF34 – Ficha árbol semillero (El Carmen - Jujuy) .....	134
Figura 26. Diseño en vivero - Distribución de las progenies y repeticiones por sector. Diseño completamente aleatorizado. ....	137

## LISTA DE ABREVIATURAS y SIGLAS

FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
ISTA	Asociación Internacional de Análisis de Semillas
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
IUFRO	Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal
UMSEF	UNIDAD DE MANEJO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN FORESTAL - DIRECCIÓN DE BOSQUES - SECRETARÍA DE POLÍTICA AMBIENTAL 2016
FCF	Facultad de Ciencias Forestales de Eldorado – Misiones
UNaM	Universidad Nacional de Misiones
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos
LaRC	Centro de Investigación Langley de la NASA
DAP	diámetro a la altura del pecho (cm)
Copa	Diámetro de copa en m
H fuste	Altura libre de fuste (m)
HT	Altura total del árbol (m)
H	Altura de plántulas (cm)
DC	diámetro a la altura del cuello (mm)
PG	poder germinativo
PF	peso de fruto en (g)
AF	ancho de fruto (mm)
LF	largo de fruto (mm)
PS	peso de semilla (g)
AS	ancho de semilla

LS	largo de semilla
m	metro
cm	centímetro
mm	milímetro
g	gramos
msnm	metros sobre el nivel del mar
LAT	latitud
LONG	longitud
Pp (mm)	precipitaciones en mm anuales
T° MED	temperatura media
HR%	humedad relativa ambiente en porcentaje
SV	Sobrevivencia en %
IMA	Incremento medio anual (m <sup>3</sup> /ha/año)
m <sup>3</sup>	metro cúbico
cm <sup>3</sup>	centímetro cúbico
ha	hectárea
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
ANOVA	Análisis de la varianza
InfoStat	Software estadístico

**VARIACIÓN GEOGRÁFICA DE CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS  
DE FRUTOS, SEMILLAS Y PLÁNTULAS, PODER GERMINATIVO Y  
SOBREVIVENCIA EN PROCEDENCIAS Y PROGENIES DE  
*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. de la región noroeste y litoral de Argentina**

Tesista: **Ing. Agr. Ariel Marcelo TUZINKIEVICZ**

Directora: **M. Sc. Ing. Ftal. Patricia ROCHA**

Codirector: **M. Sc. Ing. Ftal. Fernando NIELLA**

## **RESUMEN**

El objetivo general de este estudio fue conocer y analizar los patrones y características de variación geográfica y climática de frutos, semillas, plántulas, poder germinativo y sobrevivencia de *P. dubium*. Se recolectaron frutos y semillas de poblaciones nativas de *P. dubium*, de 35 progenies ubicadas en 7 sitios de procedencias (Misiones, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Salta y Tucumán), las que fueron georreferenciadas en su mayoría, y de las cuáles se obtuvieron variables geográficas (latitud, longitud y altitud) y climáticas (temperatura, precipitaciones y humedad relativa). Del material recolectado se midieron las variables morfométricas de frutos y semillas. Con las semillas se hicieron poder germinativo, morfometría de plántulas y sobrevivencia en vivero bajo condiciones de temperatura y humedad controlada.

Se observaron asociaciones entre tamaño de semillas y plántulas con poder germinativo; sobrevivencia con tamaño de plántulas y poder germinativo; tamaño de frutos y semillas con tamaño de plántulas y árboles; y tamaño de frutos con tamaño de semillas. Finalmente se verificó que los frutos son más grandes en latitudes bajas, longitudes y altitudes altas, y en sitios de temperaturas, precipitaciones y humedades relativas bajas; las semillas son más grandes en latitudes altas, longitudes y altitudes bajas y en sitios de temperatura, precipitaciones y humedad relativa elevadas; el poder germinativo y el tamaño de plántulas es mayor en latitudes y longitudes altas y en sitios de temperatura, precipitaciones y humedad relativa bajas; y por último la sobrevivencia es mayor en sitios asociados a longitudes bajas y temperaturas medias altas.

El presente trabajo, es uno de los primeros estudios de procedencias y progenies de *P. dubium*, realizados en Argentina. Generando información base para desarrollar

directrices generales para la recolección de semillas que garantice diversidad genética para programas de restauración y/o enriquecimiento con *P. dubium*.

**Palabras claves:** Variación geográfica y climática. Patrones de variación. Procedencias. Progenies. Morfometría. Supervivencia. Poder germinativo.

**GEOGRAPHICAL VARIATION OF MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS  
OF FRUIT, SEEDS AND SEEDLINGS, GERMINATIVE CAPACITY AND  
SURVIVAL IN PROVENANCE AND PROGENIES OF**

***Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.**

**from the northwest and littoral region of Argentina**

**Author: Ing. Agr. Ariel Marcelo TUZINKIEVICZ**

**Adviser: M. Sc. Ing. Ftal. Patricia ROCHA**

**Coadviser: M. Sc. Ing. Ftal. Fernando NIELLA**

**SUMMARY**

The general objective of this study was to know and analyze the patterns and characteristics of geographical and climatic variation of fruits, seeds, seedlings, germination capacity and survival of *P. dubium*. Fruits and seeds were collected from native populations of *P. dubium*, from 35 progenies located in 7 provenance sites (Misiones, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Salta and Tucumán), which were mostly georeferenced, and from the which geographical (latitude, longitude and altitude) and climatic (temperature, rainfall and relative humidity) variables were obtained. The morphometric variables of fruits and seeds were measured from the collected material. Seeds were germinated, seedling morphometry and survival in nursery under controlled temperature and humidity conditions were also evaluated.

There were associations between seed size and seedlings with germination capacity; survival with seedling size and germination capacity; size of fruits and seeds with size of seedlings and trees; and size of fruits with seed size. Finally, it was verified that the fruits are larger in low latitude, high longitude and altitude, and in places of low temperature, rainfall and relative humidity; the seeds are larger in high latitude, low longitude and altitude and in places of high temperature, precipitation and relative humidity; the germination capacity and the size of seedlings is greater in high latitude and longitude and in places of low temperature, precipitation and relative humidity; and finally the survival is higher in sites associated with low longitude and medium high temperature.

The present work is one of the first studies of provenances and progenies of *P. dubium*, carried out in Argentina. Generating base information to develop general guidelines for seed collection that guarantee genetic diversity for restoration programs and / or enrichment with *P. dubium*.

**Keywords:** Geographical and climatic variation. Patterns of variation. Provenances. Progenies. Morphometry. Survival. Germination capacity.

## 1. INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la variación genética encontrada dentro de una especie forestal (90% de la variación observada) se debe por un lado a la variación geográfica (distribución natural amplia o limitada de una especie en estudio) y las diferencias que existen de un árbol a otro (en condiciones ambientales y de desarrollo similares) (WHITE *et al.* 2007).

Estudiar la variación geográfica de ciertos caracteres morfométricos de una especie forestal es fundamental en la investigación genética o domesticación de cualquier especie. Conocer los patrones de variación es importante para aprender sobre las interacciones y las fuerzas evolutivas que causaron dichos patrones observados. Todo ese conocimiento permitirá establecer las zonas apropiadas para recolección y movimiento de semillas, y sitios para establecer ensayos de progenie (WHITE *et al.* 2007). Los ensayos de especies y procedencias tienen como base la variación genética a diferentes niveles: entre especies, entre regiones geográficas, entre rodales y entre individuos, la cual es la base de la adaptación, además de que dichos ensayos constituyen el fundamento de cualquier programa serio de plantaciones (ZITÁCUARO CONTRERAS y APARICIO RENTERÍA 2004).

La caracterización morfológica de recursos fitogenéticos es la determinación de un conjunto de caracteres mediante el uso de descriptores definidos que permiten diferenciar taxonómicamente a las plantas. Algunos caracteres pueden ser altamente heredables, fácilmente observables y expresables en la misma forma en cualquier ambiente. Las características morfológicas se utilizan para estudiar la variabilidad genética, para identificar plantas y para conservar los recursos genéticos (HERNÁNDEZ VILLARREAL 2013).

La composición genética de los materiales de reproducción afecta el éxito de la restauración tanto a corto como a largo plazo. La diversidad genética está positivamente relacionada con la condición física de las poblaciones de árboles, a un mejor funcionamiento de los ecosistemas y la resiliencia. En general, se sabe que la diversidad genética mejora la estabilidad, la resistencia, la productividad y la recuperación de las condiciones climáticas extremas, que es cada vez más importante en virtud de los cambios ambientales. La cantidad de variación genética es un indicador de ecosistemas funcionales y resistentes y por lo tanto también del éxito a largo plazo de las actividades

de restauración. La alta intensidad de algunos métodos de explotación forestal puede modificar los patrones de cría en los árboles residuales y dar lugar a semillas cada vez más endogámicas mediante autofecundación o de cruce entre individuos estrechamente relacionados, lo que compromete la población como fuente de semillas, situación a la que no escapan las especies nativas de Misiones, como es el caso de *P. dubium* (THOMAS *et al.* 2014).

La diversidad genética de los árboles es un componente clave del funcionamiento del ecosistema forestal, y en definitiva sin diversidad genética, la evolución es imposible y sin adaptación, el tamaño de la población finalmente disminuye, lo que puede resultar en la extinción local (KELLER y WALLER 2002; RATNAM *et al.* 2014). A nivel de ecosistema, la diversidad genética de las especies es clave, donde aquellas cuyo efecto es desproporcionadamente grande en relación con el tamaño de su población, como muchos árboles forestales pueden afectar la diversidad de especies en comunidades asociadas (MILLS *et al.* 1993; VELLEND y GEBER 2005; WHITHAM *et al.* 2006; VELLEND 2008).

Las especies arbóreas se encuentran entre los organismos genéticamente más diversos en la Tierra (HAMRICK *et al.* 1992; SAVOLAINEN y PYHÄJÄRVI 2007). Por otra parte, el conocimiento de genética forestal, de la asociación existente entre un genotipo (marcador) por fenotipo (rasgo) y su validación en poblaciones experimentales y su aplicación en programas operacionales de mejoramiento de árboles, es vital ya que permite acortar los ciclos de estudios en el mejoramiento genético (NEALE 2007).

La selección natural puede fomentar la adaptación local rápida y, por lo tanto, puede explicar parte de esta diversidad, a menudo expresada como clinas o mosaicos en todo el rango de distribución de la especie para la aptitud clave, rasgos relacionados tales como supervivencia, crecimiento, fenología del crecimiento y floración, y resistencia a la sequía y las plagas (DUCOUSSO *et al.* 1996; SAVOLAINEN *et al.* 2007; FALLOUR-RUBIO *et al.* 2009; NEALE y KREMER 2011; RATNAM *et al.* 2014).

Los resultados de las extensas plantaciones experimentales de poblaciones de árboles forestales de diferentes rangos geoclimáticos, muestran que las poblaciones pueden sobrevivir y crecer en amplias áreas fuera del sitio de origen (SAVOLAINEN *et al.* 2007). Sin embargo, la competencia intra e interespecífica limita la distribución de los genotipos. Para las poblaciones de gran parte del rango geoclimático, la aptitud relativa, en comparación con la población local, suele ser más alta en el sitio de origen.

En los bordes del rango, esta adaptación local puede romperse. El grado de adaptación local está determinado por el equilibrio entre el flujo de genes y la selección. La diferenciación genética y la fuerte selección natural ocurren en un rango de decenas o cientos de kilómetros, pero las mediciones confiables del flujo de genes están disponibles solo para distancias mucho más cortas. Los modelos actuales de selección espacialmente variable podrían hacerse a partir de una fuerte selección de caracteres que se encuentren aislados entre las poblaciones. El potencial de adaptación al cambio climático actual depende de la variación genética y las tasas de dispersión y establecimiento (SAVOLAINEN *et al.* 2007). En este sentido se enmarca este proyecto de investigación sobre las relaciones morfométricas y desarrollo de plántulas en procedencias y progenies de *P. dubium*.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivos Generales**

Estudiar los patrones de variación geográfica y climática para características morfométricas de frutos, semillas y plántulas, germinación y sobrevivencia en procedencias y progenies de *P. dubium*.

### **1.1.2. Objetivo Específicos**

- Evaluar la morfometría de frutos, semillas y plántulas; germinación y sobrevivencia en vivero de plántulas de *P. dubium*.
- Estudiar las asociaciones entre variables morfométricas de frutos, semillas y plántulas; germinación y sobrevivencia en vivero de plántulas de *P. dubium*.
- Analizar las correlaciones entre las variables morfométricas de frutos, semillas y plántulas, germinación y sobrevivencia vs variables geoclimáticas.
- Estudiar los patrones de variación geográfica clinal para las variables estudiadas (morfometría de frutos, semillas y plántulas; germinación y sobrevivencia en vivero de plántulas de *P. dubium*).

## 1.2. Hipótesis

- Existe variación entre procedencias y entre progenies de *P. dubium*, estadísticamente significativa, para las variables morfométricas de frutos, semillas, plántulas, germinación y sobrevivencia.
- Existe una correlación entre el tamaño de los frutos y el poder germinativo.
- Existe una correlación entre el tamaño de las semillas y el poder germinativo.
- Existe correlación entre el tamaño de frutos y semillas con el tamaño de plántulas con 2 y 4 meses de crecimiento.
- Existe una correlación entre el poder germinativo y el tamaño de plántulas.
- Existe correlación entre la sobrevivencia y el tamaño de plántulas.
- Existen patrones de variación geográfica clinal para las variables estudiadas (morfometría de frutos, semillas y plántulas; germinación y sobrevivencia en vivero de plántulas de *P. dubium*).

## 1.3. Revisión bibliográfica

### 1.3.1. Características Silviculturales de *P. dubium*

#### 1.3.1.1. Características morfológicas de *P. dubium*

De acuerdo al informe técnico del EMBRAPA y conforme al sistema de clasificación de Cronquist, la taxonomía de *P. dubium* obedece a la siguiente jerarquía: División: Magnoliophyta (Angiospermae) Clase: Magnoliopsida (Dicotyledonae) Orden: Fabales. Familia: Caesalpinaceae (Leguminosae: Caesalpinioideae) (RAMALHO CARVALHO 2002).

La cañafístula es un árbol caducifolio, con 10 a 20 m de altura y 35 a 90 cm de DAP, pudiendo excepcionalmente alcanzar 40 m de altura y 300 cm de DAP a una edad adulta (RAMALHO CARVALHO 2002). A la especie *P. dubium* la podemos encontrar en varios tipos de suelos, desde suelos ácidos, hasta suelos de alta fertilidad química. Tienen buenos desarrollos en suelos de mediana y baja fertilidad y bajo condiciones de cultivo no toleran mal drenaje, altos contenidos de arcillas y alto nivel freático (SANTANA RODRÍGUEZ *et al.* 1999). En parcelas experimentales ha demostrado mejor crecimiento en suelos de fertilidad química media-alta, bien drenados y textura franco-arcillosa. No tolera suelos pedregosos o demasiados húmedos. Es una especie bastante exigente en N (nitrógeno) (NICOLOSO *et al.* 2000). Según Barth *et al.* (2008) es necesario el control de heladas para el crecimiento y sobrevivencia de especies

nativas, especialmente en los primeros años de su establecimiento. El fruto es una sámara con 4 a 9,5 cm de longitud y 1 a 2,5 cm de ancho, de contorno longitudinal lanceolado o elíptico, con ápice agudo y base estrellada. Superficie castaño amarilla o marrón purpúrea con nervaduras predominantemente en sentido longitudinal, siendo más fuertes en la región central, delimitando un núcleo seminífero que se extiende de ápice a ápice. En cada fruto, con una a cuatro semillas en sentido longitudinal. Semillas de contorno longitudinal ovalado o transversal, elíptico, superficie lisa, brillante, amarilla verdosa. Testa membranácea. En la región basal lateral se encuentra un hilo oval, micropila visible y rafe corto y fino, opuesto a la micropila (OLIVEIRA y PEREIRA 1984; RAMALHO CARVALHO 2002). Con cerca de 1 cm de longitud y 4 mm de ancho. También y de acuerdo a Ramalho Carvalho (2002) es una especie hermafrodita, siendo los vectores de polinización principalmente abejas y diversos insectos pequeños. Florece de septiembre a marzo. La dispersión de frutos y semillas es autocórica, principalmente barocórica por gravedad y anemocórica, donde los frutos son lentamente dispersados por el viento y a las semillas se las puede encontrar en el suelo, formando un banco de semillas que podrá luego bajo ciertas condiciones dar lugar a un renoval.

### **1.3.1.2. Distribución geográfica de *P. dubium***

En cuanto a su distribución geográfica, *P. dubium* se desarrolla de manera natural en el noreste de Argentina en las provincias de Misiones, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Salta, Tucumán, Chaco, centro y este de Paraguay, norte de Uruguay, centro, sur, y sudeste del Brasil y sudeste de Bolivia. En cuanto a sus características sociológicas según Ramalho Carvalho (2002) la cañafístola es abundante en formaciones secundarias, pero con pocos individuos de porte grande ocupando el estrato dominante del dosel en un bosque primario. Es una especie pionera en áreas abiertas, en capueras y matas degradadas. También y comúnmente se la podrá encontrar colonizando áreas de pastajes ocupando claros o borduras.

### **1.3.1.3. Frutos y semillas de *P. dubium***

La cosecha de frutos ocurre cuando estos cambian de coloración, de verde oscuro a marrón grisáceo. Como los frutos permanecen en el árbol por mucho tiempo, cuando las semillas se cosechan muy secas, generalmente presentan germinación lenta, irregular, y dormancia (anexo, figura 21). La inmersión de las semillas de cañafístola en

agua caliente a 80°C durante 10 minutos se recomienda para promover la germinación de la especie, funcionando como mecanismo de superación de dormancia (LAZAROTTO *et al.* 2013). La extracción se hace manualmente y el número de semillas por kilogramo es 4.200 según Castiglloni (1975) a 25.000 según Amaral y Araldi (1979). Un kilogramo de frutos contiene aproximadamente 200 g de semillas según Longhi (1995), o entre 4.900 y 12.000 semillas según Árboles (1992) y Durigan *et al.* (1997) y el número de frutos / kg es igual a 5.280. En cuanto a la longevidad y almacenamiento, las semillas de cañafístola se clasifican como ortodoxas, siendo estas, aquellas que una vez limpias y secas se pueden guardar en frío por muchos años (EIBL 2013). De acuerdo con Portela *et al.* (2001) se recomienda la siembra de *P. dubium* a pleno sol, o bien con un 30% o 75% de sombra. Las mudas podrían mantenerse con un 50% de sombreado. La plantación puede ser a pleno sol, 30%, 50% y 75% de sombreado, sin embargo, por motivos de abaratamiento en la producción de mudas, se aconseja plantar a pleno sol, siendo recomendada esta especie para tanto para reforestaciones o para enriquecimiento de áreas degradadas.

#### **1.3.1.4. Germinación de *P. dubium***

La germinación de *P. dubium* está influenciada tanto por factores internos (inhibidores, madurez embrional) como externos (agua, luz, suelo) (AGUIAR *et al.* 1993; SCHIMDT 2000; CUSTÓDIO *et al.* 2002; KLEIN 2011). El tipo de germinación de *P. dubium* es faneroépigea. Emergencia radical recta. Cotiledones verde claro, carnosos, pinnatinervados, peciolados, con margen entero, auriculados, 12,2 - 21,4 mm long. y 4,9 - 10,4 mm lat. Presencia de estípulas. Hojas pinnadas. Primer hoja peciolada, de aprox. 29,7 mm long. y 19,2 mm lat, con 5 pares de folíolos oblongos, acuminados, de base asimétrica, de 2,5 - 3,5 mm long. y 0,8 - 1,8 mm lat., distanciados por 0,8 - 1,6 mm. Segunda hoja de lámina de aprox. 55,1 mm long. y 23,7 mm lat., con 5 pares de folíolos (MARINO *et al.* 2008).

Las semillas de cañafístola presentan dormancia causada por la impermeabilidad de sus tegumentos, fenómeno natural y muy común entre las especies de la familia de las Fabáceas (BERTOLINI *et al.* 2015). Por otro lado, Klein (2011) observó que las semillas de *P. dubium* germinaron incluso después de haber permanecido 480 días sumergidas, mostrando una gran tolerancia a esta condición adversa. La presencia de un el tegumento rígido, probablemente explica esta elevada resistencia. Esta conclusión es reforzada por la curva de imbibición, que mostró que las semillas no escarificadas

absorbían agua más lentamente La dormancia de las semillas es un proceso natural, caracterizado por el atraso de la germinación aún en condiciones favorables de luz, oxígeno y temperatura, no germinan (VIEIRA y FERNADES 1997; NASSIF *et al.* 1998). Considerando esta característica, es fundamental realizar algún tipo de tratamiento para mejorar los porcentajes de germinación. En este sentido Lazarotto *et al.* (2013) estudiaron los efectos de tratamientos térmicos consistentes en calor húmedo, llegando a la conclusión que, con una inmersión en agua a 80°C por un lapso de 10 minutos, se logran los mejores porcentajes de germinación. De manera similar Ribeiro *et al.* (2009) observaron diferencias en el porcentaje de germinación, debido a los tratamientos de quiebre de dormancia. Entre las pruebas germinativas utilizadas lo que más se destacó fue la inmersión en agua a 80 ° C durante 10 minutos, con resultados relevantes que permiten que el método, por su simplicidad de realización, sea recomendado para uso en viveros y en las propiedades rurales, para la especie. La inmersión de semillas en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por 15 minutos, inmersión en agua a 80 ° C durante 15 minutos y escarificación manual con lija n° 80, con 30 pasadas, también se pueden utilizar para superar la impermeabilidad del tegumento de las semillas.

#### **1.3.1.5. Silvicultura de *P. dubium***

En Brasil, en plantaciones de *P. dubium*, se han registrado crecimientos, medidos a través de IMA en volumen sólido comercial de entre 1,9 y 19,6 m<sup>3</sup>/ha/año para espaciamientos de 3x2 m, medido en rodales de 7 años, (RAMALHO CARVALHO 2002; TEIXEIRA DE MELO DA SILVA 2007). En general es necesaria la intervención con podas correctivas del fuste, ya que presentan crecimiento simpódico con copas bajas (BARTH *et al.* 2008).

Su madera es de gran resistencia, de color gris, textura gruesa, grano irregular se utiliza en ebanistería y construcción. Posee anillos de crecimiento poco demarcados, porosidad difusa, textura media y heterogénea, grano entrelazado con radios muy numerosos (8 a 12 por mm). La densidad media es de 0,88 g/cm<sup>3</sup>, con durabilidad natural moderada y secado lento, y baja resistencia a la tracción (RIVERA y LENTON 1999).

### 1.3.2. Biomorfología: germinación, crecimiento y establecimiento de plantas

El conocimiento de la biomorfología, de la germinación, del crecimiento y del establecimiento de plantas, es imprescindible para comprender el ciclo biológico y los procesos de establecimientos de las especies en su hábitat natural (ALBUQUERQUE CAMARA *et al.* 2008). Esto es de gran importancia para la identificación botánica de las especies, contribuyendo a los estudios de mecanismos de dispersión, sucesión y regeneración natural, así como para fines filogenéticos y ecológicos (BASKIN y BASKIN 1998; PEREZ 2004; ARAÚJO NETO *et al.* 2014).

La morfología de la semilla es necesaria en los análisis de identificación y certificación de la calidad de las semillas (OLIVEIRA y PEREIRA 1984; DE-ARAÚJO *et al.* 2004). Además, según Kuniyoshi (1983), este conocimiento también puede ser aplicado en el manejo, para la conservación de la fauna mediante estudios de dieta de herbívoros. Otro hecho relevante es que la identificación de especies en el banco de semillas puede contribuir a una mejor comprensión de la regeneración y sucesión vegetal en los ecosistemas (BELTRATI 1984; DE-ARAÚJO *et al.* 2004). El conocimiento de las características morfológicas de las especies en las etapas iniciales de crecimiento propicia la identificación de especies forestales en la fase joven, ayudando en los estudios de regeneración natural (KUNIYOSHI 1983; DE-ARAÚJO *et al.* 2004). Además hay autores, quienes dicen que el tamaño de la semilla y las partes internas de los frutos es una característica en todas las plantas y estos órganos muestran baja plasticidad fenotípica. (LOOMIS y CONNOR 1992; FLORES-JIMÉNEZ *et al.* 2014)

De acuerdo con Araújo-Neto *et al.* (2002), uno de los factores básicos para el éxito en actividades de recuperación de áreas degradadas o reforestación, es utilizar especies adecuadas a los ambientes ecológicos de diferentes regiones, considerando la variación genética de la especie, White *et al.* (2007), así como también utilizar semillas de buena calidad fisiológica. De esta manera es necesario un profundo conocimiento de las especies con las que se va a trabajar, evitando así, situaciones que puedan inviabilizar los trabajos que se pretenden realizar. Esto es mucho más importante aún en aquellas especies, en las cuales la información es escasa. *P. dubium*, y muchas otras especies nativas de los bosques nativos del norte argentino, Selva Misionera, Parque Chaqueño, Selva Tucumano Boliviana vienen siendo constantemente amenazadas por los constantes desbastes a nivel país como así también en toda la región (Argentina,

Paraguay, Uruguay, Brasil, Bolivia, entre otros). En este sentido algunos estudios indican la importancia de la conservación ex situ de estas especies y en particular de *P. dubium*. Un ejemplo de esto es un trabajo realizado por el Instituto Forestal de San Pablo, Brasil, donde se llevó a cabo un programa de conservación de *Gallesia gorarema* (Vell.) Moq. y *P. dubium*. Este trabajo tuvo como objetivos la conservación in vivo y ex situ de estos materiales, con el propósito de recuperar áreas degradadas (SIQUEIRA *et al.* 1999).

La recomposición vegetal de áreas degradadas a través de la implantación de especies nativas se fundamenta en el empleo de métodos que apuntan a asegurar la armonía entre la conservación del ecosistema, (vegetación, fauna, suelo, agua, entre otros) y la actividad productiva, en búsqueda de la perpetuidad del sistema. El conocimiento de especies nativas que sean valiosas en cuanto a recuperar fertilidad de suelo y que a su vez sean de interés económico para los propietarios de tierras agrícola-forestales, trae aparejada la necesidad de encarar estudios sobre su adaptabilidad a plantaciones bajo distintos sistemas, forestales y agrosilvoforestales (BARTH *et al.* 2008).

Es por ello que desarrollar un proyecto de recolección de material genético de *P. dubium*, tanto de diferentes procedencias como progenies, y su posterior evaluación a corto y largo plazo, constituyen una herramienta fundamental, en la búsqueda de obtener, conservar y multiplicar un banco de germoplasma de alto valor para Argentina y la región en general.

Los ensayos de procedencia a corto plazo, recomendados por la IUFRO en su informe, serían particularmente aptos para una combinación de plantaciones de procedencias, ya que están destinados a conseguir resultados válidos de las procedencias hasta el momento en que se entable una competencia importante; deben terminarse antes del primer aclareo. Las parcelas pueden contener hasta 16 árboles dispuestos en cuadrados, rectángulos o en hileras. Esos ensayos sirven para investigar la facilidad de arraigo, la fonología, el porcentaje de crecimiento inicial, la morfología, la resistencia inicial a los insectos, enfermedades y factores climáticos (tales como las heladas (SCHREINER 2015).

En un trabajo realizado por Zulle *et al.* (2015), se evaluó una técnica de enriquecimiento en fajas con plantas de *Grevillea robusta*, *Handroanthus heptaphyllus* y *P. dubium* en un bosque del Chaco húmedo que fue explotado en el siglo pasado hasta la década del treinta y con algunas extracciones leves posteriores. Al momento de

establecer el ensayo, la masa contaba con 17 m<sup>2</sup> de área basal (57 % del área basal del bosque sin aprovechamiento). Se evaluó la sobrevivencia de los individuos plantados, la situación de competencia en la cual se desarrollaban y su crecimiento en diámetro y altura. Los resultados, luego de seis años de la plantación, mostraron que sólo en el caso de *P. dubium* se obtuvieron buenos resultados de sobrevivencia y que el crecimiento, tanto en diámetro como en altura fue pobre, ya que las plantas de enriquecimiento crecieron bajo fuerte competencia. Los individuos que encontraron situaciones puntuales de menor competencia marcaron diferencias en crecimiento frente al resto.

Hablar de enriquecimiento de bosques nativos, y en este caso con *P. dubium*, requiere analizar o tener en cuenta ciertos aspectos. En sitios con niveles de degradación bajos o intermedios, donde los suelos están en gran parte intactos y hay suficientes fuentes de germoplasma para la próxima generación (por ejemplo, árboles maduros o un banco de semillas del suelo), la regeneración natural puede ser la mejor opción (CHAZDON 2008). Esta elude algunos de los riesgos asociados con la introducción de germoplasma, promoviendo el mantenimiento de la integridad genética y el reclutamiento de plántulas bien adaptadas. Sin embargo, en sitios donde existe situaciones de (a) banco de semillas nativas insuficientes, (b) banco de semillas que sufren de erosión genética; y / o (c) la introducción de material vegetal forestal podría ser ventajoso o la única solución, al menos a corto plazo (THOMAS *et al.* 2014).

Otros antecedentes, como por ejemplo un estudio de variación de la procedencia en los caracteres morfométricos de las semillas, germinación y crecimiento de las plántulas de *Cordia africana* por Loha *et al.* (2006), evaluaron los patrones de variación genética en seis poblaciones de *Cordia africana*. El análisis de varianza reveló diferencias significativas entre las procedencias en todos los atributos excepto el diámetro del cuello de la raíz después de 4 meses de crecimiento. El efecto de procedencia, determinado por heredabilidad de sentido amplio, fue del 71-98% para los caracteres morfométricos de la semilla, el 80% para la germinación, 42% para la energía de germinación, 57-58% para la altura de la plántula y 3-13% para el diámetro al cuello de la raíz.

Al estudiar y evaluar experimentalmente la influencia de la procedencia geográfica sobre las características morfométricas de simientes de *Prosopis alba*, los resultados evidenciaron diferencias significativas en longitud, ancho y peso de semillas entre las distintas procedencias. Entre ellas, el mayor coeficiente de variación lo

presenta el peso de 1000 semillas, lo cual indica que este es el parámetro que más difiere entre las poblaciones analizadas (FONTANA *et al.* 2015).

Los árboles forestales están excepcionalmente bien caracterizados con respecto a la variación cuantitativa adaptativa, y con respecto a las respuestas a diferentes variables climáticas. Además, los ensayos de procedencia actuales ignoran algunos estudios, como ser de germinación y establecimiento. Los nuevos experimentos deberían incluir ensayos de campo abarcando áreas más allá de los márgenes de rango existentes. Experimentos en cámaras de crecimiento controlado también pueden ayudar identificar aquellos aspectos abióticos de la temperatura y la humedad a los que las poblaciones se adaptan localmente, generando condiciones climáticas análogas a las proyectadas en el futuro (ALBERTO *et al.* 2013) .

En un estudio de variación morfométrica de especies de quercus confirmaron que la tendencia a producir frutos de mayor tamaño se correlaciona con el tamaño de la semilla (RUBIO-LICONA *et al.* 2011).

Estudiar las variaciones morfométricas de frutos y semillas, como así también otras variables resultan de mucha importancia, ya que ayudarán a futuro a explicar la variabilidad genética, como lo refiere, pues si se describe la variación que se encuentra entre individuos, se puede evaluar la variabilidad genética de este árbol para su selección, domesticación y adecuado aprovechamiento (ZOBEL y TALBERT 1988; VIVEROS COLORADO 2001).

En estudios morfométricos *Guazuma ulmifolia*, se encontró que el peso del fruto es la característica más variable y su longitud y diámetro tienen poca variación. El peso de la semilla resultó ser menor que lo reportado en la literatura, por su parte el largo y ancho de las semillas son poco variables en la población. Existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que hay diferencias entre árboles, cuya variación apunta a los atributos de naturaleza genética y que es suficiente para utilizarla como base preliminar de selección en la domesticación de esta especie agroforestal (VIVEROS COLORADO 2001).

En la provincia de Misiones (Argentina) se encontró que el peso de los frutos a nivel inter e intrapoblacional de *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (Guatambú Blanco) mostró diferencias estadísticas significativas; en la velocidad de germinación hubo diferencia estadísticas significativas interpoblacional; el porcentaje de germinación presentó diferencias significativas entre árboles; mientras que a nivel

interpoblacional no se observaron diferencias estadísticamente significativas (BROZ *et al.* 2010).

A nivel geográfico, las condiciones impuestas por la declividad y orientación del suelo, diferentes cantidades de energía solar son recibidas. Por otro lado latitudes más altas tienden a producir variaciones más expresivas de microclimas, y por lo tanto del comportamiento de las plantas (CALEGARI 2009). En general, las diferencias en las procedencias para los rasgos individuales, o conjunto de rasgos, se asocian con las diferencias ambientales a través de diferencias encontradas en distintos paisajes para describir la adaptación a patrones de variación. Para ello existen métodos detallados para la toma de muestras de procedencias (WHITE *et al.* 2007).

El estudio de los patrones geográficos de la variación morfológica de las poblaciones puede contribuir a identificar taxas localmente adaptados; la identificación de estos grupos puede ser útil para incrementar la probabilidad de éxito de los programas de reforestación al introducir genotipos adecuados al ambiente (RUBIO-LICONA *et al.* 2011).

Las ubicaciones muestreadas deben abarcar diferentes rankings edafoclimáticos. La semilla de polinización abierta se debe cosechar aleatoriamente de árboles madres elegidos en cada procedencia; Se recomiendan 10 o más árboles para obtener una estimación razonable de la media de procedencia. Esta semilla generalmente se mantiene separada por la madre árbol. A lo largo del estudio, la identidad de la semilla de cada árbol madre se debe mantener separada por procedencias y familias de procedencias. Estos lotes de semillas son identificados como tratamientos genéticos. Se recomienda utilizar diseños de experimentos completamente aleatorizado, o en bloques de acuerdo a las variaciones del lugar del ensayo. Las plántulas se miden de unos meses a algunos años, y los rasgos evaluados pueden incluir tasas de crecimiento, fenología (fechas de inicio y cesación del crecimiento), morfológicas (tamaño de la hoja, densidad estomática, relación raíz / brote), procesos fisiológicos (fotosíntesis, transpiración, absorción de nutrientes) y la supervivencia u otras respuestas al estrés impuesto (sequía Supervivencia, resistencia al frío o resistencia a enfermedades). Los estudios de variación genética a corto plazo son apropiados para caracterizar patrones genéticos de variación geográfica natural (clinal, ecotípica o ambas). Sin embargo hay que tener en cuenta que solo se evalúa un periodo muy corto del ciclo de vida del árbol. Esto, no permite determinar cuáles procedencias realmente producen más o tienen una mejor calidad de producto a la edad de rotación. Por estas razones, los ensayos de procedencia

a largo plazo en experimentos de campo son necesario para elaborar directrices definitivas sobre la transferencia de semillas y tomar decisiones sobre las mejores procedencias para programas de reforestación (WHITE *et al.* 2007).

No sólo es importante probar la existencia de variación geográfica, sino también describir los patrones actuales que refleja la variación existente. Numerosos estudios morfológicos y morfométricos muestran una gran diversidad de patrones de variación geográfica (MONDINO 2014).

Los estudios de las fuentes de semilla (o ensayos de procedencias) generan información útil para la definición de estrategias de mejoramiento, no obstante la finalidad práctica principal es identificar las procedencias cuyas semillas dan lugar a bosques productivos y bien adaptados (FONTANA *et al.* 2015).

El aislamiento geográfico puede reducir la variabilidad genética dentro de las poblaciones al reducirse el flujo genético y propiciar un proceso de diferenciación morfológica entre ellas. En un estudio de variación geográfica en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de *Pseudotsuga menziesii* de México, el porcentaje de germinación varió entre sitios desde 7.7 a 84%. Además encontraron diferencias de energía germinativa en sitios diferentes, lo que podría ser una adaptación a un ambiente más limitativo y además consistentes con el tamaño de las semillas (semillas más grandes, y de mayor velocidad de germinación). Las semillas que emergen más rápido generan inicialmente plántulas más vigorosas, por lo que pueden aprovechar al máximo la época de crecimiento (SORENSEN y CAMPBELL 1997; JUÁREZ-AGIS *et al.* 2006).

La variación geoclimática de las especies forestales, comprobadas a través de su expresión fenotípica, concuerda con su variación genotípica, esto se comprobó en un estudio de variación adaptativa en poblaciones alpinas naturales de picea noruega (*Picea abies* [L.] Karst) a escala regional, en este estudio, así como se esperaba, los análisis jerárquicos de la varianza molecular revelaron que la mayoría de la variabilidad genética se encontró en rodales, aunque un poco más también se encontró una variación significativa entre los grupos geográficos (DI PIERRO *et al.* 2017).

Sin embargo, las poblaciones de árboles forestales parecen ser generalmente muy resilientes a las prácticas de manejo forestal. Promediando los parámetros de variación genética, no presentan diferencias significativas entre poblaciones expuestas a métodos específicos de manejo forestal, comparando esto con poblaciones de "control". Observando las diferencias, son bastante más sutiles y consideran principalmente la

estructura de la diversidad genética. Debido a los cambios ambientales y la acción antropogénica, la resiliencia de las especies y los ecosistemas en los bosques mediterráneos deberían ser altos. La diversidad genética neutral y adaptativa proporciona un mecanismo que permite reforzar la perseverancia de la población y la persistencia de las funciones del ecosistema, y por otro lado la pérdida de la diversidad genética puede reducir la resiliencia (ARAVANOPOULOS 2018).

En un trabajo desarrollado por Nakagawa *et al.* (2010) en Botucatu, SP (Brasil), cuyo objetivo fue determinar el momento de ocurrencia del máximo potencial de germinación durante la maduración de las semillas de *P. dubium*, relacionándola con la secado de los frutos, concluyeron que la mayor capacidad germinativa de las semillas fue alcanzada después de la ocurrencia de la máxima acumulación de masa. Además el máximo potencial de germinación, detectado en las semillas se observaron al inicio de la dispersión, cuando predominan semillas duras.

### **1.3.3. Biomorfología: unidades dispersoras (semillas)**

Realizar un estudio de morfología interna y externa de las unidades dispersoras (semillas), es importante para la identificación de especies y reconocimiento de semillas (GROTH y LIBERAL 1988; ARAÚJO-NETO *et al.* 2002). Estudios como este, también permiten acceder a informaciones previas a la germinación de la semilla, como ser dormancia, morfología de la semilla, su estructura, presencia de capas impermeables, embriones inmaduros, entre otros problemas que pueda acusar la simiente.

Los estudios de la morfología de semillas y plántulas son importantes para mejorar los conocimientos respecto a banco de semillas en el suelo, como así también la identificación de especies cuando se da la regeneración natural en áreas degradadas (ARAÚJO-NETO *et al.* 2002).

La biometría (longitud, anchura y espesor) de semillas puede proporcionar soportes importantes para la diferenciación de especies de un mismo género (CRUZ *et al.* 2001). El grado de confiabilidad de los caracteres morfológicos para identificación es dado por su constancia, de modo que, cuanto más constantes se presenten mayor será su confiabilidad (OLIVEIRA 2014).

Se sabe que los bosques tropicales son autosostenibles, mediante procesos locales de mortalidad, regeneración y crecimiento. Esto sólo ocurre a través de un equilibrio dinámico, en el que la muerte de un árbol es continuamente sustituida a través

del reclutamiento de nuevos individuos. Por su parte, el establecimiento de nuevos individuos (reclutamiento), así como el cambio de clase de tamaño (crecimiento), son influenciados por varios factores, ya sean bióticos o abióticos, como la oferta de semillas y su dispersión, la disponibilidad de lugares para la germinación y para el establecimiento, la apertura de claros, entre otros (CALEGARI 2009; KLEIN 2011).

El efecto de los factores fisiográficos sobre el banco de semillas se debe también al escurrimiento superficial del agua de lluvia, que favorece el transporte de las semillas. Además del efecto del agua, existe también influencia de la fuerza gravitacional, viento y de los dispersores de semillas que actúan cargándolas de las posiciones más elevadas a las inferiores. El contenido de humedad del suelo también afecta a la germinación. La humedad en el suelo actúa en el tegumento, ablandando, favoreciendo la entrada de oxígeno y permitiendo la transferencia de nutrientes solubles a las diversas partes de las semillas (CALEGARI 2009).

En procesos de regeneración natural con especies arbustivas-arbóreas, *P. dubium* con árboles de la misma franja etaria, facilitaría más el establecimiento de especies con mayor tolerancia a la sombra (CALLEGARO *et al.* 2013).

Los estudios orientados a la descripción especies nativas en los aspectos biométricos de frutos, semillas y morfología de plántulas y plantas jóvenes son importantes para ampliar los conocimientos taxonómicos, filogenéticos y ecológicos de las especies de interés, como así también es fundamental en los programas de conservación in situ y ex situ, y establecimiento de modelos de recomposición vegetal (BATTILANI *et al.* 2006).

De los resultados de varios estudios se puede concluir que diferentes características morfológicas entre las plántulas analizadas son importantes para su uso en la identificación y reconocimiento, así como la caracterización de su especie. Además, a través de la caracterización de los diferentes tipos de plántulas presentes en diferentes ecosistemas es posible inferir la historia evolutiva de los grupos de plantas, sirviendo también como base para los estudios de regeneración. La etapa de plántula es una etapa importante de la planta de ciclo porque proporciona información relevante que puede ser utilizado en estudios taxonómicos y ecológicos. Los estudios que se centran en la descripción morfológica revelan caracteres que a menudo tienden a desaparecer durante el desarrollo de la planta, pero que pueden ser relevantes para la diferenciación de taxa (ALVES *et al.* 2013).

Estudiar la biometría de frutos y semillas, en definitiva sirve para conocer la variabilidad los caracteres morfológicos que se están analizando, donde ciertas características como una gran producción de semillas permite conjeturar sobre un mecanismo que favorece a la diseminación de la especie (OLIVEIRA-BENTO *et al.* 2013).

#### **1.3.4. Tamaño de la semilla**

De acuerdo a varios autores, el tamaño de la semilla puede ser determinante en varios aspectos, como por ejemplo el tamaño de la plántula que se va a desarrollar a partir de una semilla. En ese sentido la relación del peso de la planta con el peso de la semilla depende de la cantidad de reservas usadas y de la eficiencia en la conversión de estas reservas a biomasa de la plántula. Una plántula que alcanza a formarse bien, y de buen tamaño, podrá formar raíces profundas, captar más luz, y escapar de procesos de mortalidad dependientes del tamaño como es la herbivoría. Del mismo modo, otros análisis han registrado una relación positiva entre el tamaño de la semilla y la supervivencia de la plántula a largo plazo (HENDRIX *et al.* 1991; BONFIL 1998; CHACON y BUSTAMANTE 2001; MOLES y WESTOBY 2006; QUERO *et al.* 2007; GONZÁLEZ RODRÍGUEZ *et al.* 2008).

La influencia del tamaño de las semillas sobre la calidad fisiológica, ha sido muy estudiada en varias especies, pero en pocas forestales. Además, la separación de las semillas por clases de tamaño para la determinación de la calidad fisiológica, a través de test de germinación y vigor, han sido bastante empleadas, en la búsqueda de encontrar una clase ideal para multiplicaciones de diversas especies vegetales. Los resultados obtenidos en gran parte de las experiencias, obedecen a una regla, más o menos general, de que a cuanto mayor tamaño y peso de las semillas, mejor será la germinación y vigor, además las semillas mayores producen plántulas más vigorosas, probablemente porque poseen mayor cantidad de material de reserva, mayor nivel de hormonas y mayor embrión. La mayor cantidad de reserva mejora la calidad fisiológica de la semilla y aumenta la posibilidad de sobrevivencia de la plántulas por un tiempo mayor, en condiciones que pudieran ser desfavorables (CARNEIRO 1985; FRAZAO *et al.* 1985; HAIG y WESTOBY 1991; SURLLES *et al.* 1993; TORRES 1994; URSULINO ALVES *et al.* 2005)

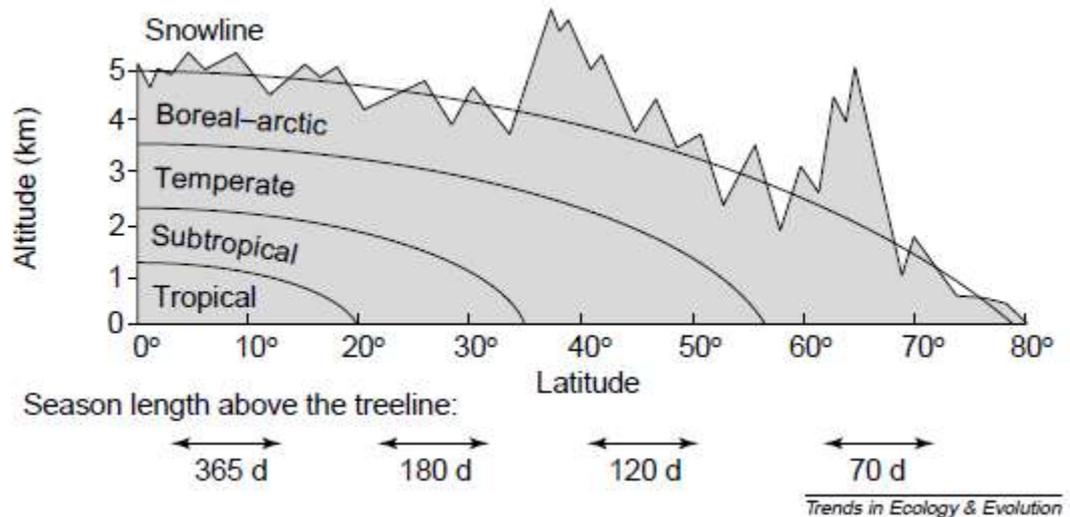
La literatura menciona la influencia del tamaño de la semilla en relación al futuro desarrollo del vegetal. Una característica es que podemos encontrar semillas

grandes en aquellos ambientes ecológicos sombreados. Por otra parte los vegetales provenientes de semillas grandes se adaptan con mayor facilidad a sitios con stress hídrico. La sobrevivencia de las especies forestales también está asociada al número y tamaño de las semillas. En tal sentido, esas correlaciones son ejemplos de las relaciones directas entre las estrategias evolucionarias de las especies y la teoría de la estructura de las comunidades vegetales. Por otro parte, el tamaño de la semilla influye además cuando se dan condiciones de sombreadamiento, es así que hay estudios que indican que la sobrevivencia es mayor en condiciones de sombra cuando la semilla utilizada es de mayor tamaño (GRIME y JEFFREY 1965; JAKOBSSON y ERIKSSON 2000; MALAVASI y MALAVASI 2001).

El papel ecológico de la semilla como fuente de reservas y el de los frutos como unidad de dispersión debe estudiarse más ampliamente, correlacionando el peso del fruto y semilla, así como grosor, estructura y función del pericarpo con la viabilidad, germinación, emergencia y el establecimiento de las plántulas, y además debe considerarse también la necesidad de evaluar la variación en un mismo individuo, entre individuos y entre poblaciones de cada especie (RUBIO-LICONA *et al.* 2011).

El tamaño de las semillas se correlaciona entonces con el tamaño de los plantines, la capacidad germinativa y reproductiva entre otros, pero esta característica sería de baja heredabilidad de acuerdo con Silvertown (1989); Pastorino y Gallo (2000), quienes menciona que en muchas especies silvestres el tamaño de la semilla es una variable fenotípicamente plástica y de baja heredabilidad, con lo cual concluye que se presentaría la paradoja de tratarse de un carácter de alta aptitud reproductiva pero bajo poder selectivo (referido a selección estabilizante), ya que las plántulas más aptas, que serían las provenientes de semillas grandes, volverían a producir semillas grandes y pequeñas indistintamente.

Analizando las posibilidades de interacción, en una determinada latitud, dependiendo de la altitud, se podrán dar condiciones de un determinado clima en particular, pero con la longitud del día ajustada a dicha latitud (figura 1), lo cual sugiere o confirma las afirmaciones de (MONDINO 2014) respecto a las interacciones de las variables geoclimáticas.



**Figura 1.** Tendencias en ecología y evolución. Interacción de climas tropicales, subtropicales, templados y boreales-árticos en las franjas latitudinales y longitudinales.

**Fuente:** (KÖRNER 2000)

La semilla proveniente de sitios áridos es normalmente de mayor tamaño que la de sitios húmedos según Wright (1976), esto estaría indicando una adaptación a la probabilidad de tener que soportar estrés hídrico al germinar de acuerdo con Baker (1972), situación en la que la cantidad de reservas jugaría un rol decisivo en el éxito de la plántula.

La heterogeneidad en los tamaños de las semillas puede deberse a la diferencia de reservas nutritivas resultantes de las condiciones adversas durante su desarrollo, que pueden originar semillas de tamaños similares pero de pesos diferentes, por este motivo algunos autores prefieren utilizar el peso asociado al tamaño como requisitos para caracterizar la calidad de las mismas (FONTANA *et al.* 2015).

### 1.3.5. Cosecha de semillas

En la actualidad, la cosecha de semillas para realizar plantaciones con especies nativas, como en el caso de especies arbóreas como *P. dubium*, *Myrcarpus frondosus* (Incienso), *Cordia trichotoma* (Peteribí) se realiza en general, a partir de una selección meramente fenotípica en bosques nativos, donde existe una enorme variedad de situaciones ambientales y de edad y por la tanto, una baja eficiencia en el proceso selectivo. Una consecuencia directa de este aspecto, es la subutilización del potencial

genético de las especies en consideración, lo que implica una gran desventaja para cualquier programa de domesticación que se quiera considerar (NIELLA *et al.* 2014).

### 1.3.6. Procedencias, fuentes de semillas, familias y razas geográficas

Dos términos importantes se utilizan como etiquetas para describir el lugar donde se obtiene el material de acuerdo a White *et al.* (2007): (1) La **procedencia** es la ubicación geográfica, la ubicación de la población nativa donde se originó el material vegetal; y (2) la **fuentes de semilla** es la ubicación geográfica a partir de la cual se obtuvo la semilla, independientemente de si los árboles progenitores se encuentran en su población nativa. Por otro lado y conforme a Genes (2017) el término (3) **familias** denota a grupos de árboles que tienen uno o ambos progenitores en común. El término familias de hermanos-completos se refiere a la situación en la que los dos progenitores (masculino y femenino) de una familia son conocidos, tal como sucede en árboles generados por polinización controlada. El término familias de medio-hermanos se utiliza solo cuando se conoce un solo progenitor de la familia de la cual se cosechó semilla u otro propágulo, como sucede en árboles generados por polinización abierta.

Una (4) **raza geográfica** se define como una subdivisión de una especie que consiste en un grupo de individuos genéticamente similares que ocupan un territorio particular al que se han adaptado a través de la selección natural (ZOBEL y TALBERT 1984; WHITE *et al.* 2007). La definición no pretende significar que no hay variación genética dentro de una raza geográfica, sino que los árboles dentro de una raza son más genéticamente similares entre sí de lo que son a los árboles en una raza diferente. Estas diferencias entre las razas se encuentran a través de la experimentación como se describe en ensayos experimentales usados para estudiar la variación geográfica. Cuando los experimentos demuestran que las razas geográficas han evolucionado en respuesta a diferencias de elevaciones, climas o suelos, a veces se llaman a veces razas de elevación, razas climáticas o edáficas, respectivamente. El punto importante es que las razas geográficas difieren genéticamente, y que estas diferencias evolucionaron en respuesta a la selección natural diferencial en ambientes distintos

Los primeros estudios de variación geográfica se basaron en las mediciones de los árboles naturales dentro de la gama nativa, sin embargo, los estudios sobre los fenotipos que son medidos en poblaciones naturales revelan muy poco sobre los patrones genéticos de variación geográfica, ya que estos fenotipos en rodales diferentes están influenciados tanto por diferencias ambientales como genéticas entre rodales. En

otras palabras, los efectos genéticos y ambientales se confunden cuando los fenotipos son medidos en poblaciones naturales. Por lo tanto, este tipo de investigaciones no es utilizado cuando el objetivo es determinar las diferencias genéticas entre las procedencias (WHITE *et al.* 2007).

Para aislar diferencias genéticas entre procedencias y caracterizar patrones genéticos de variación geográfica, se realizan tres tipos de estudios:

- (1) Estudios en los que el material vegetal se obtiene a partir de ambientes naturales y marcadores genéticos medidos directamente con este material;
- (2) Estudios en los que las semillas obtenidas de las procedencias son sembradas en viveros, invernadero u otros ambientes artificiales, y crecen por un tiempo corto (pocos meses a algunos años) seguido de mediciones morfológicas de las plántulas.
- (3) Estudios en los que se utilizan semillas de diferentes procedencias para establecer uno o más experimentos de campo y los árboles plantados se miden un tiempo (hasta la edad de rotación o más). Los marcadores genéticos pueden ser ensayados directamente de los tejidos recolectados en el campo porque su expresión no se ve afectada por el medio ambiente del sitio de recogida. Por otro lado, los dos últimos, son experimentos comunes de jardinería que implican un crecimiento de diferentes procedencias en ensayos aleatorios y repetidos.

Son cuatro tipos de enfoques experimentales que se pueden utilizar para:

- (1) Determinar patrones de la variación genética dentro del rango natural de una especie;
- (2) Relacionar estos patrones con patrones de variación físicos, edáficos y climáticos dentro del rango;
- (3) Comprender la Importancia relativa de las fuerzas evolutivas que han dado forma a los patrones observados; y
- (4) Construir lineamientos de transferencia de semillas dentro del rango natural basado en patrones de variación genética adaptativa.

Para los enfoques experimentales, es importante mantener buenos registros de procedencia, ubicaciones y posiciones del árbol madre dentro de cada ubicación. El posicionamiento global moderno (GPS) facilita el registro de la latitud, longitud y elevación de cada árbol. Por otra parte, para Mondino (2014), la metodología de análisis es crucial para poder detectar la variación geográfica, discriminar la raíz genética y ambiental de la misma, y dilucidar los patrones de variación subyacentes. El método del

análisis de la varianza ha sido ampliamente usado para detectar variación asociada con rasgos ambientales utilizados como factores de clasificación, permitiendo así reconocer la variación ecotípica. El uso de la regresión multivariada, en cambio, es la metodología adecuada para detectar variación clinal en algún rasgo asociado a un gradiente ambiental. Clinas y ecotipos, lo mismo que regresiones y análisis de variancia, no son conceptos mutuamente excluyentes, sino que por el contrario pueden complementarse.

De acuerdo con Mondino (2014), como conclusiones de su estudio sobre Variación geográfica y genética en caracteres adaptativos iniciales de *Nothofagus pumilio*, puede afirmar que los distintos ensayos han contribuido a presentar patrones de variación geográfica desde diferentes perspectivas. Hubo una notable diferencia en la variación interpoblacional hallada en los ensayos de variación natural comparados con aquellos de ambiente común. Los ensayos de variación natural reflejaron una muy alta variación interpoblacional, principalmente en el peso de semilla cuyo aporte a la variación total fue superior al 80%. La variación natural, en rasgos seminales, muy sensibles a características ligadas a la sobrevivencia en el medio en el que se desempeña, muestra la gran variabilidad ambiental a la que se halla sujeta la especie en el rango de estudio. Los otros caracteres seminales, también presentaron variación significativa entre poblaciones. Comparativamente, los caracteres evaluados a través de ensayos de ambiente común presentaron menor o nula variación entre poblaciones. En este sentido otros autores ponen énfasis en la recomendación de establecimientos de ensayos para estudios de variación de especies forestales dentro de su hábitat natural (SCHREINER 2015).

Varios estudios, al analizar la variación en los parámetros de tamaños de frutos, semillas, germinación, plántulas, hojas y raíces, han encontrado diferencias según las procedencias, en especies como *Zanthoxylum rhetsa*, *Adansonia digitata* L (Baobab), *Sapindus mukorossi*, *Azadirachta indica* A. Juss, *Mimosa caesalpinifolia* Benth (URSULINO ALVES *et al.* 2005; PATIL 2012; MUNTHALI *et al.* 2012; ABUTABA *et al.* 2015; SUN *et al.* 2017).

## 2. MATERIALES y MÉTODOS

El material vegetal se obtuvo de las cosechas realizadas en las provincias de Misiones, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Salta y Tucumán (figura 2 y tabla 1, 2 y 5), en el marco del Proyecto SILVA 17: Red de árboles y áreas semilleras para la conservación, domesticación y rescate de recursos fitogenéticos nativos a las selva paranaense (NIELLA *et al.* 2017a) y PDTs 2017: Metodologías para la conservación y domesticación de especies nativas interés foresto-industrial de la provincia de Misiones: técnicas de propagación, establecimiento de ensayos a campo y jardines mini-clonales de procedencias y progenies (NIELLA *et al.* 2017b). Para ejemplificar, en el anexo se encuentran la ficha de una progenie (figura 25). Al sitio de recolección, es decir las provincias, se denominó procedencia y a cada árbol registrado en este estudio, progenie.

El estudio de variación geográfica de *P. dubium*, hace referencia a las diferencias fenotípicas entre árboles nativos creciendo en diferentes porciones del área de distribución de esta especie, y se basó en análisis de la variación natural por un lado (morfometría de frutos y semillas) y en los estudios de corto plazo y de ambiente común (poder germinativo, morfometría de plántulas y sobrevivencia) (MONDINO 2014). Las características morfométricas de frutos y semillas (tabla 3) fueron evaluadas y medidas en el Laboratorio de Propagación Vegetativa de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNaM, en Eldorado (Misiones). Asimismo y en ese mismo lugar, se realizaron los ensayos de germinación y evaluación de las variables de crecimiento y sobrevivencia de los plantines, a través de un diseño completamente aleatorizado (figura 26).

### 2.1. Área de estudio

Este estudio fue realizado con datos de poblaciones nativas de *P. dubium* provenientes de la región noroeste y litoral de Argentina ( $23^{\circ} 28' - 32^{\circ} 08' S$ ,  $54^{\circ} 30' - 65^{\circ} 18' O$ ), abarcando un área de 1.025.000 km<sup>2</sup> (figura 2). El material genético (frutos y semillas) para este estudio fue seleccionado y recolectado de 7 procedencias (Misiones, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Salta y Tucumán) y 35 progenies (tabla 1).

**Tabla 1.** Procedencias y progenies

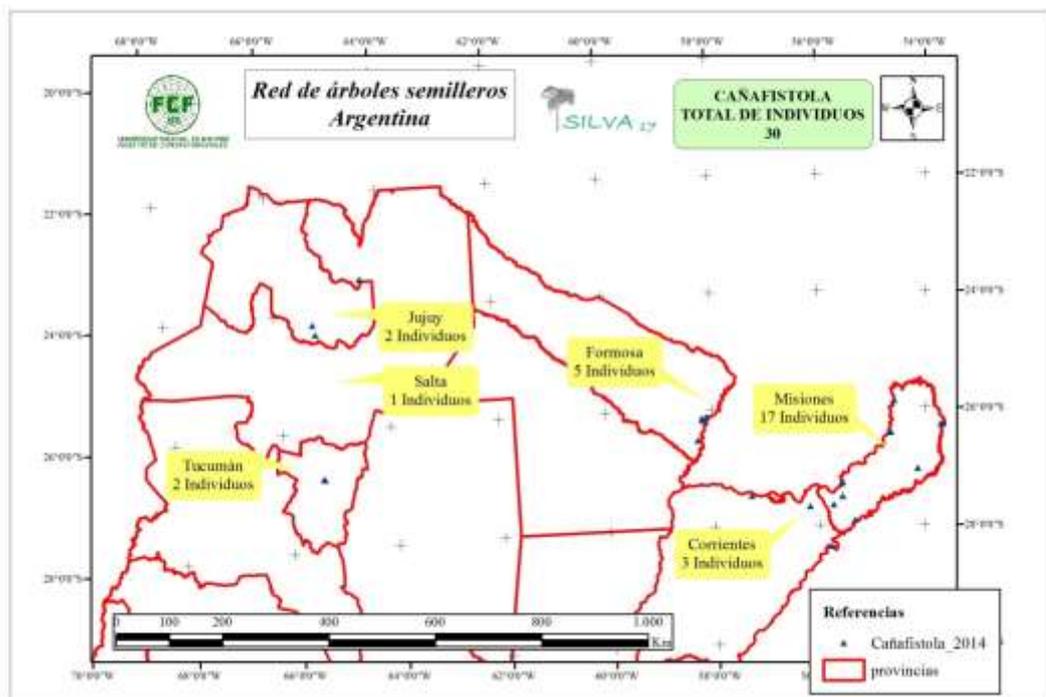
	<b>Procedencias</b>	<b>Progenies</b>
<b>1</b>	CORRIENTES	7
<b>2</b>	ENTRE RÍOS	5
<b>3</b>	FORMOSA	5
<b>4</b>	JUJUY	2
<b>5</b>	MISIONES	13
<b>6</b>	SALTA	1
<b>7</b>	TUCUMÁN	2
	<b>TOTAL</b>	<b>35</b>

Para obtener estimados válidos de una procedencia, se considera que esta debe estar representada por un mínimo de 5 familias, de manera que las procedencias Jujuy, Salta y Tucumán no deberían incluirse en el análisis, sin embargo se decidió realizar los análisis con todos los datos de las procedencias disponibles (COTTERILL 1990; MESÉN y VÁSQUEZ 2009). Por otra parte, y según White *et al.* (2007) el número recomendado de procedencias para los estudios de plántulas a corto plazo puede variar entre 10 y 100 procedencias, cosechando semillas de al menos 10 árboles por procedencia, separando las semilla por árbol madre (familias) dentro de cada procedencia.

**Tabla 2.** Progenies estudiadas de *P. dubium*

<b>Procedencia</b>	<b>Progenie</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Progenie</b>
ENTRE RÍOS	CF1	MISIONES	CF19
ENTRE RÍOS	CF2	FORMOSA	CF20
ENTRE RÍOS	CF3	FORMOSA	CF21
ENTRE RÍOS	CF4	FORMOSA	CF22
ENTRE RÍOS	CF5	MISIONES	CF23
CORRIENTES	CF6	FORMOSA	CF24
CORRIENTES	CF7	MISIONES	CF25
CORRIENTES	CF8	MISIONES	CF26
CORRIENTES	CF9	SALTA	CF27
CORRIENTES	CF10	TUCUMÁN	CF28
CORRIENTES	CF11	CORRIENTES	CF29
MISIONES	CF12	FORMOSA	CF30

MISIONES	CF13	MISIONES	CF31
MISIONES	CF14	MISIONES	CF32
MISIONES	CF15	TUCUMÁN	CF33
MISIONES	CF16	JUJUY	CF34
JUJUY	CF17	MISIONES	CF35
MISIONES	CF18		



**Figura 2.** Ubicación geográfica de las procedencias y progenies de *P. dubium*

**Fuente:** Ing. Ftal. Claudio Dummel. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones Proyecto SILVA 17 (NIELLA *et al.* 2017a).

Las progenies pertenecientes a la ciudad de Villa Elisa (Entre Ríos) y Mercedes (Corrientes), no fueron georreferenciadas, por lo cual no se las incluyó en el mapa.

### 2.1.1. Regiones fitogeográficas bajo estudio

Según un informe del Senasa (2014), los bosques nativos en Argentina se concentran en el Parque Chaqueño, la Selva Misionera, la Selva Tucumano-Boliviana, el Bosque Andino Patagónico, el Espinal y el Monte. Las provincias que presentan mayores extensiones forestales son Chaco, Formosa, Santiago del Estero, Salta,

Misiones, Santa Fe y La Pampa. Estos bosques nativos están compuestos por más de 90 especies entre las que se encuentran quebrachos colorados y blancos, algarrobos, lapachos, inciensos, cedros, guatambúes, jacarandás, peteribís, palos santos, alerces, ñandubays y sauces. Por otro lado, los bosques implantados o de cultivo están conformados casi exclusivamente por especies exóticas de rápido crecimiento. En la Argentina, se componen principalmente por las coníferas (54%), seguidas por los eucaliptos (32%) y las salicáceas (9%). Estos bosques se concentran en la región de la Mesopotamia (Misiones, Corrientes y Entre Ríos), Delta del Río Paraná, Buenos Aires, Córdoba y Neuquén. Para nuestro país, los bosques de cultivo constituyen un recurso estratégico dado que, con el objetivo de preservar las especies nativas, más del 90 % de la industria forestal trabaja sobre este tipo de bosques (SENASA 2014). Las regiones forestales de Argentina según la Umsef (2016): parque chaqueño, selva paranaense, yungas, espinal, monte y bosque andino patagónico. De estas seis regiones, excepto el bosque andino patagónico, las demás involucran a las provincias que están dentro del área de este estudio: Misiones, Corrientes, Formosa, Tucumán, Salta, y Entre Ríos. El Parque Chaqueño según lo describe Cabrera (1976) abarca las provincias de Formosa, Chaco, este de Salta, de Jujuy, de Tucumán, de Catamarca y de La Rioja, todo Santiago del Estero, norte de San Luis, de Córdoba y de Santa Fe y noroeste de Corrientes. Además puede dividirse en dos grandes sub-regiones: el Chaco Oriental o Húmedo y el Chaco Occidental o Seco. Las especies características incluyen a quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), guayacán (*Caesalpinia paraguariensis*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*), algarrobo blanco (*Prosopis alba*), entre otras. La selva paranaense se encuentra en Misiones y NE de Corrientes, se la llama también provincia fitogeográfica paranaense (APODACA *et al.* 2015). Las especies que pueden encontrarse son: guatambú (*Balfourodendron riedelianum*), laurel negro (*Nectandra megapotamica*), Alecrín (*Holocalyx balansae*), laurel amarillo (*Nectandra lanceolata*), loro blanco (*Bastardiopsis densiflora*), peteribí, (*Cordia trichotoma*), lapacho (*Tabebuia impetiginosa*), lapacho negro (*Tabebuia heptaphylla*), timbó colorado (*Enterolobium contortisiliquum*), anchico colorado (*Parapiptadenia rigida*), Ibirá pitá (*P. dubium*), guayubirá (*Patagonula americana*) y cedro misionero (*Cedrela fissilis*), entre otras. Las Yungas (o la Selva Tucumano Boliviana) ocupan desde la frontera con Bolivia hasta el norte de la provincia de Catamarca y pasan por las provincias de Salta, Jujuy y Tucumán. Presentan una longitud de 600 km en sentido norte-sur y menos de 100 km de ancho, en un rango

altitudinal entre los 400 y 3.000 msnm. Como respuesta al gradiente ambiental, la vegetación de las Yungas se organiza en pisos o franjas de vegetación de características fisonómicas y florísticas bien diferenciables; selva pedemontana, selva montana, bosque montano y yungas de transición. Las especies comunes en esta región son el palo blanco y palo amarillo” (*Calycophyllum multiflorum* y *Phyllostylon rhamnoides*, respectivamente), tipa y pacará” (*Tipuana tipu* y *Enterolobium contortisiliquum*, respectivamente), palo blanco, palo amarillo, lapacho rosado (*Tabebuia impetiginosa*), maroma (*Ficus maroma*), laureles (*Cinnamomum porphyrium*, *Nectandra pichurim* y *Ocotea puberula*), el nogal criollo (*Juglans australis*), el arbolillo (*Viburnum seemenii*), el sauco o molulo (*Sambucus peruviana*) y el palo yerba (*Ilex argentinum*), entre otras. El Espinal forma un arco irregular desde el centro de Corrientes y norte de Entre Ríos, pasando por el centro de Santa Fe y de Córdoba, gran parte de San Luis, centro de La Pampa y sur de Buenos Aires. El Espinal se puede dividir en tres subregiones, que llevan el nombre de la especie característica:

- Espinal del Ñandubay, sector mesopotámico, de clima húmedo;
- Espinal de los Algarrobos, el sector central, subhúmedo, de transición;
- Espinal del Caldén, sector semiárido, de transición entre la Pampa y el Monte.

El Espinal se caracteriza por el género *Prosopis* (algarrobos, ñandubay, caldén). Entre las especies características se pueden encontrar: Ñandubay (*Prosopis algarrobilla*), Algarrobo (*Prosopis nigra*), Espinillo (*Acacia caven*), Tala (*Celtis spinosa*), Quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), Yatay (*Syagrus yatay*), Algarrobo negro (*Prosopis nigra*) y blanco (*Prosopis alba*), entre otras. La región del Monte se extiende latitudinalmente en forma de faja, recorriendo 2.000 kilómetros, al este de la cordillera de los Andes; comienza en Salta y Jujuy, parte de Mendoza, Neuquén y La Pampa, ensanchándose hasta el Océano Atlántico en Río Negro y Chubut. El clima es templado-árido y las escasas precipitaciones se distribuyen, en el norte, a lo largo del año, y hacia el sur, aumenta la influencia del régimen de tipo mediterráneo (lluvias de invierno) propio de la Patagonia. La comunidad más característica, y que le otorga unidad fitosociológica a la región del Monte, es el "jarillal" donde predominan *Larrea divaricata* y *Larrea cuneifolia*, entre otras del mismo género; otra comunidad importante son los “algarrobales” que aparecen exclusivamente en lugares con una provisión extra de agua y presentan un estrato arbóreo muy abierto dominado por *Prosopis flexuosa* o por *Prosopis chilensis*, acompañados por *Geoffroea decorticans*; el estrato arbustivo es dominado por *Capparis atamisquea* y especies del género *Larrea*.

### 2.1.2. Clima en las regiones fitogeográficas bajo estudio

**Fuente:** <https://es.climate-data.org/region/>

Teniendo en cuenta la clasificación climática de Köppen-Geiger, en las provincias que componen el área bajo estudio podemos encontrar diferentes climas. El clima Cfa que se caracteriza por ser un clima cálido y templado, subtropical húmedo, y con una cantidad significativa de lluvias durante el año y temperatura media de 21°C y precipitaciones de alrededor de 1700 mm lo podemos encontrar en las provincias de Misiones, Corrientes, Formosa, Tucumán y Entre Ríos. El clima oceánico Cfb lo encontramos en Misiones, en las localidades de Bernardo de Irigoyen y Dos Hermanas.

Climas fríos y semiáridos BSk, clima subtropical húmedo Cwa, climas semiáridos calientes BSh, climas fríos del desierto BWk, clima oceánico subtropical de alta montaña Cwb, caracterizan tanto a la provincia de Salta y Tucumán, y además el clima subtropical húmedo Cwa en Tucumán.

En Salta las temperaturas y precipitaciones medias oscilan en diferentes localidades entre 7°C a 17°C, y 300 a 700 mm, mientras que en Tucumán las temperaturas medias se encuentran entre 19.4 °C y 19.7 °C, en tanto las precipitaciones entre 963 y 997 mm en promedios.

## 2.2. Variables cuantitativas

Las variables cuantitativas bajo estudio son las siguientes (tabla).

**Tabla 3.** Variables cuantitativas

<b>Símbolo</b>	<b>Variable</b>
PG	Poder germinativo en %
SV	Sobrevivencia en %
H2m	Altura de plántulas (cm) con 2 meses de crecimiento
DC2m	Diámetro de plántulas (mm) con 2 meses de crecimiento
EN	Número de entrenudos de plántulas (sin cotiledonal)
H4m	Altura de plántulas (cm) con 4 meses de crecimiento
DC4m	Diámetro de plántulas (mm) con 4 meses de crecimiento
PF (g)	Peso de frutos en gramos
Sem F	Semillas por frutos
Sem kg F-1	Semillas por kg de frutos
Frutos kg-1	Frutos por kg
AF (mm)	Ancho de frutos en mm
LF (mm)	Largo de frutos en mm
PS (g)	Peso de semillas en gramos

PS 1000 (g)	Peso de 1000 semillas en gramos
Sem kg-1	Semillas por kg
AS (mm)	Ancho de semillas en mm
LS (mm)	Largo de semillas en mm
DAP (cm)	Diámetro a la altura del pecho en cm
Copa (m)	Diámetro de copa en m
H fuste (m)	Altura libre de fuste en m
HT (m)	Altura total del árbol en m

### 2.2.1. Morfometría de frutos y semillas

Para este estudio se analizaron 1678 frutos y 1.148 semillas, provenientes de 15 progenies y 6 procedencias. Solo se realizó en esas 15 progenies y 6 procedencias, porque se contaba con esos frutos de los cuales se pudo extraer las semillas. De las restantes solo disponían de semillas almacenadas. Para las mediciones de frutos se procedió a medir en hojas cuadrículadas los parámetros ancho y largo de fruto en mm, y además el peso en gramos de cada fruto. Para determinar el número de semillas por kg se procedió el cálculo por proporcionalidad,  $n^{\circ}$  semillas por frutos \* 1000 g / peso de cada fruto en gramos. Luego para calcular el número de frutos por kg, se procedió haciendo 1000 g / peso en gramos de cada frutos.

Para la biometría de semillas se siguió la metodología de Bravato (1974) que establece el tamaño de las semillas a partir de mediciones de longitud y ancho. Las mediciones se realizaron sobre papel milimetrado (anexo, figura 22). El peso de las semillas se determinó conforme a lo establecido por la Asociación Internacional de Análisis de Semilla ISTA (1999); se empleó para las mediciones una balanza de precisión de 0,001 g. Para calcular el peso de 1000 semillas en gramos, se procedió a multiplicar peso en gramos de cada semilla \* 1000, y para calcular el número de semillas por kg, 1000 g / peso en gramos de cada semilla (FONTANA *et al.* 2015).

### 2.2.2. Morfometría de los árboles

Adicionalmente se estudió la asociación de variables dasométricas de *P. dubium* con las variables geográficas y climáticas del lugar de procedencias de las progenies (tabla 4). Se analizaron 20 progenies, a las cuales se midieron altura total, altura de fuste, diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro de copa (anexo, figura 25). De estas variables, se analizó en particular la correlación de la altura de los árboles en función de las variables geográficas latitud, longitud y altitud, temperatura media,

precipitaciones y humedad relativa. Además se estudió la correlación de estas variables con las variables morfométricas de frutos y semillas.

**Tabla 4.** Variables dasométricas de *P. dubium*.

DAP (cm) (diámetro a la altura del pecho en cm). Copa (m) (diámetro de copa en m). H fuste (m) (altura libre del fuste en m). HT (m) (altura total del árbol en m). LAT (latitud). LONG (longitud). MSNM (metros sobre el nivel del mar). T°MED (temperatura media en °C). Pp (mm) (precipitaciones en mm). HR% (humedad relativa en %).

Progenie	DAP (cm)	Copa (m)	H fuste (m)	HT (m)	LAT	LONG	MSNM	T°MED	Pp (mm)	HR%
CF11	27	8	2	6	27,5	57,3	72	21,7	1657	67,7
CF17	53,5	10	3	7	24,2	65,3	1247	13,7	653	46,6
CF18	72,0	18	4	18	27,3	55,5	109	21,8	1869	64,7
CF19	87,0	16	3	12	26,4	54,6	229	22,0	1938	62,6
CF20	40,0	8	2	6	26,1	58,2	64	22,6	1511	63,2
CF21	53,0	10	2	15	26,2	58,2	64	22,6	1511	63,2
CF22	43,0	8	6	9	26,1	58,1	68	22,6	1511	63,2
CF23	89,0	25	4	18	26,4	54,6	214	22,0	1938	62,6
CF24	42,5	8	2	6	26,2	58,2	64	22,6	1511	63,2
CF25	47,5	10	2	6	26,4	54,7	152	22,0	1938	62,6
CF26	99,5	20	6	20	26,4	54,6	238	22,0	1938	62,6
CF27	78,5	16	2	16	23,5	64,4	355	18,7	752	49,2
CF28	46,0	10	3	10	26,8	65,3	1051	15,9	635	49,2
CF29	27,0	8	2	6	27,5	57,3	72	21,7	1657	67,7
CF30	127,0	24	12	20	26,5	58,3	61	22,6	1511	63,2
CF31	68,5	10	7	17	27,1	55,3	197	21,8	1869	64,7
CF32	191,0	20	14	26	27,2	55,5	149	21,8	1869	64,7
CF33	54,5	10	2	15	26,8	65,3	1100	15,9	635	49,2
CF34	82,0	10	1	10	24,4	65,3	1165	13,7	653	46,6
CF35	90,5	24	9	24	26,4	54,7	173	22,0	1938	62,6

### 2.2.3. Poder germinativo (PG)

Con el propósito de conocer algunas características relacionadas con la calidad fisiológica de las semillas de *P. dubium* se llevaron a cabo pruebas de germinación en vivero, porque se trataba de un ensayo de progenies de corto plazo, de ambiente común, de acuerdo a lineamientos de (WHITE *et al.* 2007). Los datos analizados provienen de 7 procedencias, las 33 progenies y 229 repeticiones. Para realizar el ensayo de poder germinativo las semillas fueron escarificadas con lijas (150 granulometría) y se desinfectaron con hipoclorito de sodio NaClO al 50% (v/v) por 15 minutos, con 4

enjuagues posteriores con agua destilada. De cada progenie se tomaron lotes de semillas que variaron en número entre 25, 30 35 y 40 semillas, las que se dividieron en 5, 6, 7 y 8 repeticiones. La siembra se realizó el 08/07/2016 en el Laboratorio de Propagación Vegetativa realizando conteos para el control de la germinación a los 4, 6, 10, 24, 25 y 31 días posteriores. Las semillas que se pusieron a germinar en bandejas HIKO de 90 cm<sup>3</sup>, en invernáculo con condiciones semi-controladas de humedad (riego por microaspersión) y temperatura (entre 20 y 35°C). El sustrato utilizado fue corteza de pino compostada, con aplicación de fertilizante de liberación lenta Plantacote Plus (3kg/m<sup>3</sup>) cada 6 meses. A los 10 días de la siembra la germinación y emergencia se estabilizó, razón por la cuál se tomó ese tiempo para realizar la evaluación de la capacidad germinativa de *P. dubium* (figura 10). El tiempo total del ensayo duró 31 días. Luego se siguió con la evaluación morfométrica y sobrevivencia de plántulas (anexo, figura 23).

#### **2.2.4. Morfometría de plántulas y sobrevivencia**

Se realizaron dos mediciones, la primera a los 2 meses y la segunda a los 4 meses. Se midieron altura de plántulas (cm), diámetro al cuello (DC, mm), y número de entrenudos. La altura de las plántulas se midió, con regla y el DC con calibre digital. Se analizaron datos de 7 procedencias y 33 progenies, a partir de 679 y 162 plántulas en la primera y segunda medición (anexo, figura 24).

Para el estudio de sobrevivencia se realizó el conteo de plántulas a los 60 y 120 días respectivamente para determinar el porcentaje de plántulas que sobrevivieron. Se analizaron datos de 7 procedencias y 33 progenies. El primer conteo a los 60 días registró 679 plántulas, luego el segundo a los 120 días registró 162 plántulas.

#### **2.2.5. Variación geográfica clinal**

Cuando el objetivo es caracterizar los patrones de variación geográfica clinal es mejor muestrear más orígenes antes que más árboles madres por localidad (WHITE *et al.* 2007; MONDINO 2014). En este trabajo los árboles correspondientes a las progenies que van de la CF1 a CF16 no fueron georreferenciados, en tanto si tienen puntos de GPS las progenies que van de la CF17 a CF 35. Por lo tanto, y en esos casos particulares, se decidió buscar un punto de referencia medio, utilizando el Google Earth para las progenies y procedencias que no contaban con esta información. Posteriormente y para todos los casos con puntos de GPS, y utilizando el Google Earth Pro 7.3.1.4507

(64-bit) se buscó la información de altitud. Luego transformando en decimales las coordenadas geográficas se procedió a través del link <https://power.larc.nasa.gov/> y se obtuvieron los datos de temperatura media, precipitación anual y humedad atmosférica para todos los puntos georreferenciados, extraídos del Proyecto POWER del Centro de Investigación Langley de la NASA (LaRC) financiado a través del Programa de Ciencia / Ciencias Aplicadas de la NASA (tabla 5).

Finalmente, y con todos esos datos, se realizaron los análisis pertinentes de variación geográfica clinal en función de las variables estudiadas a través de gráficos de puntos y líneas de tendencia central, sustentados por análisis de correlación de Pearson, de Spearman y análisis de regresión lineal.

**Tabla 5.** Variables geográficas y climáticas según progenies.

LAT (latitud), LONG (longitud), MSNM (metros sobre el nivel del mar), T°MED (temperatura media en grados centígrados), Pp (mm) (precipitaciones en milímetros), HR% (humedad relativa ambiente en porcentaje)

PROGENIE	LAT	LONG	MSNM	T°MED	Pp (mm)	HR%
CF1	32° 08' 36,11" S	58° 25' 33,71" O	50	19,1	1.318	61,1
CF2	32° 08' 36,11" S	58° 25' 33,71" O	50	19,1	1.318	61,1
CF3	32° 08' 36,11" S	58° 25' 33,71" O	50	19,1	1.318	61,1
CF4	32° 08' 36,11" S	58° 25' 33,71" O	50	19,1	1.318	61,1
CF5	32° 08' 36,11" S	58° 25' 33,71" O	50	19,1	1.318	61,1
CF6	29° 10' 03,15" S	58° 05' 57,43" O	90	20,2	1.518	68,3
CF7	29° 10' 03,15" S	58° 05' 57,43" O	90	20,2	1.518	68,3
CF8	29° 10' 03,15" S	58° 05' 57,43" O	90	20,2	1.518	68,3
CF9	29° 10' 03,15" S	58° 05' 57,43" O	90	20,2	1.518	68,3
CF10	29° 10' 03,15" S	58° 05' 57,43" O	90	20,2	1.518	68,3
CF11	27° 29' 03,00" S	57° 17' 18,80" O	72	21,7	1.657	67,7
CF12	27° 29' 03,22" S	55° 56' 10,86" O	140	21,8	1.869	64,7
CF13	25° 39' 37,00" S	54° 29' 05,95" O	230	22,4	1.325	61,6
CF14	26° 25' 38,01" S	54° 39' 35,32" O	200	22,0	1.938	62,6
CF15	26° 59' 39,78" S	54° 30' 08,95" O	500	22,0	1.938	62,6

CF16	26° 59' 39.78" S	54° 30' 08.95" O	500	22,0	1.938	62,6
CF17	24° 11' 18.90" S	65° 17' 38.20" O	1.247	13,7	653	46,6
CF18	27° 15' 33.70" S	55° 32' 19.20" O	109	21,8	1.869	64,7
CF19	26° 24' 23.30" S	54° 38' 31.60" O	229	22,0	1.938	62,6
CF20	26° 08' 18.10" S	58° 11' 10.80" O	64	22,6	1.511	63,2
CF21	26° 10' 53.40" S	58° 09' 47.40" O	64	22,6	1.511	63,2
CF22	26° 06' 40.80" S	58° 06' 09.70" O	68	22,6	1.511	63,2
CF23	26° 24' 27.60" S	54° 38' 49.10" O	214	22,0	1.938	62,6
CF24	26° 09' 51.70" S	58° 10' 51.00" O	64	22,6	1.511	63,2
CF25	26° 24' 30.50" S	54° 41' 36.30" O	152	22,0	1.938	62,6
CF26	26° 24' 43.60" S	54° 36' 42.20" O	238	22,0	1.938	62,6
CF27	23° 28' 35.80" S	64° 22' 56.50" O	355	18,7	752	49,2
CF28	26° 48' 06.70" S	65° 17' 39.40" O	1.051	15,9	635	49,2
CF29	27° 29' 03.00" S	57° 17' 18.80" O	72	21,7	1.657	67,7
CF30	26° 30' 40.80" S	58° 17' 08.60" O	61	22,6	1.511	63,2
CF31	27° 03' 15.60" S	55° 15' 29.80" O	197	21,8	1.869	64,7
CF32	27° 10' 46.10" S	55° 27' 27.60" O	149	21,8	1.869	64,7
CF33	26° 47' 37.60" S	65° 18' 58.50" O	1.100	15,9	635	49,2
CF34	24° 21' 30.80" S	65° 15' 00.20" O	1.165	13,7	653	46,6
CF35	26° 24' 35.50" S	54° 40' 50.10" O	173	22,0	1.938	62,6

---

**Fuente:** Google Earth Pro 7.3.1.4507 (64-bit) y <https://power.larc.nasa.gov/>.

Además de la asociación de las variables morfométricas de plántulas, frutos y semillas, poder germinativo y sobrevivencia con los orígenes y procedencias, se realizaron análisis en función de las variables geoclimáticas. Para ello se redujeron el rango de amplitud redondeando los números decimales de latitud, longitud, temperatura y humedad. Para el caso de las variables altitud y precipitaciones se armaron clases. En la siguiente tabla se muestran las variables geoclimáticas reducidas para su análisis, según se explicó (tabla 6).

**Tabla 6.** Variables geoclimáticas agrupadas en clases.

LAT (latitud). LONG (longitud). ALT (altitud en msnm). T°MED (temperatura media). Pp (mm) (Precipitaciones en mm). HR% (humedad relativa en %).

CLASES	LAT	LONG	ALT	T°MED	Pp (mm)	HR%
A	23	54	50 – 72	14	635 – 752	47
B	24	55	90 – 109	16	1318 – 1325	49
C	26	56	140 – 173	19	1511 – 1518	61
D	27	57	197 – 238	20	1657 – 1869	62
E	29	58	355 – 500	22	1938	63
F	32	64	1051 – 1247	23		65
G		65				68

Los datos climáticos (tabla 7) corresponden al período de estudio año 2016, ajustados a las coordenadas de 26,4° latitud sur y 54,6° longitud oeste y 276.53 msnm, con un total de precipitación anual de 1580 mm, 80,4% de HR y temperatura media de 20,6°C, temperatura media máxima de 25,61°C y temperatura media mínima de 16,01°C.

**Tabla 7.** Datos agroclimáticos del período de estudio

HR% (humedad relativa). Pp (mm) (precipitaciones en mm). Presión atm (kPa) (presión atmosférica en kilopascales). Temp media °C (temperatura media en °C). Temp máx °C (temperatura máxima en °C). Temp mín °C (temperatura mínima en °C).

Datos	HR%	Pp (mm)	Presión atm (kPa)	Temp media °C	Temp máx °C	Temp mín °C
ene-16	84,79	145,70	97,75	25,79	29,50	22,04
feb-16	91,37	187,63	97,91	25,35	28,36	22,53
mar-16	87,07	141,05	98,17	22,33	26,48	18,28
abr-16	84,19	90,60	98,12	22,92	27,27	19,18
may-16	86,95	108,81	98,54	16,18	20,81	12,19
jun-16	83,18	24,00	98,82	13,02	18,80	8,41
jul-16	82,58	63,55	98,51	15,72	20,99	10,96
ago-16	78,67	109,50	98,36	17,69	23,50	12,76
sep-16	70,79	56,42	98,49	17,83	24,56	11,34

<b>oct-16</b>	76,06	194,10	98,02	21,64	27,26	16,37
<b>nov-16</b>	67,89	142,29	97,99	23,06	29,13	17,33
<b>dic-16</b>	71,98	194,70	97,80	25,61	30,71	20,96
<b>Prom</b>	<b>80,46</b>	<b>121,53</b>	<b>98,21</b>	<b>20,60</b>	<b>25,61</b>	<b>16,01</b>

**Fuente:** <https://power.larc.nasa.gov/>

### 2.3. Análisis estadísticos

Para estudiar la variación geográfica de *P. dubium*, se realizaron: análisis de la varianza paramétrico, análisis de la varianza no paramétrico, análisis de correlación lineal, análisis de regresión lineal, análisis multivariado, Test de Tukey, prueba de Kruskal Wallis y gráficos estadísticos con el programa estadístico INFOSTAT versión 2017 (DI RIENZO *et al.* 2017). Se compararon los datos obtenidos de las variables entre las procedencias y progenies mediante la aplicación de un análisis exploratorio que incluyó estadísticas descriptivas de gráficos de puntos, líneas, barras e histogramas.

#### 2.3.1. Análisis de la varianza paramétrico (ANOVA) – Test de Tukey

Se aplicó un análisis de varianza para determinar la variación existente dentro y entre las procedencias y progenies para cada variable de estudio, mediante un modelo lineal de efectos fijos:

$$Y_{ijklm} = \mu + P_i + F_j(P)_i + G_k + C_l + \varepsilon_{ijklm}$$

$$i = 1, 2, 3$$

$$j = 1, 2, \dots n$$

$$k = 1, 2, \dots n$$

$$l = 1, 2, \dots n$$

Donde:

$Y_{ijklm}$  = variables: morfometría de frutos y semillas, poder germinativo, morfometría de plántulas, sobrevivencia

$\mu$  = efecto de la media general.

$P_i$  = efecto de la *i*-ésima procedencias

$F_j(P)_i$  = efecto de *j*-ésima familia anidada en la *i*-ésima procedencia

$G_k$  = efecto de la *k*-ésima variable geográfica

$C_l$  = efecto de la  $l$ -ésima variable climática

$\varepsilon_{ijklm}$  = efecto del error

A partir de los resultados del análisis de varianza se realizaron las comparaciones de medias por el método de la prueba de Tukey HSD al 5% ( $p \leq 0,05$ ) de significancia, con la finalidad de determinar la similitud y diferencias existentes entre las procedencias y familias.

Los análisis de la varianza para procedencias y progenies fueron realizados considerando un modelo aleatorio. Para verificar la normalidad de los datos se realizaron con infostat pruebas de normalidad a través de gráficos Q-Q plot normal y distribución de frecuencias. La primer prueba se realizó seleccionando los residuos como variable de análisis, una de las técnicas más usadas es construir un Q-Q plot normal. Mediante esta técnica se obtiene un diagrama de dispersión de los residuos obtenidos versus los cuantiles teóricos de una distribución normal. Si los residuos son normales y no hay otros defectos del modelo, se alinearán sobre una recta a  $45^\circ$  (DI RIENZO *et al.* 2017). Se pudo verificar que los datos analizados en mayor o menor grado se alinearon de la manera prevista, de manera tal que los datos se analizaron a posteriori siguiendo los análisis de varianza y test de comparación de medias, para datos que corresponden a una distribución normal.

En los estudios de morfometría vegetal, los métodos estadísticos más usados para el análisis de los datos son la varianza, el coeficiente de variación, correlación lineal, selección por pasos y análisis de componentes principales (HERNÁNDEZ VILLARREAL 2013).

### **2.3.2. Análisis de la varianza no paramétrico – Prueba Kruskal Wallis**

Este estudio, permite realizar un análisis de varianza no paramétrico a una vía de clasificación. El ANOVA propuesto por Kruskal y Wallis (1952) permite comparar las esperanzas de 2 o más distribuciones sin necesidad de realizar el supuesto de que los términos de error se distribuyen normalmente. La hipótesis nula establece que  $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$ , donde  $\mu_i$  representa la esperanza del  $i$ -ésimo tratamiento, con  $i=1, 2, \dots, a$ . Esta prueba se aplica cuando se tienen muestras independientes de cada población, con observaciones de naturaleza continua y las varianzas poblacionales son iguales. El estadístico de la prueba (H) se basa en la suma de los rangos asignados a las

observaciones dentro de cada tratamiento. Su distribución exacta es obtenida a partir de la consideración de todas las configuraciones posibles de los rangos de  $N$  observaciones en  $a$  grupos de  $n_i$  observaciones cada uno (DI RIENZO *et al.* 2017). Esta prueba se realizó en los estudios de sobrevivencia de plántulas.

### 2.3.3. Análisis de regresión lineal

Este estudio permite estudiar la relación funcional entre una variable respuesta  $Y$  (variable dependiente) y una o más variables regresoras  $X$  (variables independientes o predictoras). El primer caso se conoce como Regresión Lineal Simple y el segundo como Regresión Lineal Múltiple (DRAPER y SMITH 1998). Mediante la regresión se estudia cómo los cambios en la/s variable/s predictor/a/s afectan a la variable respuesta, mediante el ajuste de un modelo para la relación funcional entre ambas. Genéricamente, la relación entre las variables se modela de la forma  $Y=X\beta+\epsilon$ , donde  $Y$  es el vector de observaciones,  $X$  es la matriz que contiene a las variables regresoras,  $\beta$  es un vector de parámetros que serán estimados a partir de los datos y  $\epsilon$  es el vector de términos de error aleatorios. InfoStat usa el método de mínimos cuadrados para obtener estimaciones de los coeficientes de la ecuación que explica la relación entre las variables. A partir de estos coeficientes se construye la ecuación de predicción que permite conocer el valor predicho de  $Y$  para cualquier valor de la/s variable/s regresora/s dentro del dominio de los valores experimentados. InfoStat también realiza el análisis de regresión por mínimos cuadrados ponderados para considerar situaciones de heterogeneidad de varianzas de los términos de error. A través del Análisis de la Varianza se puede conocer cuánto de la variación de los datos es explicada por la regresión y cuánto debe considerarse como no explicada o residual. Si la variación explicada es sustancialmente mayor que la variación no explicada, el modelo propuesto será bueno para fines predictivos (DI RIENZO *et al.* 2017).

La ecuación del modelo de regresión lineal múltiple es:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \epsilon_i$$

donde,

$Y_i$ = i-ésima observación de la variable dependiente  $Y$

$x_{1i} + x_{2i} + \dots + x_{ki} = i$ -ésimo valor de las variables regresoras  $x_1, x_2, \dots, x_k$  o independientes

$\beta_0 =$  parámetro desconocido que representa la ordenada al origen de la recta (indica el valor esperado de  $Y$  cuando  $x_1 = 0, x_2 = 0, \dots, x_k = 0$ )

$\beta_1, \dots, \beta_k =$  parámetros desconocidos que representan las tasas de cambio en  $Y$  frente al cambio unitario de  $x_1, x_2, \dots, x_k$  respectivamente

$\varepsilon_i =$  término de error aleatorio

### 2.3.4. Análisis de correlación lineal

En virtud de poder explorar las asociaciones entre las variables estudiadas, se procedió al estudio de correlaciones y representaciones a través de gráficos de puntos con líneas de tendencia. El Análisis de Correlación lineal estudia el grado y sentido de la asociación lineal que hay entre un conjunto de variables y, a diferencia del análisis de regresión, no se identifica ni se estima explícitamente un modelo funcional para las variables, este siempre se supone lineal. El interés principal es medir la asociación entre dos variables aleatorias cualesquiera, sin necesidad de distinguir variables dependientes e independientes. Los gráficos de dispersión son útiles en la etapa exploratoria, tanto en el análisis de regresión como en el de correlación. La representación gráfica de los datos es frecuentemente el punto de partida de cualquier análisis que involucra más de una variable. En los gráficos de dispersión lo que se ve es una nube de puntos, donde cada punto representa una observación (DI RIENZO *et al.* 2008).

El *coeficiente de correlación de Pearson* es una medida de la magnitud de la asociación lineal entre dos variables que no depende de las unidades de medida de las variables originales. Para las variables  $j$ -ésima y  $k$ -ésima se define como:

$$r_{jk} = \frac{S_{jk}}{\sqrt{S_j^2 S_k^2}} = \frac{\frac{(\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k))}{(n-1)}}{\sqrt{\left(\frac{(\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2)}{(n-1)}\right) \left(\frac{(\sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_k)^2)}{(n-1)}\right)}}$$

donde  $S_{jk}$  es la covarianza entre la variable  $j$  y la variable  $k$ ,  $S_j^2$  y  $S_k^2$  son las varianzas de las variables  $j$  y  $k$  respectivamente.

El coeficiente de correlación muestral representa la covarianza de los valores muestrales estandarizados. Asume valores en el intervalo  $[-1;1]$  y el signo indica la dirección de la asociación (valores negativos se producen cuando la tendencia promedio indica que si un valor en el par observado es más grande que su media, el otro valor es más pequeño que su media).

El *coeficiente de correlación de Spearman* es una medida no paramétrica de asociación basada en rangos, que puede ser usado para variables discretas o continuas no necesariamente normales. También este coeficiente puede ser usado para medir asociaciones en variables cualitativas ordinales. Para las variables  $j$ -ésima y  $k$ -ésima se define como:

$$Sr_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n R(x_{ij})R(x_{ik}) - n \left(\frac{n+1}{2}\right)^2}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n R(x_{ij})^2 - n \left(\frac{n+1}{2}\right)^2\right) \left(\sum_{i=1}^n R(x_{ik})^2 - n \left(\frac{n+1}{2}\right)^2\right)}}$$

donde  $R(x_{ij})$  es el rango correspondiente a la  $i$ -ésima observación de la variable  $j$  y  $R(x_{ik})$  es el rango correspondiente a la  $i$ -ésima observación de la variable  $k$ , con  $i=1, \dots, n$ .

#### 2.3.4.1. Correlación y causalidad

En sentido estricto, correlación entre dos variables tan solo significa que ambas variables comparten información, que comparten variabilidad. Determinar el origen de la información, la fuente de la variabilidad -la causa- es una cuestión que no puede resolverse mediante recursos exclusivamente matemáticos. Existen diferentes procedimientos para determinar, dada una serie de variables, la posible causa de ellas. Depende del tipo de contexto en el que nos encontremos. En los contextos experimentales, donde las variables pueden ser manipuladas a voluntad del investigador, en estos casos no existe especial dificultad en localizar las causas. Basta con mantener constantes todas las variables implicadas excepto la que nos interesa para determinar la posible fuente de variación. Se impone en estos casos, lo que se denomina control experimental -manipulación de variables-. En los denominados estudios de campo (observacionales) donde el investigador ha de conformarse con los valores de las variables tal como vienen asignados (poder germinativo, sobrevivencia, diámetro y altura de plántulas, largo y ancho de frutos y semillas, etc.) la determinación de las causas exige un proceso algo más complicado. Son en estos casos, el conocimiento que

tengamos de la materia en cuestión, la lógica ciertas dosis de sentido común las claves a considerar (MARTÍNEZ y CAMACHO 2002).

### **2.3.5. Análisis multivariado**

Con el objetivo de mejorar y ampliar el análisis estadístico de este estudio, se utilizó la herramienta de análisis por conglomerados. El Análisis Cluster, también conocido como Análisis de Conglomerados, Taxonomía Numérica o Reconocimiento de Patrones, es una técnica estadística multivariante cuya finalidad es dividir un conjunto de objetos en grupos (cluster en inglés) de forma que los perfiles de los objetos en un mismo grupo sean muy similares entre sí (cohesión interna del grupo) y los de los objetos de clusters diferentes sean distintos (aislamiento externo del grupo) (SALVADOR FIGUERAS 2001). De acuerdo con Hernández Villarreal (2013) el objetivo principal de los métodos multivariados es permitir la descripción de las accesiones tomando en cuenta simultáneamente varias características, sin dejar de considerar la relación existente entre ellas. Los métodos multivariados analizan simultáneamente medidas múltiples de cada individuo. Son una extensión de los análisis univariados y bivariados que se consideran como tal si todas las variables son aleatorias y están interrelacionadas (HAIR *et al.* 1992; HERNÁNDEZ VILLARREAL 2013).

### **2.3.6. Análisis de distribuciones de frecuencias relativas**

Se estudiaron y graficaron las distribuciones de frecuencias relativas para las variables germinación y sobrevivencia asociadas a las procedencias, y morfometría de plántulas y semillas de manera global, sin ninguna asociación. Por otra parte, se realizaron tablas de análisis de los coeficientes S y K (asimetría y kurtosis), para todas las variables estudiadas.

Si bien el tamaño de las semillas puede variar entre individuos, poblaciones y años, las poblaciones y/o especies deberían caracterizarse por una distribución particular de los tamaños de las semillas, es por ello que se incluyó en este trabajo un estudio de distribución de las frecuencias relativas para las variables bajo estudio (VIANA *et al.* 2014).

#### **2.3.6.1. La asimetría y su medida**

El objetivo de la medida de la asimetría es, sin necesidad de dibujar la distribución de frecuencias, estudiar la deformación horizontal de los valores de la

variable respecto al valor central de la media. Las medidas de forma pretenden estudiar la concentración de la variable hacia uno de sus extremos (OLIVA CONTERO 2010).

Una distribución es Simétrica si  $\tilde{x} = Me = Mo$

En caso contrario, decimos que la distribución es Asimétrica (a la izquierda o derecha)

- ✓ Si  $S > 0$ , la distribución es asimétrica positiva o a la derecha.
- ✓ Si  $S = 0$ , la distribución es simétrica.
- ✓ Si  $S < 0$ , la distribución es asimétrica negativa o a la izquierda.

$S$  = coeficiente de asimetría

### 2.3.6.2. La curtosis y su medida

El concepto de curtosis o apuntamiento de una distribución surge al comparar la forma de dicha distribución con la forma de la distribución Normal. De esta forma, clasificaremos las distribuciones según sean más o menos apuntadas que la distribución Normal (OLIVA CONTERO 2010).

- ✓  $K = 0$  Distribución Mesocúrtica (si la distribución de sus datos es la misma que la de la variable Normal)
- ✓  $K > 0$  Distribución Leptocúrtica (si está más apuntada que la Normal)
- ✓  $K < 0$  Distribución Platicúrtica (distribución está menos apuntada que la Normal)

$K$  = coeficiente de curtosis

### 2.3.7. Herramientas de análisis

Para el análisis estadístico de datos se utilizarán dos software (1) “Software Estadístico R” versión 3.4.2 (2017-09-28) -- "Short Summer" Copyright (C) 2017 The R Foundation for Statistical Computing Platform: x86\_64-w64-mingw32/x64 (64-bit), (THE R FOUNDATION FOR STATISTICAL 2017) y (2) el “Software Estadístico Infostat”, Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>, (DI RIENZO *et al.* 2017).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Morfometría de frutos y semillas

##### 3.1.1. Morfometría de frutos

Se verificó a través del análisis de la varianza la existencia de diferencias significativas tanto entre procedencias como progenies para las variables morfométricas peso, largo, ancho de frutos, número de semillas por frutos, número de semillas por kg de frutos y número de frutos por kg, con valores de F 14.92 – 27.31 – 151.33 – 10.57 – 28.64 – 23.31 para procedencias (tabla 8) y valores F de 16,56 – 27.30 – 125.24 – 13.30 – 18.96 – 19.90 para progenies (tablas 9 y 10) y  $p < 0,0001$  en todos los casos. Previo al ANOVA se verificó la normalidad de los datos gráficamente a través de gráficos Q-Q plot y gráficos de distribución de frecuencias relativas

**Tabla 8.** Diferencias morfométricas de frutos según las procedencias.

n = número de individuos. Media = promedios. Mín = mínimo. Máx = máximo. CV = coeficiente de variación en %. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Test:Tukey Alfa=0,05. PF (g) (peso de frutos en gramos), AF (ancho de frutos en mm), LF (largo de frutos en mm), N° SEM (semillas por fruto), Sem kg-1 (semillas por kg) y Frutos kg-1 (frutos por kg).

<b>PF (g)</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>CV</b>
MISSIONES	458	0,20 a	0,08	0,35	30,18
JUJUY	300	0,20 a	0,10	0,38	26,96
SALTA	100	0,18 b	0,10	0,31	26,86
CORRIENTES	100	0,17 b	0,05	1,60	87,85
FORMOSA	519	0,17 b	0,02	0,70	39,72
TUCUMÁN	200	0,16 b	0,08	0,28	24,72
<b>Total</b>	<b>1.677</b>	<b>0,18</b>	<b>0,02</b>	<b>1,60</b>	<b>37,94</b>
<b>AF (mm)</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>CV</b>
SALTA	100	15,88 a	12,00	19,00	7,92
JUJUY	300	15,77 ab	11,00	20,00	8,92
MISSIONES	458	15,41 b	10,00	23,00	13,51
TUCUMÁN	200	13,82 c	11,00	16,00	6,99
FORMOSA	519	13,54 cd	10,00	20,00	9,65
CORRIENTES	100	13,15 d	10,00	16,00	9,69
<b>Total</b>	<b>1.677</b>	<b>14,60</b>	<b>10,00</b>	<b>23,00</b>	<b>12,69</b>
<b>LF (mm)</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>CV</b>
MISSIONES	458	71,88 a	15,00	110,00	16,80
TUCUMÁN	200	70,70 a	43,00	92,00	10,84
JUJUY	300	70,02 ab	36,00	90,00	13,62
SALTA	100	67,71 bc	49,00	91,00	11,87
FORMOSA	519	66,60 c	47,00	94,00	13,15
CORRIENTES	100	61,76 d	45,00	81,00	14,90

<b>Total</b>	<b>1.677</b>	<b>68,92</b>		<b>15,00</b>	<b>110,00</b>	<b>14,75</b>
<b>N° SEM</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>		<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>CV</b>
JUJUY	192	1,58 a		1,00	2,00	31,38
TUCUMÁN	140	1,51 ab		1,00	2,00	33,12
FORMOSA	393	1,50 ab		1,00	3,00	34,13
MISIONES	386	1,41 b		1,00	2,00	34,93
CORRIENTES	82	1,37 b		1,00	2,00	35,48
SALTA	92	1,17 c		1,00	2,00	32,47
<b>Total</b>	<b>1.285</b>	<b>1,45</b>		<b>1,00</b>	<b>3,00</b>	<b>34,49</b>
<b>Sem kg-1</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>		<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>CV</b>
TUCUMÁN	140	9.956 a		4.348	25.000	40,77
CORRIENTES	82	9.249 a		625	40.000	59,52
FORMOSA	393	9.160 a		1.449	45.455	42,63
JUJUY	192	7.989 b		3.333	16.667	19,25
MISIONES	386	7.129 bc		2.857	18.182	30,75
SALTA	92	6.776 c		3.448	20.000	33,18
<b>Total</b>	<b>1.285</b>	<b>8.297</b>		<b>625</b>	<b>45.455</b>	<b>41,19</b>
<b>Frutos kg-1</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>		<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>CV</b>
CORRIENTES	100	6.851 a		625	20.000	34,73
FORMOSA	519	6.756 a		1.429	45.455	43,98
TUCUMÁN	200	6.456 ab		3.571	12.500	25,87
SALTA	100	5.971 bc		3.226	10.000	22,99
MISIONES	458	5.542 c		2.857	12.500	32,15
JUJUY	300	5.469 c		2.632	10.000	30,40
<b>Total</b>	<b>1.677</b>	<b>6.117</b>		<b>625</b>	<b>45.455</b>	<b>37,29</b>

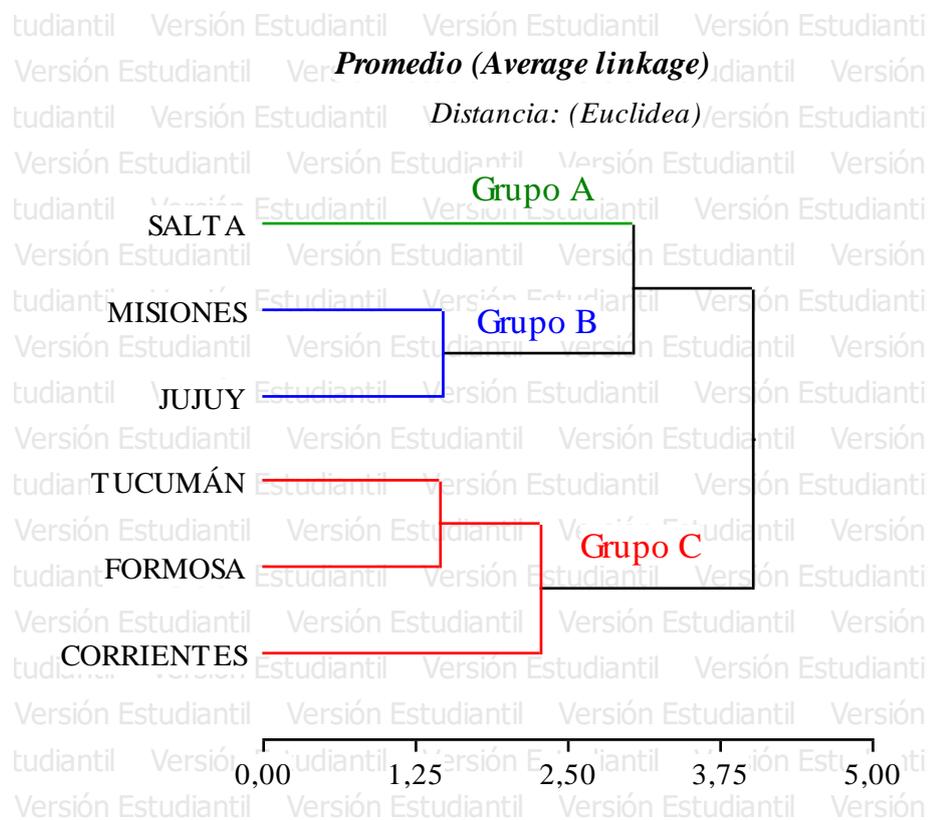
Respecto a peso de frutos, las procedencias Misiones y Jujuy se diferencian del resto. En largo de fruto Misiones y Tucumán se diferencian de las demás, pero no de Jujuy. En ancho de los frutos, Salta se diferenció de los demás pero no de Jujuy. En número de semillas por frutos Jujuy se diferencia de los demás pero no de Tucumán y Formosa. En cuanto a semillas por kg de frutos, Tucumán, Corrientes y Formosa se diferencian del resto y por último respecto al número de frutos por kg Corrientes y Formosa se diferencian de las demás pero no así de Tucumán (tabla 8).

Se puede verificar que las procedencias Misiones, Jujuy y Salta se destacan por tener valores medios de peso, ancho y largo de fruto, superiores en comparación a las demás procedencias. Se observó que en promedio, el peso del fruto varió 80 veces, ancho de fruto 2.3 veces, largo de fruto 7.3 veces, el número de semillas 3 veces y semillas por kg de frutos 72,7 veces. En otro orden, los coeficientes de variación fueron mayores tanto para peso de frutos, como número de semillas por frutos y semillas por kg de frutos.

El peso del fruto tuvo un coeficiente de variación relativamente alto CV 37,94%, una media de 0.18 g, máximos de 1.60 g y mínimos de 0.02 g, La variable ancho de fruto registró una media de 14.60 mm, con valores mínimos de 10 mm y máximos de 23

mm y un CV 12,69%. El promedio de largo de frutos fue de 68.92 mm, con un máximo de 110 mm y mínimo de 15 mm y un coeficiente de variación CV 14.75%. El promedio de semillas por frutos fue de 1.45, un máximo de 3 y mínimo de 1, coeficiente de variación CV 34.39%. El promedio de semillas por kg de frutos fue de 8.287, con un máximo de 45.455 y un mínimo de 625, presentó el coeficiente de variación más elevado CV 41.19% La variable número de frutos por kg arrojó un promedio de 6.117, tuvo un coeficiente de variación relativamente alto CV 37,29%, valores mínimos de 625 y máximo 45.455.

En el dendrograma de agrupamiento de las variables morfométricas de frutos (figura 3) se pueden observar 3 grupos. En el grupo A, la provincia Salta, de las cuáles las variables bajo estudio mostraron mayores valores de medias. Le siguen un grupo intermedio, Grupo C, Tucumán, Formosa y Corrientes y finalmente el Grupo B, Misiones y Jujuy con los valores medio menores.



**Figura 3.** Dendrograma – agrupamiento de variables morfométricas de frutos

Las variables morfométricas de frutos agrupadas son PF (g) (peso de frutos), AF (mm) (ancho de frutos), LF (mm) (largo de frutos), Sem F-1 (semillas por frutos), Sem kg F-1 (semillas por kg de frutos) y Frutos kg-1 (frutos por kg).

Del análisis de las progenies, se puede observar grupos de progenies que se diferencian entre si significativamente (tablas 9 y 10). Se verificaron diferencias significativas de peso de frutos, de la progenie CF31 respecto a las demás, excepto las progenies CF22 y CF34 y CF23 (Misiones, Formosa y Jujuy), y mayor coeficiente de variación progenie CF29 (Corrientes); diferencias significativas de número de semillas por frutos de la progenie CF33 respecto de las demás, excepto las progenies CF20, CF22, CF34, CF21 y CF17 (Tucumán, Formosa y Jujuy), y mayor coeficiente de variación progenie CF28 (Tucumán); diferencias significativas de número de semillas por kg de frutos de la progenie CF33 respecto a las demás, excepto la progenie CF20 (Tucumán y Formosa) y mayor coeficiente de variación progenie CF21 (Formosa); y diferencias significativas de número de frutos por kg de la progenie CF30 respecto a las demás, excepto las progenies CF24, CF20 y CF29 (Formosa y Corrientes), y mayor coeficiente de variación progenie CF21 (Formosa). En tanto que a nivel individual las progenies CF25 y CF23 (Misiones) registraron los mayores promedios y coeficientes de variación, con diferencias significativas respecto a las demás progenies para las variables ancho y largo de frutos (tablas 9 y 10).

**Tabla 9.** Diferencias morfométricas de frutos según progenies.

PF (g) (peso de frutos en gramos). AF (mm) (ancho de frutos en mm). LF (mm) (largo de frutos en mm). PROG (progenies). n (número de individuos). Medias (promedios). CV (coeficiente de variación). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Test:Tukey Alfa=0,05.

PF (g)				AF (mm)				LF (mm)			
PROG	n	Medias	CV	PROG	n	Medias	CV	PROG	n	Medias	CV
CF31	116	0,23 a	26,31	CF25	127	17,28 a	13,38	CF23	116	80,51 a	17,68
CF22	100	0,22 ab	28,96	CF27	100	15,88 b	7,92	CF17	100	74,38 b	12,60
CF34	200	0,21 abc	26,67	CF34	200	15,88 b	9,81	CF31	116	71,72 bc	13,11
CF23	116	0,20 abcd	26,78	CF31	116	15,70 b	6,57	CF28	100	71,01 bc	11,94
CF32	99	0,20 bcde	29,62	CF17	100	15,55 b	6,49	CF30	119	70,58 bcd	12,55
CF21	100	0,19 bcde	34,43	CF30	119	14,66 c	7,82	CF33	100	70,38 bcd	9,62
CF17	100	0,18 cdef	26,02	CF23	116	14,37 cd	9,38	CF32	99	68,84 cde	13,31
CF27	100	0,18 cdefg	26,86	CF21	100	14,16 cd	7,69	CF34	200	67,84 cdef	13,06
CF29	100	0,17 defg	87,85	CF33	100	14,08 cde	7,46	CF22	100	67,75 cdef	12,29
CF33	100	0,17 efg	22,90	CF32	99	13,87 de	9,19	CF27	100	67,71 cdef	11,87
CF25	127	0,17 efg	31,23	CF28	100	13,56 ef	5,87	CF25	127	66,53 def	14,53
CF28	100	0,16 fgh	26,16	CF29	100	13,15 fg	9,69	CF21	100	65,11 efg	14,54
CF24	100	0,16 fgh	56,94	CF22	100	13,09 fg	8,13	CF20	100	64,62 efg	11,64
CF20	100	0,15 gh	26,23	CF20	100	12,84 g	6,33	CF24	100	64,18 fg	12,05
CF30	119	0,14 h	29,46	CF24	100	12,72 g	8,29	CF29	100	61,76 g	14,90

**Tabla 10.** Diferencias morfométricas de frutos según progenies.

N° SEM (número de semillas por frutos). Sem kg-1 (semillas por kg de frutos). Frutos kg-1 (frutos por kg). PROG (progenies). n (número de individuos). Medias (promedios). CV (coeficiente de variación). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Test:Tukey Alfa=0,05.

N° SEM				Sem kg-1				Frutos kg-1			
PROG	n	Medias	CV	PROG	n	Medias	CV	PROG	n	Medias	CV
CF33	57	1,79 a	22,98	CF33	57	11.689 a	32,49	CF30	119	7.737 a	28,92
CF20	60	1,70 ab	27,18	CF20	60	11.394 ab	41,04	CF24	100	7.463 ab	36,99
CF22	99	1,68 ab	29,30	CF24	76	9.919 bc	35,17	CF20	100	7.080 abc	32,02
CF34	127	1,59 abc	31,04	CF21	72	9.620 cd	62,80	CF29	100	6.851 abcd	34,73
CF21	72	1,56 abcd	33,93	CF29	82	9.249 cde	59,52	CF28	100	6.729 bcde	25,18
CF17	65	1,55 abcd	32,24	CF28	83	8.766 cdef	43,54	CF25	127	6.404 cdefg	28,51
CF23	116	1,52 bcd	33,08	CF17	65	8.524 cdef	17,87	CF33	100	6.184 cdefg	26,02
CF31	99	1,45 bcde	34,41	CF30	86	8.055 defg	24,64	CF21	100	6.181 cdefg	71,00
CF24	76	1,42 cdef	34,97	CF22	99	7.848 efgh	18,87	CF27	100	5.971 defgh	22,99
CF32	84	1,42 cdef	35,01	CF25	87	7.813 efgh	40,24	CF17	100	5.854 efgh	28,78
CF29	82	1,37 cdefg	35,48	CF34	127	7.716 efgh	19,15	CF32	99	5.658 fghi	34,27
CF28	83	1,33 defg	35,56	CF23	116	7.402 fgh	18,72	CF34	200	5.277 ghi	30,74
CF25	87	1,21 efg	33,76	CF32	84	7.123 fgh	29,88	CF23	116	5.275 ghi	27,13
CF27	92	1,17 fg	32,47	CF27	92	6.776 gh	33,18	CF22	100	5.132 hi	36,16
CF30	86	1,16 g	31,94	CF31	99	6.214 h	26,77	CF31	116	4.764 i	31,07

### 3.1.1.1. Variación geográfica clinal

Al estudiar la asociación de las características morfométricas de frutos con las variables geoclimáticas (tabla 11) se verificó que las procedencias que manifestaron mayores medias de ancho de frutos correspondían a latitudes 23° - 24° (F 84,70;  $p < 0,0001$ ), a longitudes de 64° (F 126,49;  $p < 0,0001$ ), altitudes entre 355 – 500 y 140 – 173 m (F 133,04,  $p < 0,0001$ ), temperaturas medias de 14 y 19°C (F 131,29,  $p < 0,0001$ ), precipitaciones de 1938 mm (F 146,13,  $p < 0,0001$ ) y humedad relativa de 47% (F 59,08,  $p < 0,0001$ ).

**Tabla 11.** Ancho de fruto AF (mm), asociado a variables geoclimáticas.

C LAT (clases de latitud), C LONG (clases de longitud), ALT (metros sobre el nivel del mar), TEMP (temperatura media), C Pp (mm) (clases de precipitaciones), C HR% (clases de humedad relativa ambiente). n = número repeticiones. Media = promedio de germinación en %. CV = coeficiente de variación en %. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Test: Tukey Alfa=0,05.

C LAT	n	Medias	CV	C LONG	n	Medias	CV
23	100	15,9 a	7,92	64	100	15,9 a	7,92
24	300	15,8 a	8,92	55	458	15,4 b	13,51
27	634	14,2 b	9,75	65	500	15,0 b	10,49
26	643	14,2 b	15,27	58	519	13,5 c	9,65
				57	100	13,2 c	9,69
ALT	n	Medias	CV	TEMP	n	Medias	CV
355 – 500	100	15,9 a	7,92	19	100	15,9 a	7,92
140 – 173	226	15,8 a	16,26	14	300	15,8 a	8,92
197 – 238	232	15,0 b	9,11	22	558	15,0 b	14,29
1051 – 1247	500	15,0 b	10,49	16	200	13,8 c	6,99
50 – 72	619	13,5 c	9,70	23	519	13,5 c	9,65
C Pp (mm)	n	Medias	CV	C HR%	n	Medias	CV
1938	243	15,9 a	15,12	47	300	15,8 a	8,92
635 – 752	600	15,1 b	10,30	65	215	14,9 b	9,87
1657 – 1869	315	14,3 c	11,29	49	300	14,5 bc	9,97
1511 – 1518	519	13,5 d	9,65	63	762	14,3 c	14,35
				68	100	13,2 d	9,69

Del análisis de correlación de Pearson, se verificaron correlaciones significativas de la variable ancho de fruto con las variables geográficas y climáticas. De estas, fueron correlaciones débiles y positivas con la longitud y negativas con las precipitaciones, y correlaciones medias positivas con la altitud y negativas con la latitud, temperatura y humedad relativa (figura 4). Dadas estas relaciones se puso a prueba la hipótesis de variación clinal a través del análisis de regresión lineal (tabla 12), verificando que todas las variables se ajustaron en modelos significativos (latitud  $F 197,06$   $p < 0,0001$ , longitud  $F 10,80$   $p 0,0010$ , altitud  $F 80,18$   $p < 0,0001$ , temperatura  $F 108,38$   $p < 0,0001$ , precipitaciones  $F 11,07$   $p 0,0009$  y humedad relativa  $F 120,26$   $p < 0,0001$ ) comprobando que si presentan variación clinal.

**Tabla 12.** Análisis de la varianza de la regresión lineal para la variable ancho de frutos con las variables geoclimáticas

(LAT) latitud, (LONG) longitud, (MSNM) altitud, (T°MED) temperatura media, Pp (mm) precipitaciones y (HR%) humedad relativa.

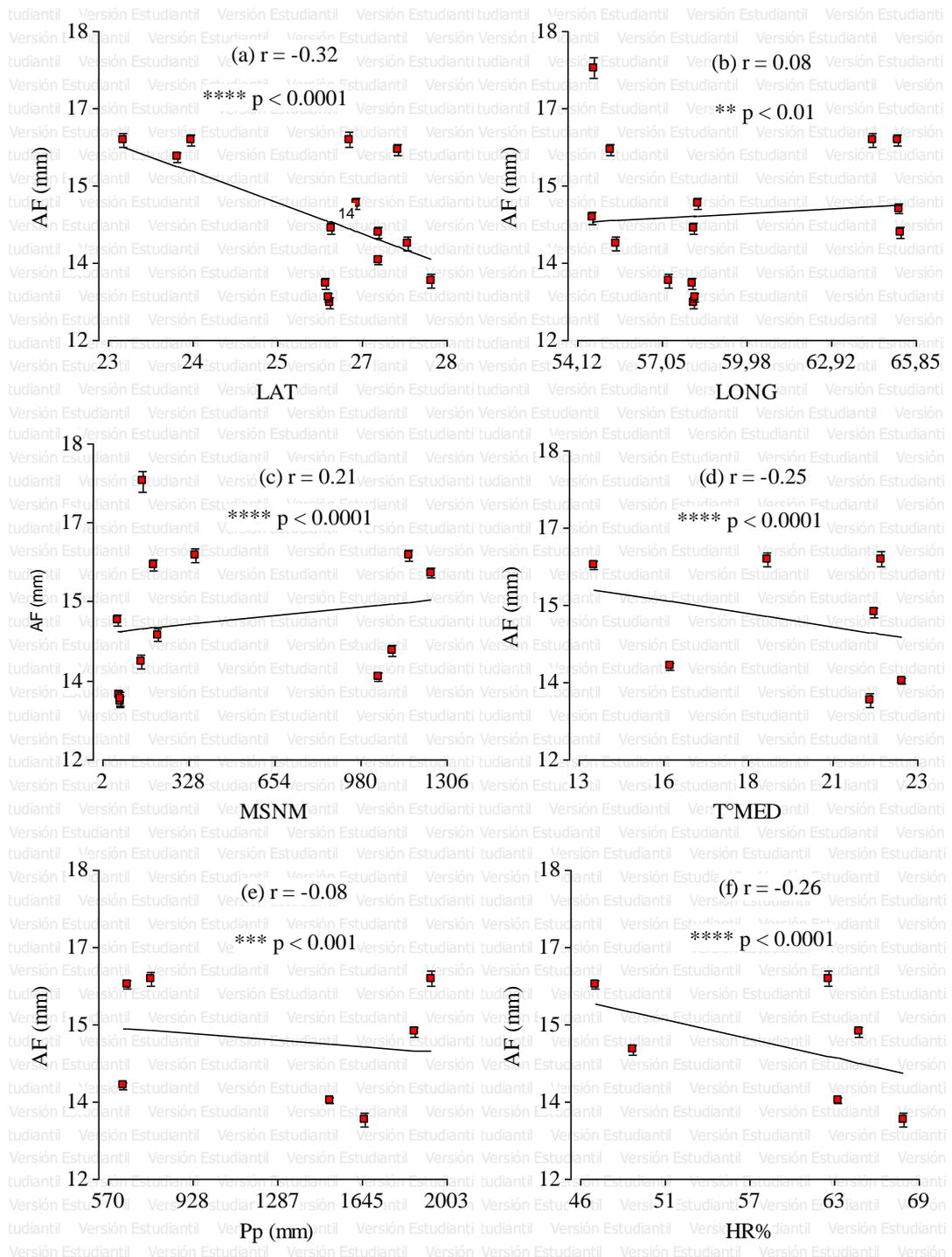
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	605	1	605	197,06	<0,0001	Modelo.	37	1	37	10,80	0,0010
LAT	605	1	605	197,06	<0,0001	LONG	37	1	37	10,80	0,0010
Error	5.144	1.675	3			Error	5.713	1.675	3		
Total	5.750	1.676				Total	5.750	1.676			

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	263	1	263	80,18	<0,0001	Modelo.	349	1	349	108,38	<0,0001
MSNM	263	1	263	80,18	<0,0001	T°MED	349	1	349	108,38	<0,0001
Error	5.487	1.675	3			Error	5.400	1.675	3		
Total	5.750	1.676				Total	5.750	1.676			

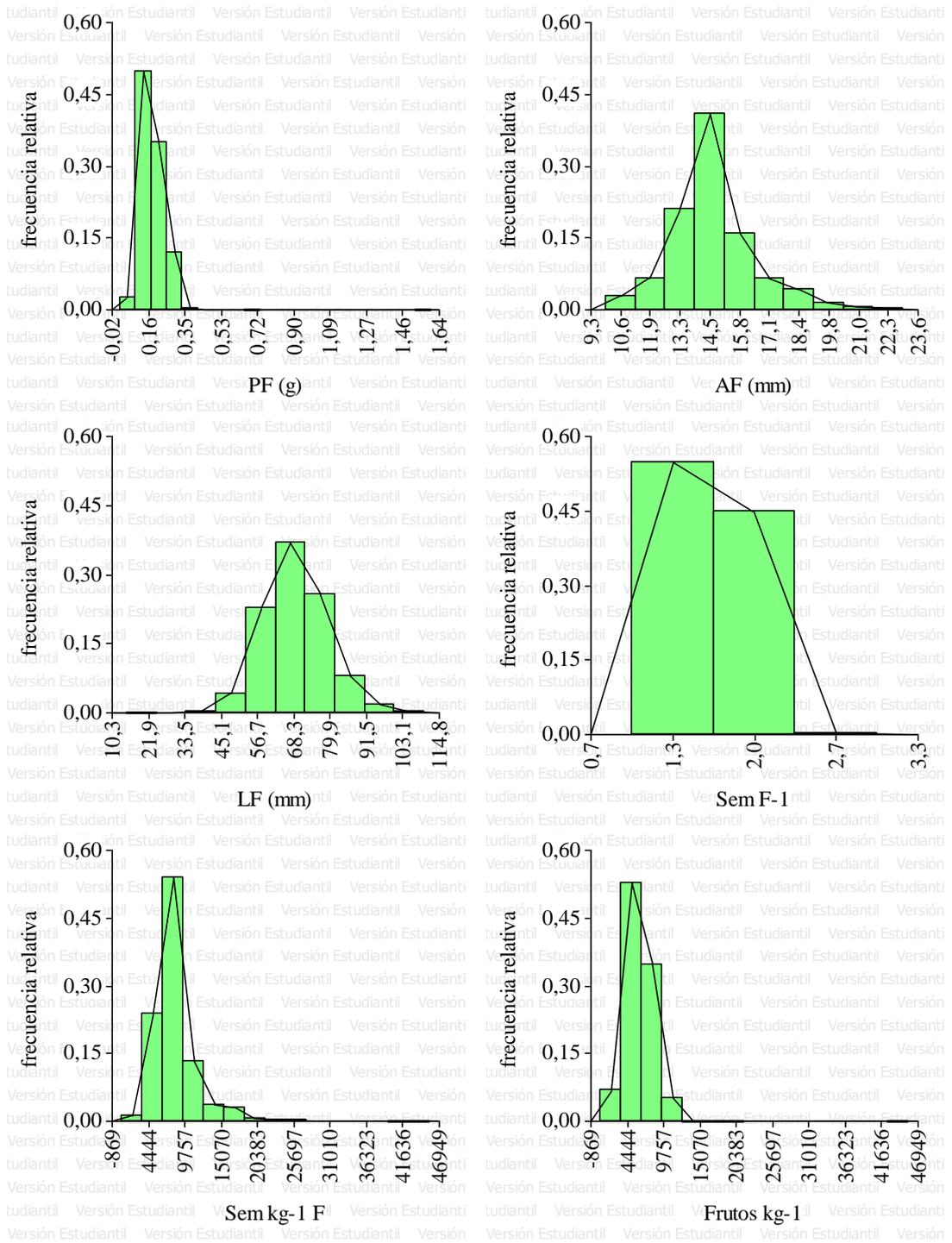
  

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	38	1	38	11,07	0,0009	Modelo.	385	1	385	120,26	<0,0001
Pp (mm)	38	1	38	11,07	0,0009	HR%	385	1	385	120,26	<0,0001
Error	5.712	1.675	3			Error	5.364	1.675	3		
Total	5.750	1.676				Total	5.750	1.676			



**Figura 4.** Variación geográfica clinal de la variable ancho de fruto

AF (mm) (ancho de frutos en milímetros), (a) LAT (latitud), (b) LONG (longitud), (c) MSNM (metros sobre el nivel del mar), (d) T°MED (temperatura media), (e) Pp (mm) (precipitaciones en milímetros), (f) HR% (humedad relativa ambiente en porcentaje). p (niveles de diferencias significativas de correlación). ns (no significativa). ns p > 0.05; \* p < 0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001; \*\*\*\* p < 0.0001.



**Figura 5.** Gráfico de distribuciones de frecuencias relativas – morfometría de frutos  
 Distribuciones de frecuencia de PF (g) peso de frutos en gramos, AF (mm) ancho de frutos en milímetros, LF (mm) largo de frutos en milímetros, Sem F-1 (número de semillas por frutos), Sem kg-1 (número de semillas por kg de frutos, y Frutos kg-1 (número de frutos por kg).

Del análisis de distribución de frecuencias relativas (figura 5) de las variables estudiadas de *P. dubium* se registró que el peso de frutos tuvo una frecuencia de distribución de los datos simétrica positiva y leptocúrtica (valor elevado del coeficiente K), la variable ancho de fruto una distribución de frecuencias relativas asimétrica positiva (levemente asimétrica) y leptocúrtica (levemente), la distribución de frecuencias relativas de la variable largo de frutos se ajusta a simétrica positiva (levemente) y leptocúrtica, el número de semillas por frutos frecuencia relativa de los datos ajustados a una curva asimétrica positiva (levemente) y platicúrtica, el número de semillas por kg de frutos tuvo una distribución de frecuencias relativas de sus datos asimétrica positiva y leptocúrtica, y por último la variable número de frutos por kg tuvo una frecuencia de distribución de los datos simétrica positiva y leptocúrtica (valor elevado del coeficiente K).

### 3.1.2. Morfometría de semillas

El ANOVA indicó, para todas las variables analizadas: peso, semillas por kg, ancho, y largo de semilla, diferencias estadísticamente significativas entre procedencias (tabla 13) con valores F de 85,82 - 47,32 - 19,13 - 35,11, y en las progenies (tabla 14) valores F de 92,36 - 61,16 - 35,95 - 40,32 y valores de  $p < 0,0001$ , respectivamente para cada variable. Previo al ANOVA se verificó la normalidad de los datos gráficamente a través de gráficos Q-Q plot y gráficos de distribución de frecuencias relativas.

**Tabla 13.** Diferencias Morfométricas de semillas según procedencias.

n = número de individuos. Medias = promedios. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Test: Tukey Alfa=0,05. PS 1000 (g) (peso en gramos de 1000 semillas), Sem kg-1 (número de semillas por kg), AS (mm) (ancho de semillas en mm) y LS (mm) (largo de semillas en mm).

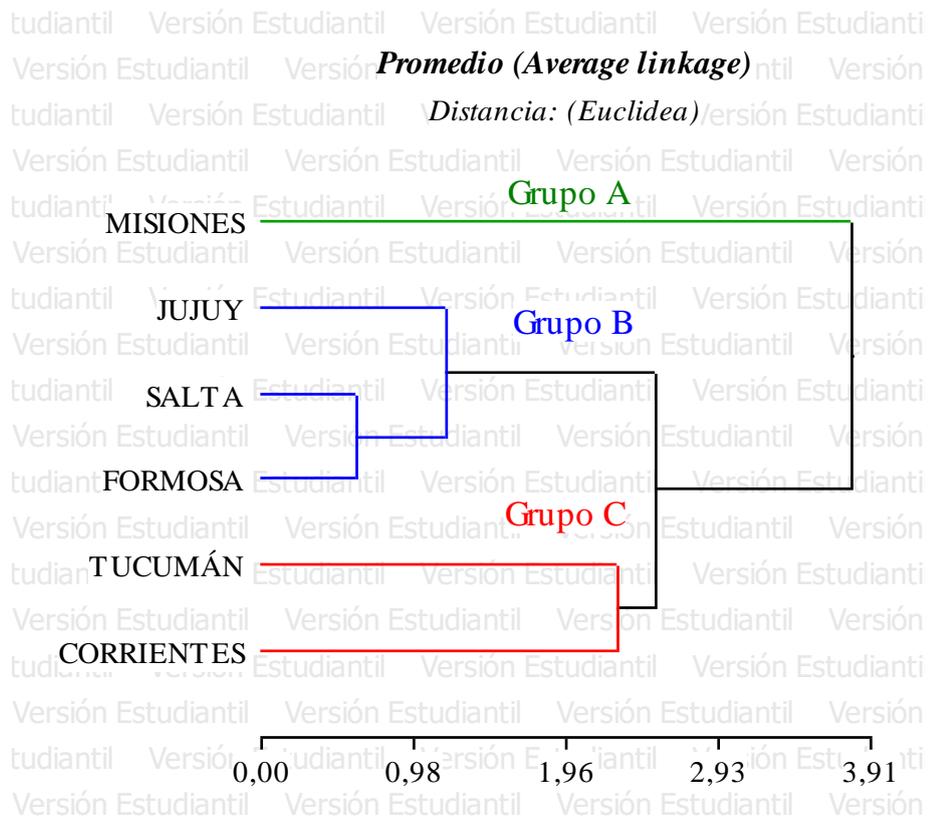
<b>PS 1000 (g)</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>CV</b>
CORRIENTES	81	44,43 b	27	60	15,67
FORMOSA	323	43,91 bc	13	69	23,77
JUJUY	191	44,71 b	22	60	13,82
MISIONES	338	55,27 a	21	94	15,41
SALTA	88	41,27 c	21	54	15,51
TUCUMÁN	125	43,55 bc	17	85	21,58
<b>PS 1000 (g)</b>	<b>1.146</b>	<b>47,19</b>	<b>13</b>	<b>94</b>	<b>21,44</b>
<b>Sem kg-1</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>CV</b>
CORRIENTES	81	23.159 ab	16.667	37.037	18,54
FORMOSA	323	24.476 ab	14.599	75.188	31,61
JUJUY	191	22.853 b	16.667	44.843	16,03

MISIONES	338	18.619	c	10.627	47.619	19,49
SALTA	88	24.951	a	18.519	47.619	19,56
TUCUMÁN	125	24.231	ab	11.765	60.423	27,14
<b>Sem kg-1</b>	<b>1.146</b>	<b>22.395</b>		<b>10.627</b>	<b>75.188</b>	<b>27,20</b>
<b>AS (mm)</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>		<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>CV</b>
CORRIENTES	81	3,60	b	2,80	4,40	13,00
FORMOSA	320	4,18	a	3,00	5,05	13,22
JUJUY	191	4,02	a	3,00	5,00	12,49
MISIONES	340	4,15	a	2,50	6,00	12,15
SALTA	88	4,15	a	3,00	5,00	10,84
TUCUMÁN	125	4,02	a	2,00	6,50	12,70
<b>AS (mm)</b>	<b>1.145</b>	<b>4,08</b>		<b>2,00</b>	<b>6,50</b>	<b>13,03</b>
<b>LS (mm)</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>		<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>CV</b>
CORRIENTES	81	9,24	b	6,50	10,40	6,65
FORMOSA	323	8,83	c	6,00	11,00	8,45
JUJUY	191	8,90	c	7,00	10,00	9,24
MISIONES	340	9,46	ab	1,00	12,00	11,10
SALTA	88	8,76	c	6,50	10,00	7,44
TUCUMÁN	125	9,65	a	7,00	11,00	6,53
<b>LS (mm)</b>	<b>1.148</b>	<b>9,14</b>		<b>1,00</b>	<b>12,00</b>	<b>9,80</b>

Se observa que la procedencia Misiones, en relación con la variable peso de semillas, se diferencia significativamente de las demás procedencias, presentando la mayor media. La procedencia Misiones se diferencia significativamente de las demás en cuanto al número de semillas por kg, presentando la menor media. Se constata diferencias significativas respecto a la variable ancho de semilla de la procedencia Corrientes respecto a las demás, presentando esta procedencia menor media. Se verifica que las procedencias Tucumán, Misiones y Corrientes, se diferencian significativamente de las demás respecto a la variable largo de semillas presentando mayor media (tabla 13).

En promedio el peso de 1000 semillas es 47,2 g, con un mínimo de 13.3 g y máximo de 94.1 g, y su coeficiente de variación es de 21.4%. El número de semillas por kg arrojó un promedio de 22.395, con un mínimo de 10.627 y un máximo de 75.188 y su coeficiente de variación es de 27.2%. En promedio el ancho de las semillas es de 4.1 mm, con un mínimo de 2 mm y un máximo de 6.5 mm y su coeficiente de variación es de 13%. El largo de las semillas arrojó un promedio de 9.1 mm, con un mínimo de 1 mm y un máximo de 12 mm y su coeficiente de variación 9.8%.

Se comprobó que en promedio el peso de las semillas y número de semillas por kg varió 7.08 veces, el ancho de semillas 3.25 veces y el largo de semillas 12 veces. Además, los coeficientes de variación fueron superiores para las variables peso de semillas y semillas por kg.



**Figura 6.** Dendrograma – variables morfométricas de semillas

En el análisis multivariado (figura 6), las variables estudiadas fueron PS 1000 (g) (peso de 1000 semillas en gramos), Sem kg-1 (número de semillas por kg), AS (mm) (ancho de semilla en mm), LS (mm) (largo de semillas en mm). Del agrupamiento de las variables morfométricas de semillas y su gráfico de dendrograma se observan 3 grupos. De estos, los grupos A (Misiones) y C (Tucumán y Corrientes), en conjunto mostraron mayores medidas en las variables estudiadas y se diferencian del grupo B (Jujuy, Salta y Formosa) para las variables morfométricas estudiadas.

**Tabla 14.** Diferencias morfométricas de semillas según progenies.

PS 1000 (g) (peso de 1000 semillas en gramos). Sem kg-1 (semillas por kg). AS (mm) (ancho de semillas en mm). LS (mm) (largo de semillas en mm). PROG (progenies). n (número de individuos). Medias (promedios). CV (coeficiente de variación). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Test:Tukey Alfa=0,05.

PS 1000 (g)				Sem kg-1				AS (mm)				LS (mm)							
PROG	n	Medias	CV	PROG	n	Medias	CV	PROG	n	Medias	CV	PROG	n	Medias	CV				
CF31	98	60,20	a	10,22	CF20	53	32.300	a	31,22	CF21	50	4,76	a	6,71	CF31	98	10,16	a	3,95
CF32	48	55,71	b	12,01	CF30	86	29.349	b	21,74	CF22	84	4,52	ab	5,02	CF28	68	9,68	b	7,47
CF25	85	54,21	bc	15,93	CF33	57	27.270	bc	21,90	CF31	98	4,49	bc	4,62	CF33	57	9,61	bc	5,20
CF22	84	51,92	bcd	8,64	CF27	88	24.951	cd	19,56	CF24	47	4,24	cd	9,79	CF23	107	9,48	bc	10,57
CF23	107	51,40	cd	17,22	CF17	64	24.758	cd	13,23	CF33	57	4,18	de	11,20	CF22	84	9,30	bc	4,60
CF21	50	50,46	cde	16,96	CF29	81	23.159	de	18,54	CF27	88	4,15	de	10,84	CF34	127	9,29	bcd	6,31
CF24	50	49,93	de	11,02	CF34	127	21.893	ef	15,89	CF32	50	4,06	def	12,91	CF29	81	9,24	cd	6,65
CF28	68	48,33	def	18,90	CF28	68	21.684	efg	27,60	CF25	85	4,04	def	15,27	CF32	50	9,20	cd	13,67
CF34	127	46,58	ef	12,87	CF21	50	20.494	fgh	20,52	CF34	127	4,02	def	10,83	CF30	86	8,87	de	9,17
CF29	81	44,43	fg	15,67	CF24	50	20.276	fgh	11,40	CF17	64	4,02	def	15,37	CF25	85	8,77	ef	11,28
CF27	88	41,27	gh	15,51	CF23	107	20.061	fgh	18,53	CF23	107	3,98	ef	11,17	CF24	50	8,77	ef	9,94
CF17	64	40,99	gh	11,47	CF22	84	19.420	fghi	9,61	CF28	68	3,88	f	13,10	CF27	88	8,76	ef	7,44
CF33	57	37,85	hi	15,64	CF25	85	19.115	ghi	23,91	CF30	86	3,85	fg	10,69	CF20	53	8,50	efg	7,91
CF30	86	35,44	ij	18,66	CF32	48	18.245	hi	14,08	CF29	81	3,60	gh	13,00	CF21	50	8,37	fg	5,91
CF20	53	33,14	j	22,86	CF31	98	16.798	i	11,04	CF20	53	3,56	h	11,91	CF17	64	8,13	g	8,29

Respecto al peso de semillas se destaca la progenie CF31, la cual presenta mayor media, y presenta diferencias significativas respecto a las demás. Por otro lado la progenie CF20 se diferencia significativamente de las demás, y presenta mayor media de número de semillas por kg. La progenie CF21 es la que presenta mayor media de ancho de semillas y se diferencia significativamente del resto excepto la progenie CF22. Y en cuanto a largo de semillas, la progenie CF31 se diferencia significativamente de las demás, presentando mayor media (tabla 14). En general del análisis de los coeficientes de variación no se observan grandes diferencias, registrándose los mayores coeficientes de variación las progenies CF20 (Formosa) (peso de semillas y semillas por kg), CF25 (Misiones) (ancho de semillas) y CF32 (Misiones) (largo de semillas) (tabla 14).

### 3.1.2.1. Variación geográfica clinal

Para determinar la relación entre el peso de la semilla y el número de *P. dubium*, se examinaron las variaciones altitudinales y la relación entre el peso de la semilla y el número en las frutas recolectadas de 35 progenies entre 2014 y 2015. Del estudio de la asociación de las variables geoclimáticas de las regiones de orígenes de las semillas

(tabla 16) se verificó que las mayores medias de pesos de semillas correspondieron a latitud de 26° y 27° (F 22,68 y  $p < 0,0001$ ), longitud 55° (F 106,91 y  $p < 0,0001$ ), altitudes en rangos de 197-238 y 140-173 (F 107,10 y  $p < 0,0001$ ), temperaturas medias de 22°C (F 74,93 y  $p < 0,0001$ ), precipitaciones en rangos de 1657-1869 y 1938 mm (F 96,84 y  $p < 0,0001$ ), y humedades relativas de 65% (F 80,00  $p < 0,0001$ ).

Del análisis de correlación de Pearson, respecto a las variables morfométricas de semillas (figura 7), se comprobó que las mayores asociaciones con las variables geográficas y climáticas se da con el peso de las semillas, específicamente el peso de 1000 semillas en gramos. Se verificaron correlaciones medias positivas con la latitud, temperatura media, precipitaciones y humedad relativa y negativas con la longitud y altitud. Considerando estas relaciones constatadas, se puso a prueba la hipótesis de variación clinal a través del análisis de regresión lineal (tabla 15), dando por resultado un modelo significativo para todas las variables (latitud F 65,78  $p < 0,0001$ , longitud F 184,15  $p < 0,0001$ , altitud F 30,70  $p < 0,0001$ , temperatura F 42,58  $p < 0,0001$ , precipitaciones F 179,19  $P < 0,0001$  y humedad relativa 76,72  $p < 0,0001$ ), confirmando así la hipótesis de variación clinal para estas variables.

**Tabla 15.** Análisis de la varianza de la regresión lineal para la variable peso de 1000 semillas con las variables geoclimáticas

Latitud (LAT), longitud (LONG), altitud (MSNM), temperatura (T°MED), precipitaciones (Pp (mm)) y humedad relativa (HR%).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.375	1	6.375	65,78	<0,0001	Modelo.	16.256	1	16.256	184,15	<0,0001
LAT	6.375	1	6.375	65,78	<0,0001	LONG	16.256	1	16.256	184,15	<0,0001
Error	110.867	1.144	97			Error	100.987	1.144	88		
Total	117.242	1.145				Total	117.242	1.145			

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.064	1	3.064	30,70	<0,0001	Modelo.	4.207	1	4.207	42,58	<0,0001
MSNM	3.064	1	3.064	30,70	<0,0001	T°MED	4.207	1	4.207	42,58	<0,0001
Error	114.178	1.144	100			Error	113.036	1.144	99		
Total	117.242	1.145				Total	117.242	1.145			

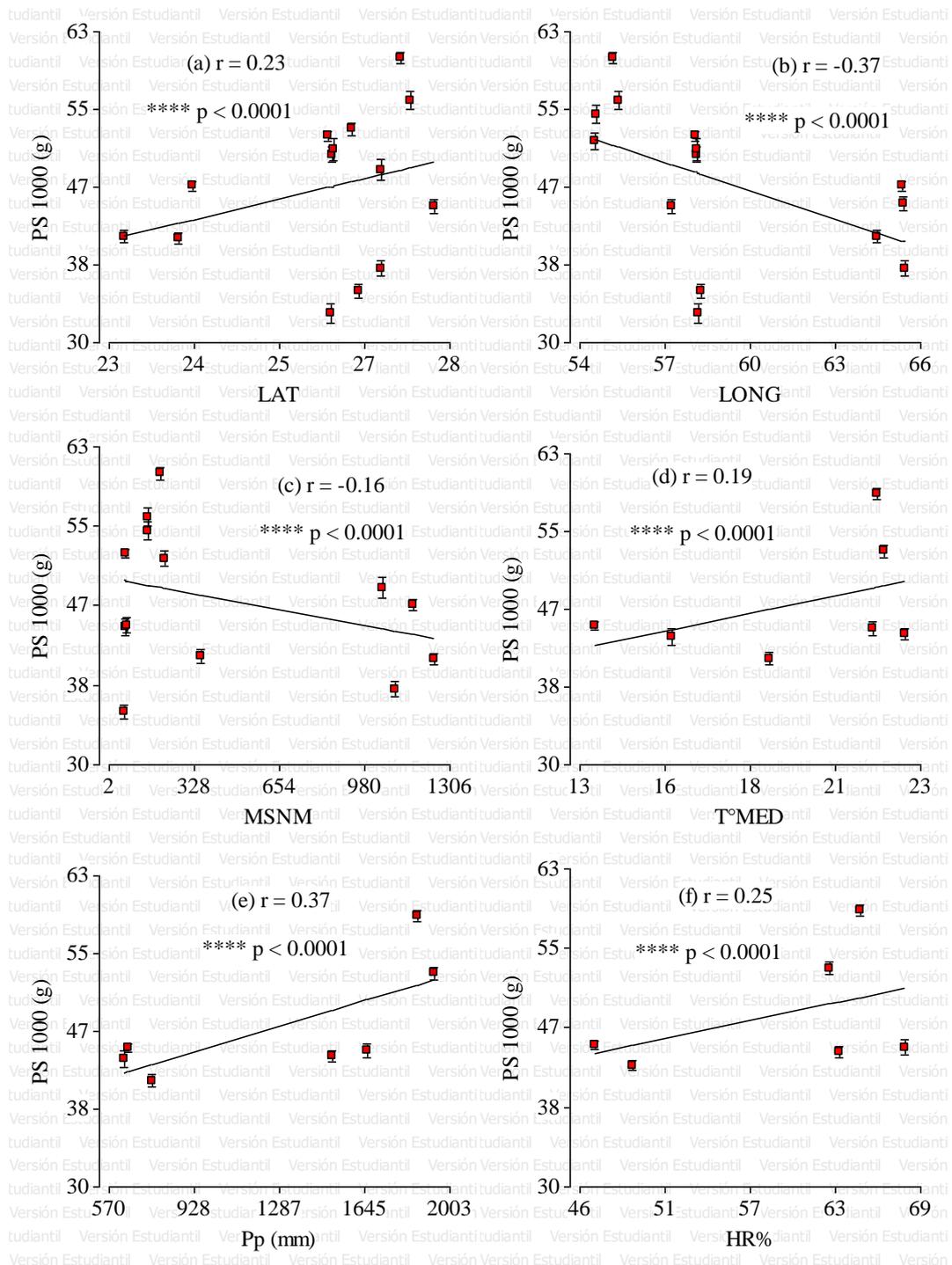
  

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15.877	1	15.877	179,19	<0,0001	Modelo.	7.369	1	7.369	76,72	<0,0001
Pp (mm)	15.877	1	15.877	179,19	<0,0001	HR%	7.369	1	7.369	76,72	<0,0001
Error	101.365	1.144	89			Error	109.874	1.144	96		
Total	117.242	1.145				Total	117.242	1.145			

**Tabla 16.** Peso de 1000 semillas (g) asociados a variables geoclimáticas

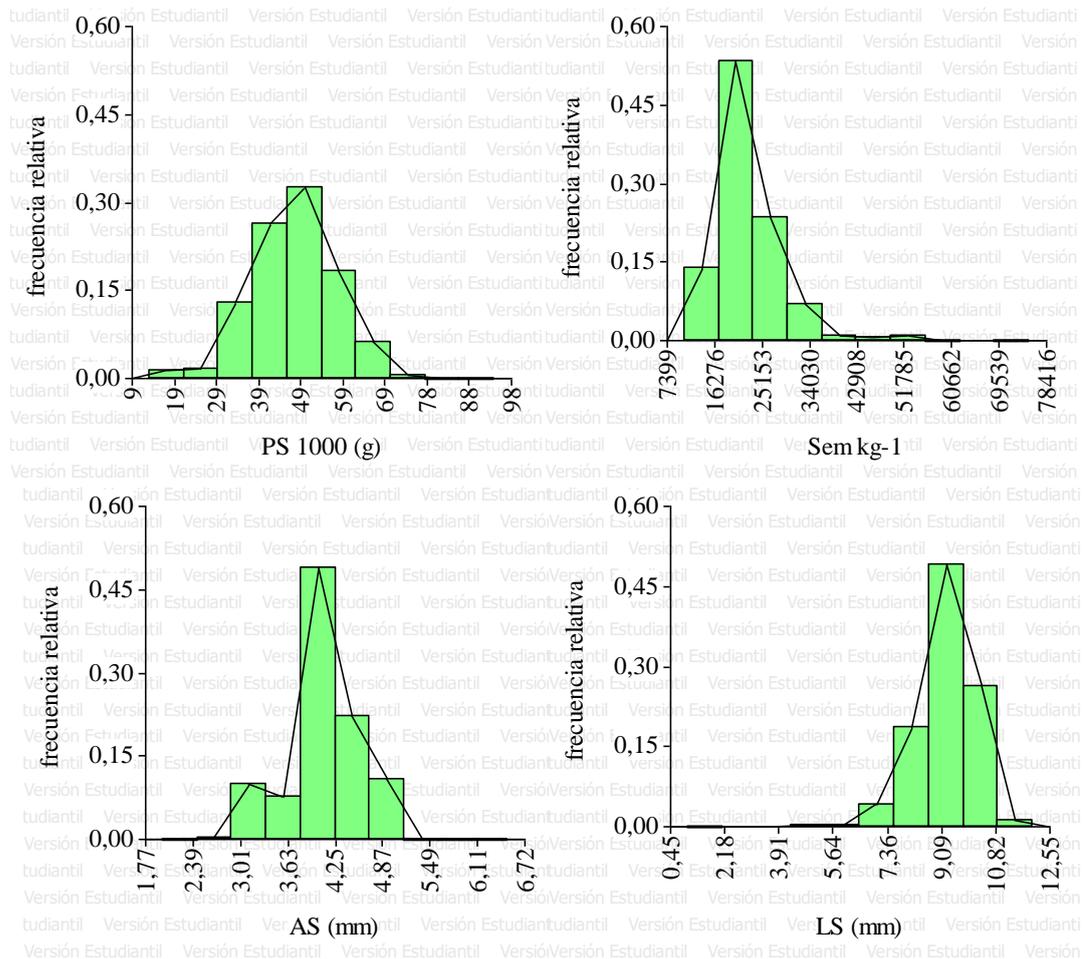
C LAT (clases de latitud), C LONG (clases de longitud), ALT (metros sobre el nivel del mar), TEMP (temperatura media), C Pp (mm) (clases de precipitaciones), C HR% (clases de humedad relativa ambiente). n = número repeticiones. Media = promedio de germinación en %. CV = coeficiente de variación en %. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Test:Tukey Alfa=0,05.

<b>C LAT</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>	<b>CV</b>	<b>C LONG</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>	<b>CV</b>
26	429	49,52 a	19,84	55	338	55,27 a	15,41
27	438	47,18 ab	24,53	57	81	44,43 b	15,67
24	191	44,71 b	13,82	65	316	44,25 b	17,23
23	88	41,27 c	15,51	58	323	43,91 bc	23,77
				64	88	41,27 c	15,51
<b>ALT</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>	<b>CV</b>	<b>TEMP</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>	<b>CV</b>
197 – 238	205	55,60 a	15,90	22	419	53,17 a	17,45
140 – 173	133	54,75 a	14,60	14	191	44,71 b	13,82
1051 – 1247	316	44,25 b	17,23	23	323	43,91 bc	23,77
50 – 72	404	44,02 b	22,35	16	125	43,55 bc	21,58
355 – 500	88	41,27 c	15,51	19	88	41,27 c	15,51
<b>C Pp (mm)</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>	<b>CV</b>	<b>C HR%</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>	<b>CV</b>
1657 – 1869	227	53,62 a	17,95	65	146	58,72 a	11,34
1938	192	52,64 a	16,80	63	515	47,17 b	22,76
1511 – 1518	323	43,91 b	23,77	47	191	44,71 bc	13,82
635 – 752	404	43,60 b	17,13	68	81	44,43 c	15,67
				49	213	42,61 c	19,60



**Figura 7.** Variación geográfica clinal de la variable peso de semillas

PS 1000 (g) (peso de 1000 semillas en gramos), (a) LAT (latitud), (b) LONG (longitud), (c) MSNM (metros sobre el nivel del mar), (d) T°MED (temperatura media), (e) Pp (mm) (precipitaciones en milímetros), (f) HR% (humedad relativa ambiente en porcentaje). p (niveles de diferencias significativas de correlación). ns (no significativa). ns  $p > 0.05$ ; \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ ; \*\*\*\*  $p < 0.0001$ .



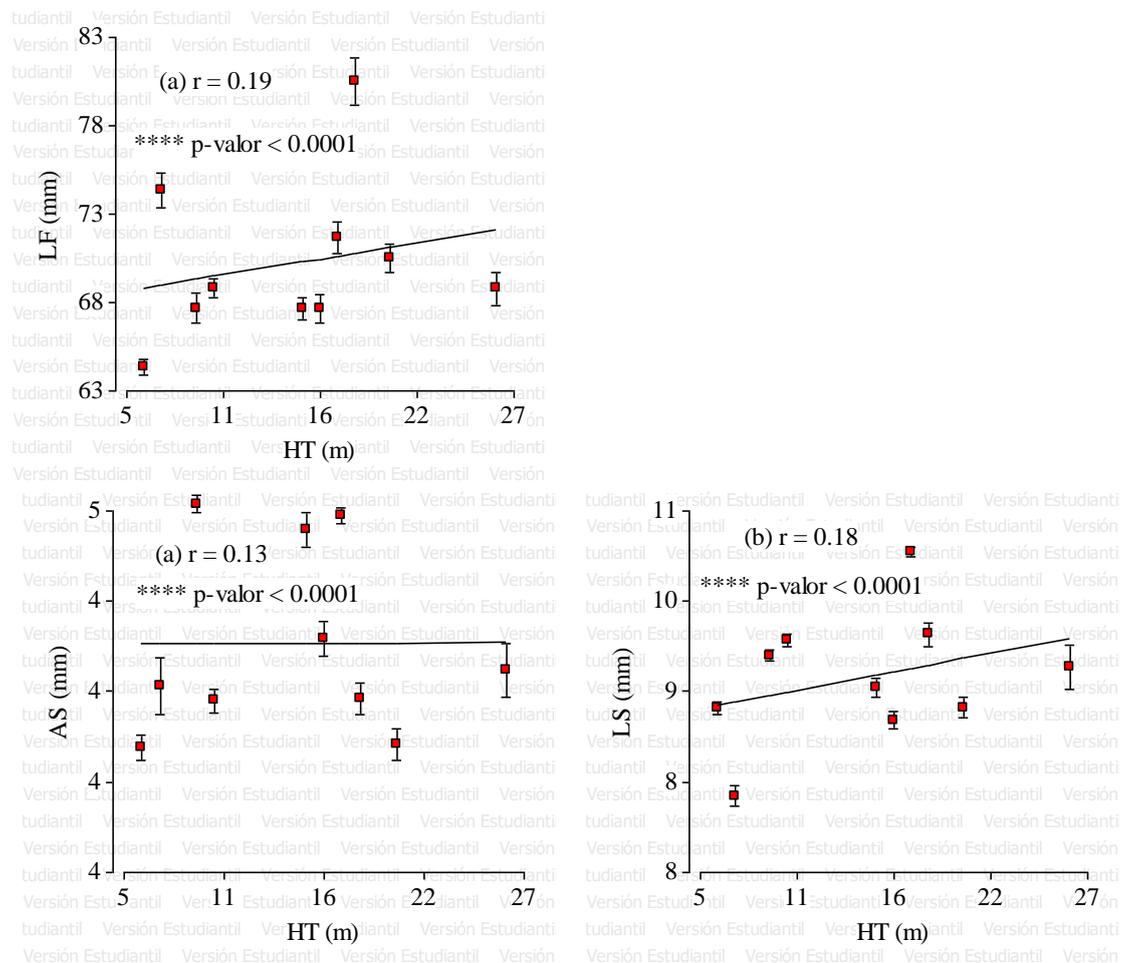
**Figura 8.** Gráfico de distribuciones de frecuencias de variables – morfometría de semillas

PS 1000 (g) peso de 1000 semillas en gramos, número de semillas por kg (Semillas kg-1), AS (mm) ancho de semillas en milímetros y LS (mm) largo de semillas en milímetros.

Del análisis de distribución de frecuencias (figura 8) se observa que la distribución de frecuencias relativas del peso de las semillas se ajusta a una normal, levemente asimétrica negativa ( $S = -0.11$ ) y levemente leptocúrtica ( $K = 0.31$ ), el número de semillas por kg tiene una distribución de frecuencias relativas que se ajusta a una curva asimétrica positiva y leptocúrtica. El ancho y largo de las semillas tiene una distribución de frecuencias relativas asimétrica negativa (leve para el ancho de frutos) y leptocúrtica.

### 3.1.3. Variación del tamaño de frutos y semillas con la altura de los árboles

Adicionalmente se estudió la correlación entre los rasgos morfométricos frutos y semillas con la altura de plantas, donde se detectó una relación significativa y positiva entre los rasgos morfométricos de frutos y semillas con la altura de plantas, del análisis de correlación de Pearson se verificó que las variables ancho y peso de frutos tiene una correlación significativa, positiva y débil con la altura de los árboles, en tanto que se registró una asociación significativa, positiva y media de la variable largo de frutos con la altura de los árboles. En otro orden con las semillas, se verificó una asociación significativa, positiva y débil del peso de las semillas con la altura de los árboles, mientras que las variables ancho y largo de semillas registraron una correlación significativa, positiva y media (figura 9).



**Figura 9.** Variación del ancho y largo de frutos y semillas asociado a la altura de los árboles.

LF (mm) (largo de frutos en mm). LS (mm) (largo de semillas en mm). AS (mm) (ancho de semillas en mm). r: coeficiente de correlación de Pearson. Nivel de significación de correlación: \*\*\*\*  $p < 0.0001$ .

#### 3.1.4. Variación geográfica de la altura total de las progenies de *P. dubium*

Los resultados indican que no se registró ninguna correlación significativa de la altura total de los árboles con las variables geoclimáticas ( $p > 0.05$ ) (tabla 17). Sin embargo se verificó cierto grado de asociación. La mayor asociación se da con la longitud ( $p 0,31$ ), con las precipitaciones ( $p 0,30$ ), con la temperatura media ( $p 0,20$ ), con la altitud ( $p -0,16$ ), con la latitud ( $p 0,14$ ) y con la humedad relativa ( $p 0,12$ ). Por lo tanto se observó que la altura de los árboles en los pisos altitudinales bajos es mayor (26 m de altura en 147 msnm) y decrece cuando la altitud aumenta (7 m de altura en 1247 msnm).

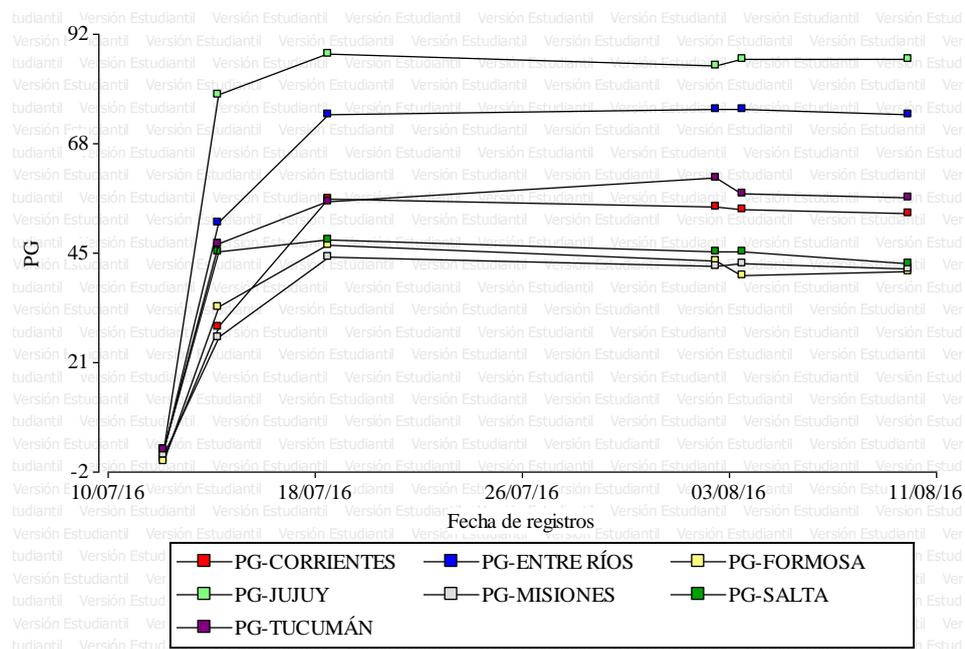
**Tabla 17.** Correlación de Pearson de la altura total de las progenies de *P. dubium* con las variables geoclimáticas

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
HT (m)	LAT	20	0,14	0,56
HT (m)	LONG	20	-0,31	0,19
HT (m)	MSNM	20	-0,16	0,50
HT (m)	T°MED	20	0,20	0,39
HT (m)	Pp (mm)	20	0,30	0,19
HT (m)	HR%	20	0,12	0,61

HT (m) altura total del árbol en metros. LAT (latitud). LONG (longitud). MSNM (altitud). T°MED (temperatura media). Pp (mm) (precipitaciones). HR% (humedad relativa). ns  $p > 0.05$ ; \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ ; \*\*\*\*  $p < 0.0001$

### 3.2. Poder germinativo (PG)

Se sembraron 1330 semillas de las cuales en total germinaron 721. El poder germinativo se midió a los 10 días de la siembra, luego en los demás registros hasta los 31 días del ensayo no se observaron aumentos en el porcentaje de germinación (figura 10). Del análisis de datos realizado para las 7 procedencias y 34 progenies, se encontraron diferencias significativas a un nivel procedencias (tabla 18) ( $F 8,04$  y  $p < 0,0001$ ) y progenies ( $F 13,22$  y  $p < 0,0001$ ). La proporción de la varianza total correspondiente a la procedencia fue de un 16% mientras que la progenie un 65%. Previo al ANOVA se verificó la normalidad de los datos gráficamente a través de gráficos Q-Q plot y gráficos de distribución de frecuencias relativas.



**Figura 10.** Registros de porcentajes de germinación de las procedencias.

**Tabla 18.** Medidas de resumen – poder germinativo – ranking según procedencia.

$n$  = número repeticiones. Media = promedio de germinación en %. CV = coeficiente de variación. Mín y Máx = valores mínimos y máximos de poder germinativo en %. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Test: Tukey Alfa=0,05.

PROCEDENCIA	n	Media	Mín	Máx	CV
JUJUY	16	88 a	40	100	23

ENTRE RÍOS	36	74 ab	0	100	44
CORRIENTES	47	56 bc	0	100	57
TUCUMÁN	24	56 bc	0	100	48
SALTA	8	48 bc	0	100	63
FORMOSA	32	46 c	0	100	62
MISIONES	103	44 c	0	100	75
<b>TOTAL</b>	<b>266</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>62</b>

En promedio la germinación fue del 54% y su coeficiente de variación 62%. Las semillas de las procedencias Jujuy se diferenciaron significativamente del resto respecto al poder germinativo, excepto las procedencias de Entre Ríos. Las demás procedencias han registrado menores porcentajes de germinación pero no se diferencian significativamente entre sí. Las procedencias de Jujuy germinaron todos los ensayos, mientras que en las demás procedencias se han registrado valores cero de poder germinativo, en tanto que en todas se observaron valores máximos de germinación igual a 100% (tabla 18).

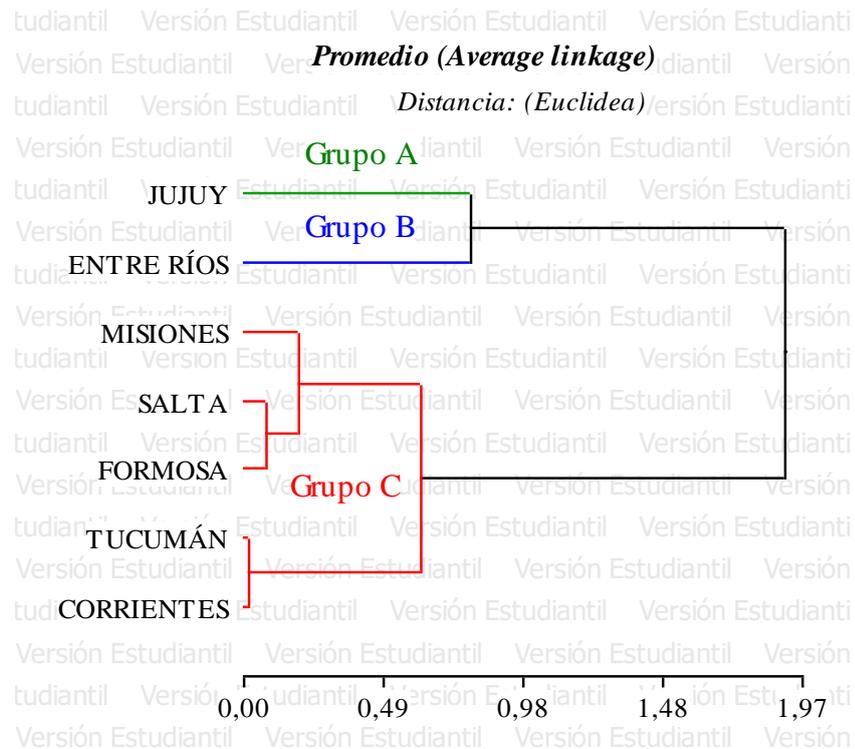
Al analizar las progenies se puede observar que hubo diferencias significativas entre las progenies de una misma procedencia y progenies de diferentes procedencias, excepto las procedencias de Jujuy que no se diferenciaron entre si, y la procedencia Salta que cuenta con una sola progenie. Se observan diferentes coeficientes de variación, donde los valores muy altos se corresponden con resultados donde se registraron varios porcentajes de germinación con valores 0%, 20%, 40% y 60%, como por ejemplo las progenies CF8, CF13, CF14 y CF15. Por otro lado las progenies por ejemplo CF4 y CF7, registraron valores bajos de coeficientes de variación, en estos casos ninguna repetición resultó ser 0% de germinación, siendo además valores de entre 80% y 100% de poder germinativo (tabla 19).

**Tabla 19.** Medidas de resumen – poder germinativo – ranking según procedencia y progenie.

n = número repeticiones. Media = promedio de germinación en %. CV = coeficiente de variación. Mín y Máx = valores mínimos y máximos de poder germinativo en %.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Prueba de Tukey Alfa=0,05

PROCEDENCIA	PROGENIE	n	Media	Mín	Máx	CV
JUJUY	CF17	8	100,00 a	100	100	0,00
ENTRE RÍOS	CF4	8	97,50 a	80	100	7,25
CORRIENTES	CF7	7	88,57 ab	80	100	12,07
ENTRE RÍOS	CF3	8	87,50 ab	40	100	27,15
CORRIENTES	CF6	6	83,33 abc	40	100	28,06
ENTRE RÍOS	CF5	8	82,50 abc	0	100	41,86
FORMOSA	CF22	8	82,50 abc	40	100	27,30
CORRIENTES	CF10	6	80,00 abcd	60	100	22,36
MISIONES	CF31	8	77,50 abcd	60	100	16,54
JUJUY	CF34	8	75,00 abcd	40	100	31,07
TUCUMÁN	CF28	8	72,50 abcde	60	100	20,52
MISIONES	CF18	8	70,00 abcdef	20	100	40,41
MISIONES	CF26	7	68,57 abcdefg	40	80	22,95
MISIONES	CF25	8	67,50 abcdefg	40	100	31,43
MISIONES	CF32	8	67,50 abcdefg	20	100	47,35
CORRIENTES	CF29	8	62,50 abcdefgh	40	80	20,51
MISIONES	CF23	8	62,50 abcdefgh	20	100	39,89
MISIONES	CF35	8	52,50 bcdefghi	20	80	34,90
SALTA	CF27	8	47,50 bcdefghij	0	100	63,41
TUCUMÁN	CF33	16	47,50 bcdefghij	0	80	59,30
ENTRE RÍOS	CF1	7	45,71 cdefghij	0	80	60,38
ENTRE RÍOS	CF2	5	44,00 cdefghijk	0	80	67,42
FORMOSA	CF30	8	42,50 cdefghijk	20	80	39,27
MISIONES	CF12	8	42,50 cdefghijk	20	80	52,99
CORRIENTES	CF9	7	40,00 defghijkl	20	80	57,74
FORMOSA	CF21	8	32,50 efghijkl	0	60	56,38
CORRIENTES	CF11	8	30,00 fghijkl	0	40	50,40
FORMOSA	CF20	8	27,50 ghijkl	0	40	66,63
MISIONES	CF19	8	22,50 hijkl	0	60	74,18
MISIONES	CF14	8	20,00 ijkl	0	60	106,90
MISIONES	CF15	8	12,50 ijkl	0	40	146,58
MISIONES	CF13	8	7,50 jkl	0	20	138,01
CORRIENTES	CF8	5	4,00 kl	0	20	223,61
MISIONES	CF16	8	0,00 l	0	0	sd



**Figura 11.** Dendrograma - grupos de procedencia según poder germinativo

El dendrograma de poder germinativo (figura 11), indica que Jujuy y Entre Ríos agrupan a las progenies con semillas que registraron los mayores porcentajes de germinación, y le siguen en otro grupo las progenies agrupadas en las procedencias Misiones, Salta, Formosa, Tucumán y Corrientes.

### 3.2.1. Variación geográfica clinal

Utilizando a las variables geoclimáticas como variables explicativas del poder germinativo (latitud, longitud, altitud, temperatura, precipitaciones y humedad relativa.), se realizaron los análisis de varianza correspondientes ( $F_{9,70} p < 0,0001$ ,  $F_{6,52} p < 0,0001$ ,  $F_{9,92} p < 0,0001$ ,  $F_{9,08} p < 0,0001$ ,  $F_{6,36} p < 0,0001$  y  $13,59 p < 0,0001$ ) y se encontraron diferencias significativas (tabla 20).

**Tabla 20.** Poder germinativo (PG) asociado a las variables geoclimáticas

C LAT (clases de latitud), C LONG (clases de longitud), ALT (metros sobre el nivel del mar), TEMP (temperatura media), C Pp (mm) (clases de precipitaciones), C HR% (clases de humedad relativa ambiente). n = número repeticiones. Media = promedio de germinación en %. CV (coeficiente de variación %). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Test: Tukey Alfa=0,05

C LAT	n	Medias	CV	C LONG	n	Medias	CV		
24	16	88	a	23	65	40	69	a	42
32	36	74	a	44	58	99	61	a	56
29	31	61	ab	58	56	16	56	a	51
27	96	48	b	64	64	8	48	a	63
23	8	48	b	63	57	16	46	a	47
26	79	44	b	69	55	79	45	a	73
				54		8	8	b	138
C ALT	n	Medias	CV	C TEMP	n	Medias	CV		
1051 – 1247	40	69	a	42	14	16	88	a	23
90 – 109	39	63	a	54	19	44	70	ab	48
50 – 72	84	58	ab	55	20	31	61	bc	58
140 – 173	32	58	ab	44	16	24	56	bc	48
197 – 238	47	43	b	76	23	32	46	c	62
355 – 500	24	20	c	141	22	119	44	c	72
C Pp (mm)	n	Medias	CV	C HR%	n	Medias	CV		
635 – 752	48	65	a	46	47	16	88	a	23
1318 – 1325	44	62	a	64	61	36	74	ab	44
1657 – 1869	48	58	a	46	65	32	64	abc	42
1511 – 1518	63	54	ab	61	68	47	56	bc	57
1938	63	38	b	82	49	32	54	bc	51
					63	95	41	c	75
					62	8	8	d	138

Se verificó a través del análisis de la varianza (tabla 20) que las semillas de mayor PG fueron las procedentes de latitudes 24° y 32°, estas se diferenciaron significativamente de las demás excepto de la latitud 29°. En cuanto a la longitud el poder germinativo de la longitud 54° fue el menor y se diferenció significativamente del resto. De las procedencias del rango altitudinal 355 – 500 m se registraron el menor poder germinativo diferenciándose significativamente del resto. Las semillas de las procedencias de sitios con temperatura media 14°C registraron los mayores porcentajes de germinación y se diferenciaron significativamente de las demás, excepto de las semillas de sitios con temperaturas medias de 19°C. Las semillas de sitios con precipitaciones promedio de 1938 mm registraron menores porcentajes de germinación y se diferenciaron significativamente de las demás. Y finalmente el menor porcentaje de germinación se verificó con semillas de sitios con 62% de humedad relativa promedio.

Del análisis de variación geográfica clinal y con respecto al poder germinativo de *P. dubium* y utilizando la correlación de Pearson, se verificó correlaciones positivas medias con la latitud y longitud y negativas medias con la temperatura, precipitaciones y humedad relativa, en tanto que con la altitud no se observó correlación (figura 12). Para probar la hipótesis de variación clinal se realizó un análisis de regresión lineal (tabla 21), verificando que el modelo ajustado para la altitud (MSNM) no resultó significativo (F 1,22 p 0,2707), en tanto que los demás modelos si fueron significativos (latitud F 9,76 p 0,002, longitud F 18,26 p < 0,0001, temperatura F 30,92 p < 0,0001, precipitaciones F 13,42 p 0,0003 y humedad relativa F 5,22 p 0,0231), comprobando que si presentan variación clinal.

**Tabla 21.** Análisis de la varianza de la regresión lineal para la variable poder germinativo y las variables geoclimáticas  
Latitud (LAT), longitud (LONG), altitud (MSNM), temperatura media (T°MED), precipitaciones (Pp (mm)) y humedad relativa (HR%).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10.562	1	10.562	9,76	0,0020
LAT	10.562	1	10.562	9,76	0,0020
Error	285.722	264	1.082		
Total	296.284	265			

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19.167	1	19.167	18,26	<0,0001
LONG	19.167	1	19.167	18,26	<0,0001
Error	277.117	264	1.050		
Total	296.284	265			

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.361	1	1.361	1,22	0,2707
MSNM	1.361	1	1.361	1,22	0,2707
Error	294.923	264	1.117		
Total	296.284	265			

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	31.059	1	31.059	30,92	<0,0001
T°MED	31.059	1	31.059	30,92	<0,0001
Error	265.225	264	1.005		
Total	296.284	265			

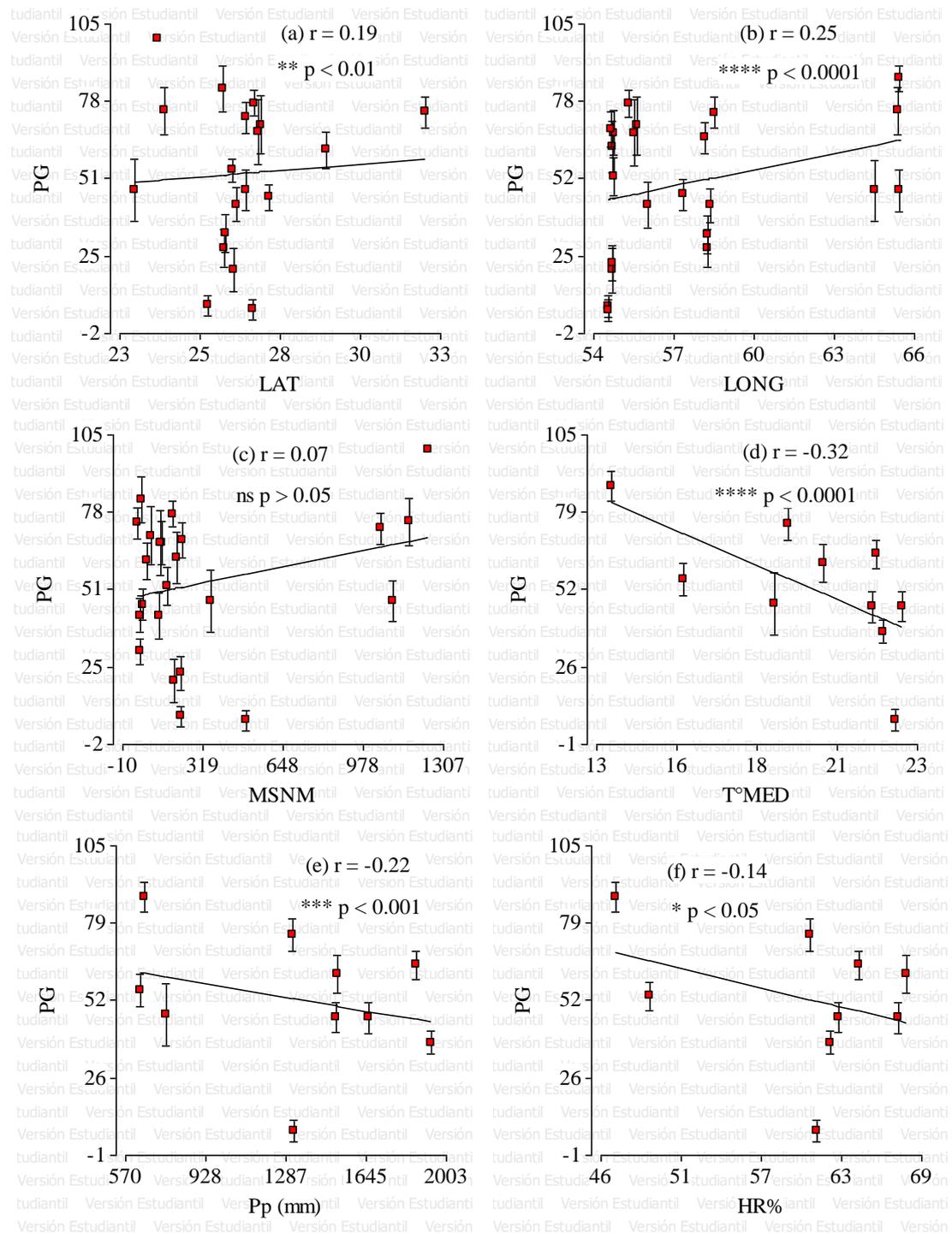
  

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14.335	1	14.335	13,42	0,0003
Pp (mm)	14.335	1	14.335	13,42	0,0003
Error	281.949	264	1.068		
Total	296.284	265			

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.744	1	5.744	5,22	0,0231
HR%	5.744	1	5.744	5,22	0,0231
Error	290.541	264	1.101		
Total	296.284	265			

Del análisis de distribución de frecuencias relativas, se verificó que los datos de poder germinativo presentan una distribución asimétrica negativa y platicúrtica para las procedencias Jujuy, Entre Ríos, Corrientes, y Misiones. Análogamente se registraron distribuciones asimétrica positiva y leptocúrtica para Tucumán y asimétrica positiva y platicúrtica las procedencias Salta y Formosa (figura 13).



**Figura 12.** Variación geográfica clinal del poder germinativo

PG (poder germinativo en porcentaje), (a) LAT (latitud), (b) LONG (longitud), (c) MSNM (metros sobre el nivel del mar), (d) T°MED (temperatura media), (e) Pp (mm) (precipitaciones en milímetros), (f) HR% (humedad relativa ambiente en porcentaje). p-valor (niveles de diferencias significativas de correlación). p (niveles de diferencias significativas de correlación). ns (no significativa). ns  $p > 0.05$ ; \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ ; \*\*\*\*  $p < 0.0001$ .

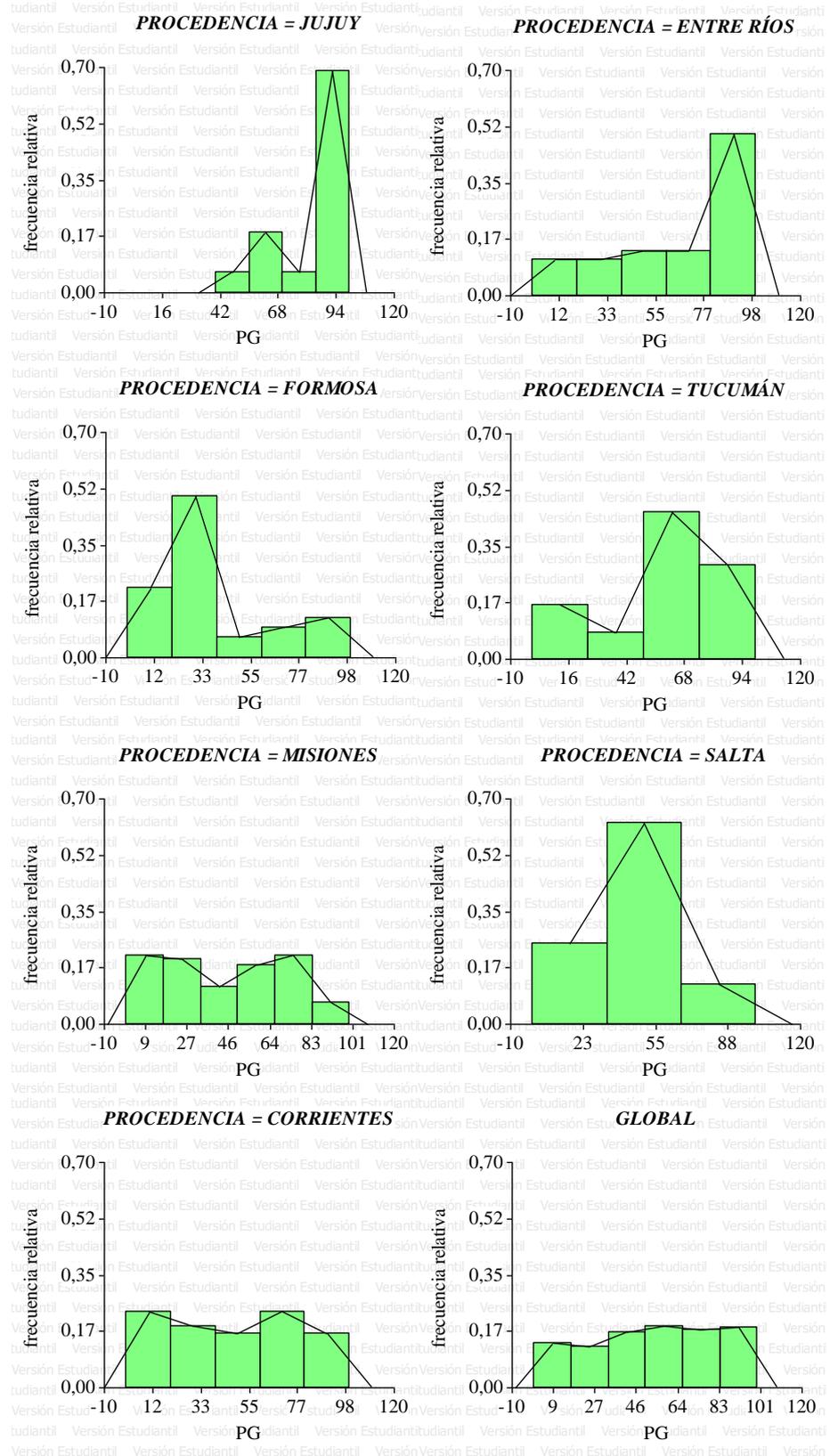


Figura 13. Distribución de frecuencias relativas de los datos agrupados de germinación

### 3.3. Morfometría de plántulas y sobrevivencia

#### 3.3.1. Morfometría de plántulas

Con 2 meses de crecimiento, se encontraron diferencias significativas en las plántulas, tanto para el crecimiento en altura ( $F 5,69$  y  $p < 0,0001$ ) como número de entrenudos ( $F 7,19$  y  $p < 0,0001$ ). En tanto no hubo diferencias significativas para la variable DC (mm) ( $F 2,08$  y  $p 0,0533$ ). Respecto al crecimiento en altura de plántulas, las procedencias de Salta se diferenciaron significativamente de las demás, excepto Jujuy y Entre Ríos. Y en cuanto al número de entrenudos las procedencias de Jujuy se diferenciaron significativamente de las demás, excepto Salta y Entre Ríos. En promedio en esta etapa crecieron en altura, diámetro al cuello y número de entrenudos 5,22 cm, 1,44 mm y 4,31 respectivamente (tabla 22). Previo al ANOVA se verificó la normalidad de los datos gráficamente a través de gráficos Q-Q plot y gráficos de distribución de frecuencias relativas.

**Tabla 22.** Morfometría de plántulas con 2 meses de crecimiento.

Media (promedio). Mín (mínimo). Máx (máximo). CV (coeficiente de variación). H (cm) = altura de plántulas. DC (mm) = diámetro a la altura del cuello de plántulas. . EN = número de entrenudos. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Test:Tukey Alfa=0,05.

Procedencia	n	Media	Mín	Máx	CV
<b>H (cm)</b>					
SALTA	16	5,78 a	4,50	7,00	12,40
JUJUY	69	5,57 ab	2,00	9,20	20,80
ENTRE RÍOS	134	5,50 ab	3,00	7,80	20,70
MISIONES	208	5,12 bc	1,00	7,50	22,80
TUCUMÁN	68	5,12 bc	1,00	7,50	24,60
CORRIENTES	121	5,10 bc	2,00	7,50	22,60
FORMOSA	63	4,72 c	2,50	6,50	21,20
<b>Total</b>	<b>679</b>	<b>5,22</b>	<b>1,00</b>	<b>9,20</b>	<b>22,40</b>
<b>DC (mm)</b>					
MISIONES	208	1,44 a	0,70	2,30	17,70
ENTRE RÍOS	134	1,40 a	0,90	2,10	15,80
TUCUMÁN	68	1,40 a	1,00	1,80	15,60
FORMOSA	63	1,38 a	1,00	2,50	17,50
JUJUY	69	1,37 a	1,00	1,80	15,90
CORRIENTES	121	1,36 a	0,80	2,10	16,40
SALTA	16	1,31 a	1,10	1,50	9,60
<b>Total</b>	<b>679</b>	<b>1,40</b>	<b>0,70</b>	<b>2,50</b>	<b>16,70</b>
<b>EN</b>					
JUJUY	69	4,74 a	3,00	6,00	15,20
SALTA	16	4,69 ab	4,00	5,00	10,20

ENTRE RÍOS	133	4,35	abc	3,00	5,00	13,00
CORRIENTES	121	4,31	bc	2,00	5,00	13,70
TUCUMÁN	68	4,31	bc	0,00	6,00	19,80
MISIONES	208	4,17	c	0,00	7,00	18,70
FORMOSA	63	4,14	c	2,00	5,00	16,10
<b>Total</b>	<b>678</b>	<b>4,31</b>		<b>0,00</b>	<b>7,00</b>	<b>16,60</b>

Al analizar el crecimiento de la segunda etapa, es decir a los 4 meses, se observó similarmente que hubo diferencias significativas entre procedencias respecto a la variable H (cm) (F 4,69 y p 0,0002). Respecto a la altura de plántulas, las procedencias Tucumán y Formosa se diferenciaron entre si, pero no de las demás. En tanto que el DC (mm) no presentaron diferencias estadísticamente significativas en las procedencias (F 0,80 y p 0,5743). Se verificó que plántulas con 2 meses de crecimiento en promedio variaron en altura 9.2 veces y 3.6 veces en diámetro al cuello, mientras que a los 4 meses la variación fue de 13.5 veces en altura y 4.9 veces en diámetro. La variación no tuvo grandes diferencias registrándose coeficientes de variación a los 2 y 4 meses de 22.4% y 28.1% respectivamente. La altura de plántulas con 2 meses de crecimiento registró un promedio de 5.22 cm, un mínimo de 1 cm y máximo de 9.2 cm, el diámetro de las plántulas con 2 meses de crecimiento registró un promedio de 1.41 mm, un mínimo de 0.70 mm y máximo de 13 mm. El número de entrenudos de las plántulas con 2 meses de crecimiento registraron un promedio de 4.31, un mínimo de 2 y un máximo de 7. Con 4 meses de crecimiento la altura de las plántulas registró un promedio de 15.04 cm, un mínimo de 2 cm y máximo de 27 cm en tanto que el diámetro de las plántulas registró un promedio de 2.80 mm, un mínimo de 1 mm y un máximo de 4.9 mm (tabla 23).

**Tabla 23.** Crecimiento de plántulas a los 4 meses.

Medias = promedios. H (cm) = altura de plántulas. DC (mm) = diámetro a la altura del cuello de plántulas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05). Test:Tukey Alfa=0,05.

Procedencia	n	Media	Mín	Máx	CV	
<b>H (cm)</b>						
TUCUMÁN	11	17,95	a	9,00	23,00	24,00
SALTA	5	17,70	ab	13,50	22,50	21,20
ENTRE RÍOS	29	17,03	ab	9,00	25,50	23,80
CORRIENTES	31	15,67	ab	8,00	23,00	25,40
JUJUY	10	14,55	ab	10,20	20,00	19,00
MISIONES	56	13,54	ab	2,00	27,00	31,30

FORMOSA	20	13,35	b	7,00	19,00	24,00
<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>15,04</b>		<b>2,00</b>	<b>27,00</b>	<b>28,10</b>
<b>DC (mm)</b>						
JUJUY	10	2,98	a	1,50	3,90	26,00
CORRIENTES	31	2,88	a	1,30	4,10	24,90
ENTRE RÍOS	29	2,87	a	1,90	3,90	17,30
TUCUMÁN	11	2,84	a	1,10	4,30	29,10
MISIONES	56	2,79	a	1,00	4,90	27,00
SALTA	5	2,64	a	2,30	2,90	10,60
FORMOSA	20	2,53	a	1,30	3,60	23,30
<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>2,80</b>		<b>1,00</b>	<b>4,90</b>	<b>24,40</b>

Analizando las progenies (tabla 24), con 2 meses de crecimiento se registraron diferencias significativas de altura de plántulas entre las progenies CF29 y CF13 con CF10, CF5, CF2 y CF27 ( $F 4,58$  y  $p < 0,0001$ ). Respecto al diámetro al cuello de plántulas se registraron diferencias significativas de la progenie CF26 con las progenies CF12, CF29 y CF13 ( $F 3,78$  y  $p < 0,0001$ ). En cuanto al número de entrenudos se encontraron diferencias significativas entre grupos de progenies ( $F 2,92$  y  $p < 0,0001$ ). En tanto que con 4 meses de crecimiento (tabla 25) se registraron diferencias significativas de crecimiento de altura de la progenie CF6 con las progenies CF13 y CF15 ( $F 3,12$  y  $p < 0,0001$ ). Y respecto al diámetro al cuello se encontraron diferencias significativas con 4 meses de crecimiento entre grupos de progenies ( $F 2,19$  y  $p 0,0011$ ). Por lo que se refiere a variación, los mayores coeficientes de variación registraron las progenies CF29 (Corrientes) (altura de plántula, 2 meses), CF21 (Formosa) (diámetro al cuello de plántula, 2 meses), CF28 (Tucumán) (entrenudos, 2 meses) y CF32 (Misiones) (altura de plántulas y diámetro al cuello de plántulas, 4 meses) (tablas 24 y 25).

**Tabla 24.** Crecimiento de 2 meses de las progenies estudiadas.

H (cm) altura en cm. DC (mm) diámetro al cuello en mm. EN número de entrenudos. CV (coeficiente de variación). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Test: Tukey Alfa=0,05

H (cm)				DC (mm)				EN						
Progenie	n	Medias	CV	Progenie	n	Medias	CV	Progenie	n	Medias	CV			
CF10	23	6,13	a	11,85	CF26	23	1,62	a	16,42	CF34	31	4,90	a	14,28
CF5	36	5,98	ab	18,02	CF31	31	1,53	ab	13,53	CF27	16	4,69	a	10,21
CF2	11	5,90	ab	14,40	CF21	11	1,51	ab	25,91	CF17	38	4,61	a	15,59
CF27	16	5,78	ab	12,41	CF3	35	1,51	ab	16,66	CF21	11	4,55	a	15,13
CF17	38	5,75	abc	22,37	CF10	23	1,50	ab	15,57	CF10	23	4,52	a	11,30
CF31	31	5,69	abc	17,51	CF14	6	1,47	ab	11,94	CF14	6	4,50	a	12,17
CF26	23	5,64	abc	19,87	CF25	24	1,46	ab	17,90	CF1	12	4,50	a	14,98
CF14	6	5,63	abc	12,43	CF33	37	1,46	ab	13,36	CF9	13	4,46	a	11,63

CF3	35	5,63	abc	21,25	CF18	26	1,45	ab	19,38	CF3	34	4,44	a	13,79
CF9	13	5,41	abc	15,63	CF2	11	1,43	ab	16,90	CF26	23	4,43	a	11,43
CF34	31	5,36	abc	17,85	CF6	26	1,42	ab	16,19	CF33	37	4,43	a	14,60
CF18	26	5,34	abc	17,43	CF9	13	1,40	ab	12,71	CF6	26	4,38	a	11,32
CF6	26	5,21	abc	16,89	CF35	16	1,40	ab	13,55	CF5	36	4,36	a	13,60
CF33	37	5,16	abc	18,81	CF22	33	1,39	ab	15,63	CF31	31	4,35	a	24,12
CF28	31	5,08	abc	30,64	CF23	25	1,39	ab	13,74	CF18	26	4,35	a	14,47
CF4	40	5,07	abc	19,66	CF34	31	1,38	abc	15,73	CF25	24	4,29	a	12,82
CF7	29	5,05	abc	16,63	CF32	28	1,38	abc	17,40	CF4	40	4,28	a	11,83
CF25	24	5,00	abc	19,81	CF4	40	1,38	abc	15,16	CF20	11	4,27	a	15,13
CF32	28	4,93	abc	27,61	CF17	38	1,37	abc	16,26	CF7	29	4,24	a	16,26
CF35	16	4,84	abc	29,28	CF5	36	1,36	abc	13,71	CF35	16	4,19	ab	19,92
CF22	33	4,83	abc	21,45	CF11	9	1,34	abc	10,59	CF2	11	4,18	ab	9,67
CF12	14	4,80	abc	23,51	CF28	31	1,33	abc	17,05	CF28	31	4,16	ab	24,89
CF1	12	4,78	abc	22,55	CF20	11	1,33	abc	8,32	CF30	8	4,13	ab	15,54
CF21	11	4,75	abc	24,10	CF15	4	1,33	abc	11,32	CF29	20	4,10	ab	15,63
CF23	25	4,75	abc	21,19	CF19	9	1,32	abc	21,32	CF23	25	4,04	ab	16,73
CF20	11	4,74	abc	20,65	CF27	16	1,31	abc	9,59	CF8	1	4,00	ab	0,00
CF11	9	4,62	abc	17,37	CF7	29	1,31	abc	13,40	CF15	4	4,00	ab	20,41
CF8	1	4,60	abc	0,00	CF8	1	1,30	abc	0,00	CF11	9	4,00	ab	12,50
CF19	9	4,42	abc	29,13	CF1	12	1,28	abc	10,42	CF19	9	4,00	ab	17,68
CF30	8	4,20	bc	13,29	CF30	8	1,25	abc	9,56	CF22	33	3,97	ab	16,04
CF15	4	4,13	bc	29,98	CF12	14	1,23	bc	19,00	CF32	28	3,93	ab	23,93
CF29	20	3,87	c	35,96	CF29	20	1,16	bc	15,17	CF12	14	3,71	ab	16,46
CF13	2	3,85	c	20,20	CF13	2	1,00	c	0,00	CF13	2	3,00	b	0,00

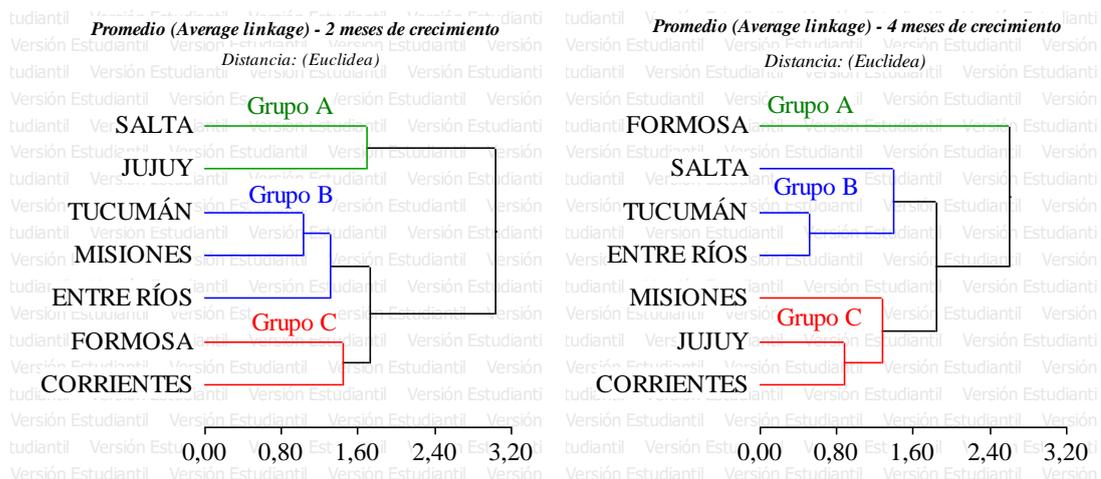
**Tabla 25.** Crecimiento de 4 meses en las progenies estudiadas.

H (cm) altura en cm. DC (mm) diámetro al cuello en mm. CV (coeficiente de variación). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Test:Tukey Alfa=0,05.

Progenie	H (cm)			DC (mm)					
	n	Medias	CV	Progenie	n	Medias	CV		
CF6	5	19,70	a	16,80	CF31	5	3,58	a	22,47
CF33	5	19,20	ab	30,29	CF26	5	3,46	a	15,38
CF5	9	19,00	ab	20,68	CF34	5	3,36	a	10,44
CF12	4	18,75	ab	29,25	CF10	5	3,36	a	16,52
CF10	5	18,26	ab	16,87	CF18	5	3,22	a	16,05
CF31	5	18,20	ab	28,85	CF6	5	3,18	a	17,71
CF4	5	18,00	ab	15,59	CF9	5	3,16	a	5,30
CF27	5	17,70	ab	21,20	CF3	5	3,04	a	16,87
CF26	5	17,30	ab	9,50	CF2	5	3,00	a	20,41
CF28	6	16,92	ab	15,80	CF28	6	2,98	a	26,00
CF2	5	16,90	ab	37,15	CF7	5	2,94	a	25,97
CF9	5	16,56	ab	12,10	CF1	5	2,94	a	13,73
CF22	5	15,30	ab	18,57	CF25	5	2,92	a	19,88
CF34	5	15,20	ab	21,14	CF14	6	2,85	a	20,91
CF1	5	14,90	ab	12,19	CF22	5	2,84	a	12,60
CF3	5	14,80	ab	23,48	CF35	5	2,82	a	15,13
CF11	5	14,80	ab	22,61	CF12	4	2,80	a	13,04

CF7	5	14,14	ab	25,35	CF5	9	2,78	a	18,16
CF21	5	14,10	ab	18,15	CF11	5	2,70	a	22,07
CF17	5	13,90	ab	17,28	CF33	5	2,66	ab	35,33
CF32	5	13,30	ab	48,92	CF4	5	2,64	ab	19,61
CF23	5	12,90	ab	6,93	CF27	5	2,64	ab	10,58
CF14	6	12,75	ab	31,93	CF17	5	2,60	ab	35,77
CF35	5	12,50	ab	22,80	CF21	5	2,58	ab	31,54
CF8	1	12,50	ab	0,00	CF15	4	2,55	ab	12,19
CF30	5	12,30	ab	26,90	CF23	5	2,50	ab	14,14
CF19	5	12,10	ab	25,03	CF20	5	2,36	ab	14,24
CF18	5	11,80	ab	13,93	CF30	5	2,34	ab	31,49
CF20	5	11,70	ab	30,61	CF19	5	2,32	ab	27,16
CF29	5	11,20	ab	26,52	CF32	5	2,32	ab	46,96
CF25	5	10,70	ab	17,67	CF8	1	2,20	ab	0,00
CF15	4	10,50	b	12,30	CF29	5	2,06	ab	42,40
CF13	2	10,50	b	20,20	CF13	2	1,10	b	12,86



**Figura 14.** Dendrograma de agrupamiento de variables morfométricas de plántulas con 2 y 4 meses de crecimiento

Agrupamiento de 7 procedencias, 33 progenies y 3 variables morfométricas de plántulas, H (cm), DC (mm) y número de entrenudos.

En el dendrograma de agrupamientos de 2 meses de crecimiento (figura 14), puede observarse 3 grupos, donde el Grupo A (Salta y Jujuy) se destacan por ser las procedencias de mayor crecimiento a los 2 meses, le siguen el Grupo C (Formosa y Corrientes) y por último Grupo B (Tucumán, Misiones y Entre Ríos). Con 4 meses de crecimiento (figura 14) la procedencia Formosa en el Grupo A se destaca por sobre las demás. Le siguen el Grupo B (Salta, Tucumán y Entre Ríos) y por último el Grupo C (Misiones, Jujuy y Corrientes).

### **3.3.1.1. Variación geográfica clinal**

#### **3.3.1.1.1. Morfometría de plántulas con 2 meses de crecimiento**

Del análisis de correlación de Pearson de las variables morfométricas de plántulas con 2 meses de crecimiento y las variables geoclimáticas, se observan asociaciones débiles y medias de las variables altura y diámetro de cuello de plántulas con las variables geoclimáticas. La altura de plántulas presenta correlaciones medias con la longitud, temperatura media y humedad relativa, en tanto que se dieron correlaciones débiles con la latitud, precipitaciones, y ninguna correlación con la altitud. Por otro lado el número de entrenudos se asocia mejor con las variables longitud, temperatura media, precipitaciones y humedad relativa. Con la altitud presenta una correlación débil pero significativa y ninguna correlación con la latitud. Respecto a la variable diámetro al cuello de plántulas, solo se correlaciona débilmente con la longitud.

#### **3.3.1.1.2. Morfometría de plántulas con 4 meses de crecimiento**

Al estudiar la asociación de variables geoclimáticas de las procedencias de semillas, con el crecimiento de las plántulas a los 4 meses, se verificó diferencias significativas con todas las variables excepto la altitud. Se comprobó con el análisis de la varianza (tabla 26) diferencias significativas con valores para latitud (F 5,16 y p 0.0002), longitud (F 3,37 y p 0.0038), temperatura (F 7.26 y p < 0.0001), precipitaciones (F 5,14 y p 0.0006), humedad relativa (F 5,97 y p < 0,0001). Diferencias no significativas se dieron con la altitud (F 1,33 y p 0.2532),

Con el análisis de la varianza de altura de plántulas asociadas a variables geoclimáticas (tabla 26), se comprobó que las mayores medias corresponden a los materiales procedentes de regiones con latitudes 23° (17,7 cm), longitudes 64° (17,7 cm), temperaturas medias 16°C (17,95 cm), precipitaciones en rangos de 635 – 752 y 1318 – 1325 mm (16,6 cm). Las asociaciones con la altitud y humedad relativa son muy bajas, por lo que no se podría precisar qué valores o rangos son los que se asocian a mayores medias de altura de plántulas.

**Tabla 26.** Altura de plántulas (cm) asociadas a variables geoclimáticas – 4 meses de crecimiento

C LAT (clases de latitud), C LONG (clases de longitud), ALT (metros sobre el nivel del mar), TEMP (temperatura media), C Pp (mm) (clases de precipitaciones), C HR% (clases de humedad relativa ambiente). n = número repeticiones. Media = promedio de germinación en %. CV = coeficiente de variación en %. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Test:Tukey Alfa=0,05.

C LAT	n	Medias	CV	C LONG	n	Medias	CV
23	5	17,70 a	21,20	64	5	17,70 a	21,20
32	29	17,03 ab	23,83	65	21	16,33 ab	24,28
29	21	16,94 ab	21,10	58	70	15,95 ab	25,05
27	49	14,74 ab	33,20	56	9	14,89 ab	34,28
24	10	14,55 ab	18,98	55	45	13,41 ab	30,63
26	48	13,14 b	24,12	57	10	13,00 ab	27,20
				54	2	10,50 b	20,20
ALT	n	Medias	CV	TEMP	n	Medias	CV
1051 – 1247	21	16,33 a	24,28	16	11	17,95 a	23,97
90 – 109	26	15,95 a	24,22	19	34	17,13 ab	23,16
50 – 72	59	15,10 a	27,25	20	21	16,94 abc	21,10
355 – 500	9	14,50 a	32,39	14	10	14,55 abc	18,98
197 – 238	28	14,29 a	28,47	22	66	13,46 bc	30,64
140 – 173	19	13,55 a	37,34	23	20	13,35 c	23,97
C Pp (mm)	n	Medias	CV	C HR%	n	Medias	CV
1318 – 1325	31	16,61 a	25,68	49	16	17,88 a	22,46
635 – 752	26	16,60 a	23,44	61	29	17,03 a	23,83
1511 – 1518	41	15,19 ab	25,12	68	31	15,67 ab	25,35
1657 – 1869	29	14,53 ab	34,40	65	19	15,34 ab	36,08
1938	35	12,74 b	24,55	47	10	14,55 ab	18,98
				63	55	12,96 ab	24,21
				62	2	10,50 b	20,20

Del análisis de correlación de Pearson de las variables morfométricas de plántulas con 4 meses de crecimiento (figura 15), se evidencia asociaciones de las variables geográficas y climáticas con la altura y ninguna correlación con el diámetro a la altura del cuello de las plántulas. Se registraron correlaciones positivas medias con la latitud y longitud, y correlaciones negativas medias con la temperatura y precipitaciones. Para probar la hipótesis de variación clinal, se realizó el análisis de regresión lineal (latitud F 10,55 p 0,0014, longitud F 11,93 p 0,0007, altitud F 0,70 p 0,4028, temperatura F 12,80 p 0,0005, precipitaciones 12,88 p 0,0004 y humedad relativa F 2,16 p 0,1432), verificando que con las variables altitud y humedad relativa

no presentan variación geográfica significativa la altura de plántulas con 4 meses de crecimiento (tabla 27).

**Tabla 27.** Análisis de la varianza de la regresión lineal para la variable altura de plántulas con 4 meses de crecimiento con las variables geoclimáticas Latitud (LAT), longitud (LONG), altitud (MSNM), temperatura media (T°MED), precipitaciones (Pp (mm)) y humedad relativa (HR%).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	178	1	178	10,55	0,0014
LAT	178	1	178	10,55	0,0014
Error	2.694	160	17		
Total	2.872	161			

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	199	1	199	11,93	0,0007
LONG	199	1	199	11,93	0,0007
Error	2.673	160	17		
Total	2.872	161			

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13	1	13	0,70	0,4028
MSNM	13	1	13	0,70	0,4028
Error	2.859	160	18		
Total	2.872	161			

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	213	1	213	12,80	0,0005
T°MED	213	1	213	12,80	0,0005
Error	2.659	160	17		
Total	2.872	161			

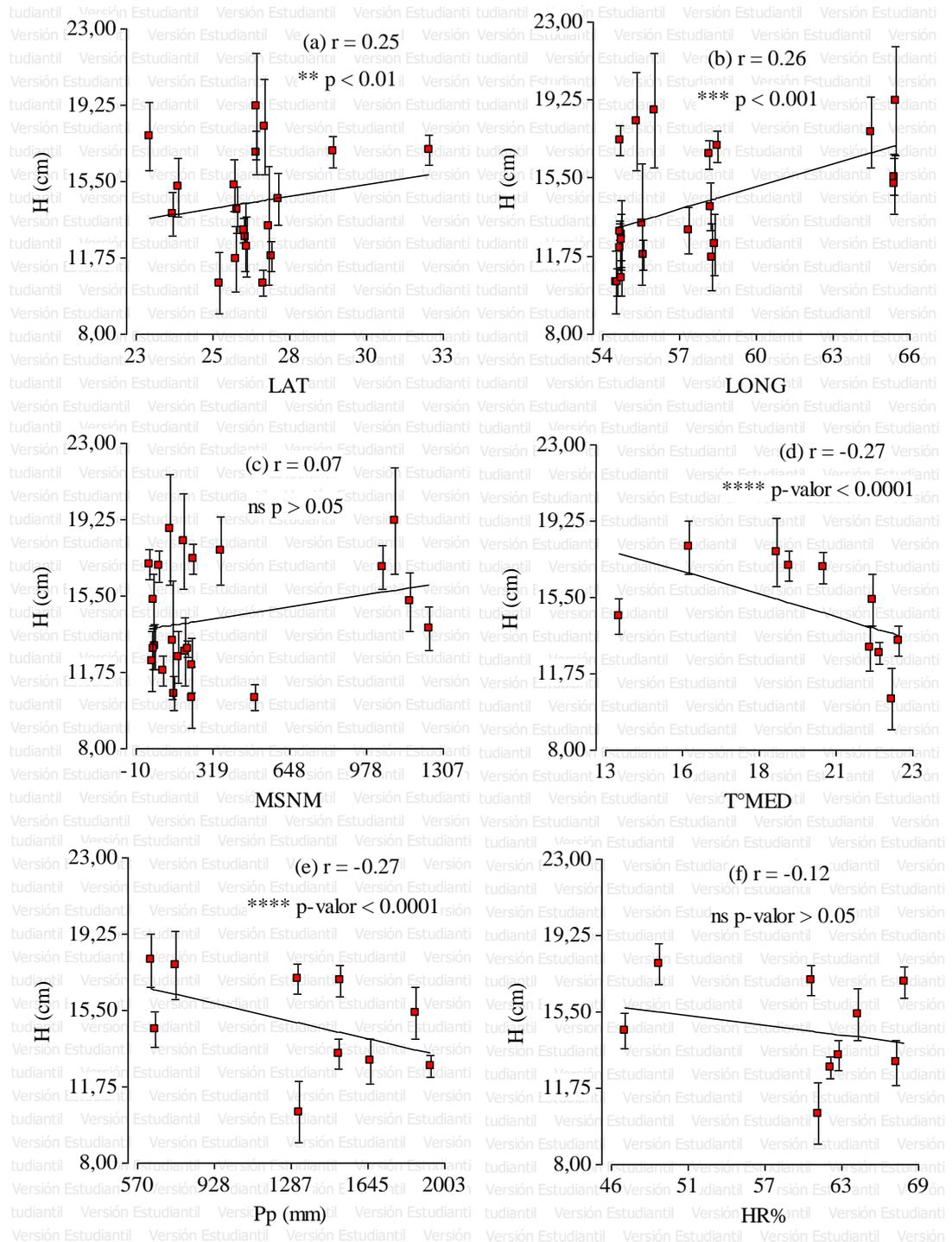
  

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	214	1	214	12,88	0,0004
Pp (mm)	214	1	214	12,88	0,0004
Error	2.658	160	17		
Total	2.872	161			

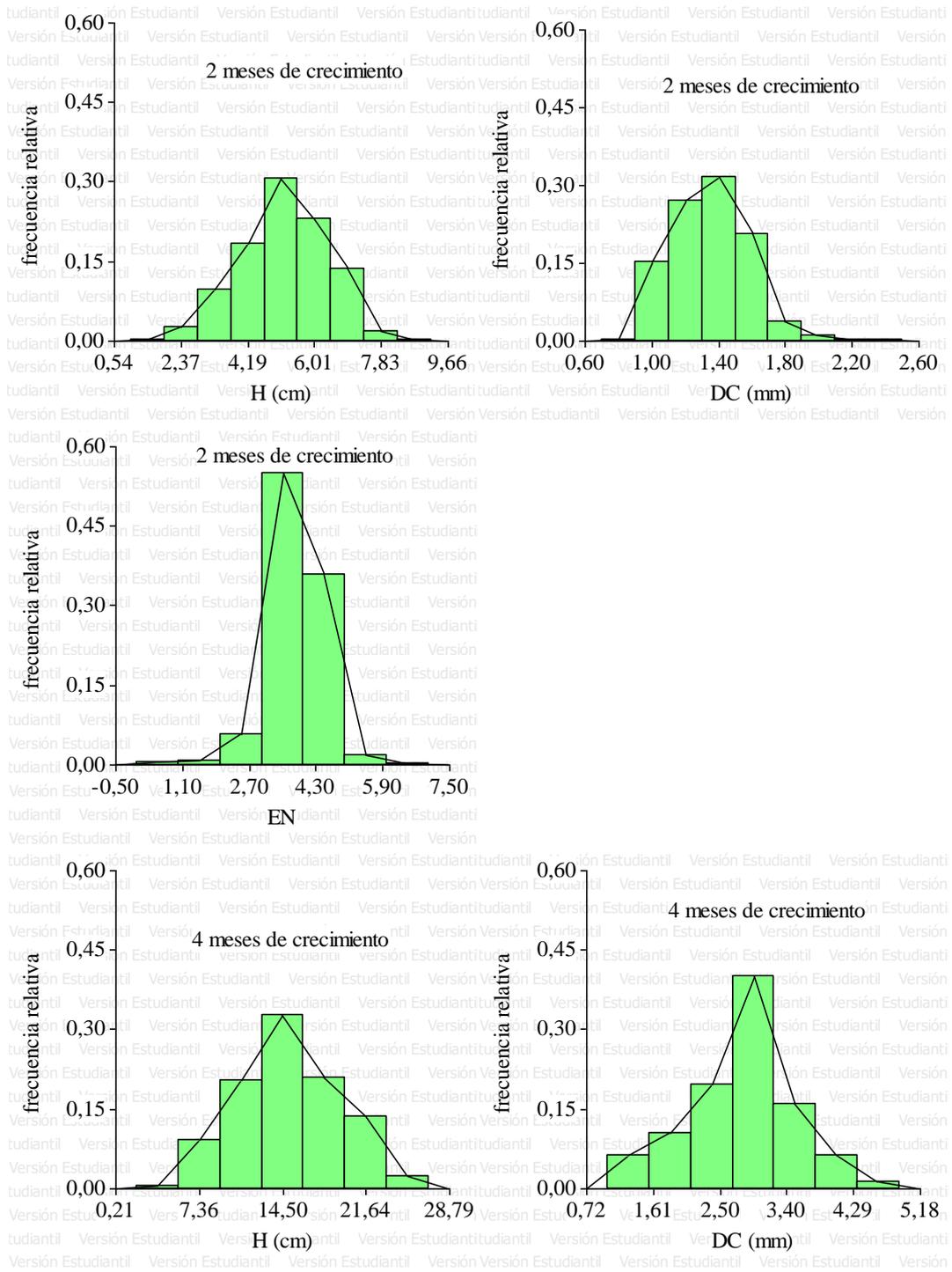
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	38	1	38	2,16	0,1432
HR%	38	1	38	2,16	0,1432
Error	2.834	160	18		
Total	2.872	161			

Del análisis de distribución de frecuencias relativas (figura 16) se concluye que, la altura de plántulas con 2 meses de crecimiento registraron una distribución de los datos asimétrica levemente negativa y levemente leptocúrtica, más cercana a ser mesocúrtica y normal. El diámetro de las plántulas con 2 meses de crecimiento registró una distribución de los datos asimétrica positiva, con valores del coeficiente de asimetría S muy por arriba de 0 y muy leptocúrtica, con un valor del coeficiente K muy elevado 414.74. El número de entrenudos de las plántulas con 2 meses de crecimiento registraron una distribución de los datos simétrica (levemente negativa  $S = -0.09$ ) y leptocúrtica. Con 4 meses de crecimiento la altura de las plántulas registró una distribución de datos levemente asimétrica positiva y en este caso por verificarse un coeficiente K de curtosis - 0.05 podría afirmarse que se trata de una distribución mesocúrtica o normal; y el crecimiento del diámetro de cuello de las plántulas registró una distribución de datos levemente asimétrica negativa y un coeficiente de K de curtosis 0.49, lo cual permite afirmar que se trata de una distribución mesocúrtica, normal.



**Figura 15.** Variación geográfica clinal de la altura de plántulas con 4 meses de crecimiento.

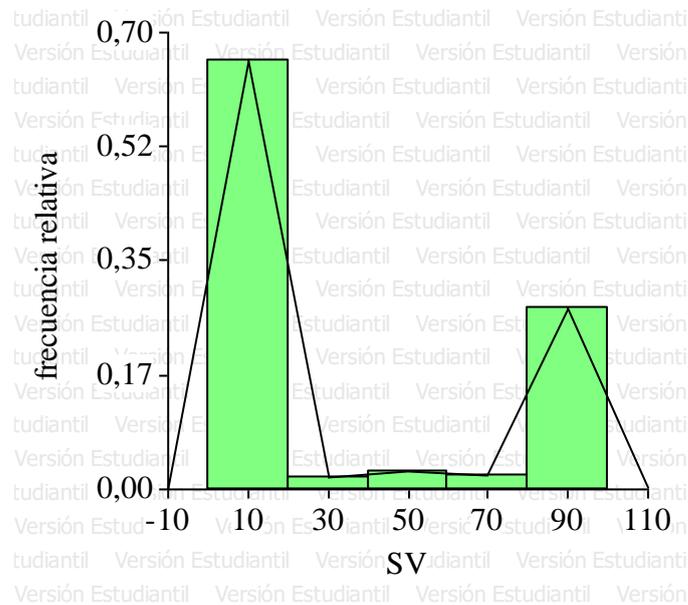
H (cm) (altura de plántulas en centímetros), (a) LAT (latitud), (b) LONG (longitud), (c) MSNM (metros sobre el nivel del mar), (d) T°MED (temperatura media), (e) Pp (mm) (precipitaciones en milímetros), (f) HR% (humedad relativa ambiente en porcentaje). p (niveles de diferencias significativas de correlación). ns (no significativa). ns  $p\text{-valor} > 0.05$ ; \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ ; \*\*\*\*  $p < 0.0001$ .



**Figura 16.** Distribución de frecuencias relativas de morfometría de plántulas a los 2 (dos) meses y 4 (cuatro) meses de crecimiento

### 3.3.2. Supervivencia (SV)

Para evaluar la supervivencia se procedió con el conteo de plántulas a los 2 y 4 meses, en los cuales se registraron 679 y 162 plántulas en la primera y segunda medición. Para verificar la normalidad de los datos se realizaron gráficos de Q-Q plot de residuos vs predichos y gráfico de distribución de frecuencias relativas (figura 17), concluyendo que los datos no corresponden a una distribución normal, razón por la cuál el análisis se basó en la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y adicionalmente se calculó en función de las procedencias y las progenies promedios, valores máximos y mínimos, y coeficiente de variación. Por lo que se refiere a promedios de porcentajes de supervivencia en cada procedencia, el análisis de Kruskal Wallis no indicó diferencias estadísticamente significativas ( $H$  5,76 y  $p$  0,2189) en cada procedencia (tabla). El mayor porcentaje de supervivencia presentó Formosa y el menor Jujuy (tabla 28).



**Figura 17.** Distribución de frecuencias relativas de los porcentajes de supervivencia de plántulas (SV).

**Tabla 28.** Promedios de sobrevivencia según procedencia (plántulas 4 meses – 132 días)

n = número repeticiones. Media = promedio de germinación en %. CV = coeficiente de variación en porcentaje. Mín y Máx = valores mínimos y máximos. Prueba de Kruskal Wallis, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Procedencia	n	Media	Mín	Máx	CV
CORRIENTES	42	29 a	0	100	153
ENTRE RÍOS	33	26 a	0	100	162
FORMOSA	26	46 a	0	100	106
JUJUY	16	15 a	0	100	236
MISIONES	79	35 a	0	100	132
SALTA	7	36 a	0	100	133
TUCUMÁN	21	19 a	0	100	211
<b>TOTAL</b>	<b>224</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>144</b>

Respecto al análisis de sobrevivencia según progenies la Prueba de Kruskal Wallis indicó diferencias significativas ( $H 39,89$  y  $p 0,0039$ ), observándose grupos de procedencias diferentes entre sí. Los bajos coeficientes de variación se corresponden con progenies donde la sobrevivencia fue elevada, y con pocos registros 0% de sobrevivencia, no obstante los altos coeficientes de variación corresponden a progenies con varios registros 0% de sobrevivencia (tabla 29).

**Tabla 29.** Promedios de sobrevivencia según progenies (plántulas 4 meses – 132 días)

n = número repeticiones. Media = promedio de germinación en %. CV = coeficiente de variación en porcentaje. Mín y Máx = valores mínimos y máximos. Prueba de Kruskal Wallis, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Progenie	n	Media	Mín	Máx	CV
CF13	2	100 a	100	100	0
CF14	5	100 a	100	100	0
CF15	3	100 ab	100	100	0
CF8	1	100 ab	100	100	0
CF19	7	71 ab	0	100	68
CF11	7	68 ab	0	100	70
CF30	6	67 ab	0	100	77
CF21	6	58 ab	0	100	84
CF1	5	53 ab	0	100	95
CF2	4	50 ab	0	100	115
CF20	6	50 ab	0	100	110
CF27	7	36 ab	0	100	133
CF35	8	31 ab	0	100	147
CF25	8	28 ab	0	100	161

CF12	8	25	b	0	100	185
CF28	8	25	b	0	100	185
CF5	8	25	b	0	100	185
CF9	7	24	b	0	100	175
CF29	8	22	b	0	100	188
CF22	8	19	b	0	100	198
CF23	8	19	b	0	100	198
CF32	8	19	b	0	100	198
CF10	6	17	b	0	100	245
CF26	6	17	b	0	100	245
CF6	6	17	b	0	100	245
CF34	8	17	b	0	100	214
CF31	8	16	b	0	100	225
CF33	13	15	b	0	100	244
CF7	7	14	b	0	100	265
CF3	8	13	b	0	80	216
CF17	8	13	b	0	100	283
CF18	8	13	b	0	100	283
CF4	8	13	b	0	100	283
<b>TOTAL</b>	<b>224</b>	<b>31</b>		<b>0</b>	<b>100</b>	<b>144</b>

### 3.3.3. Variación geográfica clinal

En cuanto al estudio de la sobrevivencia asociada a la variación geoclimática, se encontraron diferencias significativas entre las progenies en función de la latitud (H 27,09 y p 0,0029), diferencias asociadas a la longitud (H 31,85 y p 0,0014), altitud (H 31,93 y p 0,0021), temperatura media (H 14,69 y p 0,0122), precipitaciones (H 14,69 y p 0,0122) y humedad relativa (H 14,04 y p 0,0097), donde se observan diferencias entre grupos de progenies (tabla 30).

**Tabla 30.** Promedios de sobrevivencia según variables geoclimáticas (plántulas 4 meses – 132 días)

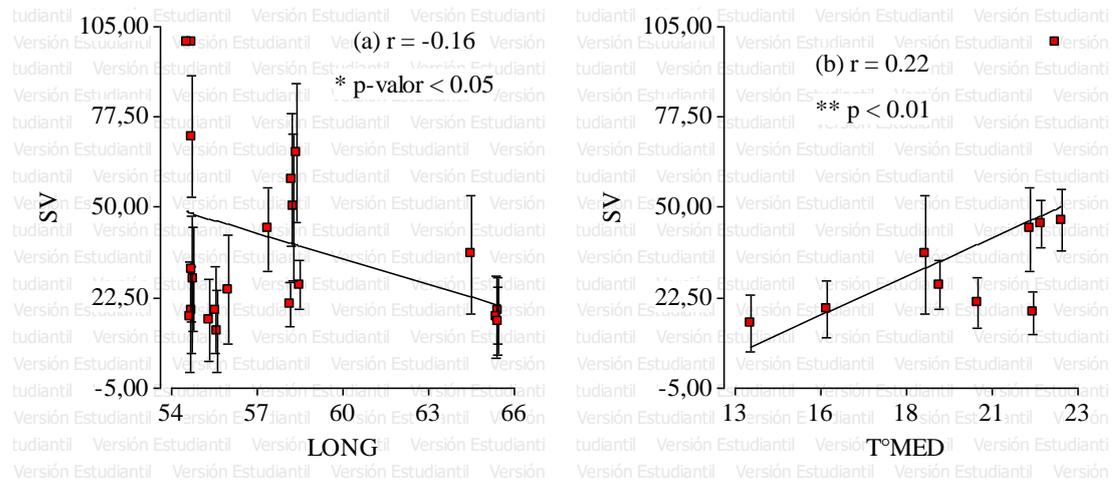
n = número repeticiones. Media = promedio de germinación en %. CV = coeficiente de variación en porcentaje. LAT (latitud). LONG (longitud). MSNM (metros sobre el nivel del mar). T°MED (temperatura media). Pp (mm) (precipitaciones). HR% (humedad relativa). Prueba de Kruskal Wallis, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

LAT	n	Medias	CV	LONG	n	Medias	CV	MSNM	n	Medias	CV
24,19	8	12,50 a	282,84	55,54	8	12,50 a	282,84	109,00	8	12,50 a	282,84
27,26	8	12,50 a	282,84	65,32	13	15,38 a	244,10	1.247,00	8	12,50 a	282,84
26,79	13	15,38 a	244,10	55,26	8	15,63 ab	225,26	1.100,00	13	15,38 a	244,10

27,05	8	15,63	ab	225,26	65,25	8	16,63	ab	214,21	197,00	8	15,63	ab	225,26
24,36	8	16,63	ab	214,21	54,61	6	16,67	ab	244,95	1.165,00	8	16,63	ab	214,21
26,11	8	18,75	ab	198,41	54,65	8	18,75	ab	198,41	238,00	6	16,67	ab	244,95
27,18	8	18,75	ab	198,41	55,46	8	18,75	ab	198,41	68,00	8	18,75	ab	198,41
29,17	27	21,00	ab	192,71	65,29	16	18,75	ab	214,99	149,00	8	18,75	ab	198,41
26,80	8	25,00	ab	185,16	58,10	35	20,49	ab	191,45	214,00	8	18,75	ab	198,41
32,14	33	26,42	ab	161,77	55,94	8	25,00	ab	185,16	90,00	27	21,00	ab	192,71
26,41	37	33,11	ab	137,92	58,43	33	26,42	ab	161,77	140,00	8	25,00	ab	185,16
23,48	7	35,71	abc	133,17	54,69	8	28,13	ab	160,69	1.051,00	8	25,00	ab	185,16
27,48	23	36,96	abc	128,79	54,68	8	31,25	ab	146,58	50,00	33	26,42	ab	161,77
26,14	6	50,00	abc	109,54	64,38	7	35,71	ab	133,17	152,00	8	28,13	abc	160,69
26,18	6	58,33	abc	84,27	57,29	15	43,33	ab	112,18	173,00	8	31,25	abc	146,58
26,51	6	66,67	abc	77,46	58,19	6	50,00	ab	109,54	355,00	7	35,71	abc	133,17
25,66	2	100,00	bc	0,00	58,16	6	58,33	ab	84,27	72,00	15	43,33	abc	112,18
26,43	5	100,00	c	0,00	58,29	6	66,67	ab	77,46	64,00	12	54,17	abc	91,96
26,99	3	100,00	c	0,00	54,64	7	71,43	b	68,31	61,00	6	66,67	abc	77,46
					54,48	2	100,00	b	0,00	229,00	7	71,43	bc	68,31
					54,50	3	100,00	b	0,00	200,00	5	100,00	bc	0,00
					54,66	5	100,00	b	0,00	230,00	2	100,00	bc	0,00
										500,00	3	100,00	c	0,00

<b>T°MED</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>	<b>CV</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>	<b>CV</b>	<b>HR%</b>	<b>n</b>	<b>Medias</b>	<b>CV</b>			
13,70	16	14,56	a	235,86	653,00	16	14,56	a	235,86	46,60	16	14,56	a	235,86
21,80	32	17,97	a	206,77	1.869,00	32	17,97	a	206,77	64,70	32	17,97	a	206,77
15,90	21	19,05	a	211,25	635,00	21	19,05	a	211,25	68,30	27	21,00	a	192,71
20,20	27	21,00	a	192,71	1.518,00	27	21,00	a	192,71	49,20	28	23,21	ab	180,51
19,10	33	26,42	ab	161,77	1.318,00	33	26,42	ab	161,77	61,10	33	26,42	ab	161,77
18,70	7	35,71	ab	133,17	752,00	7	35,71	ab	133,17	67,70	15	43,33	ab	112,18

21,70	15	43,33	ab	112,18	1.657,00	15	43,33	ab	112,18	62,60	45	45,00	ab	108,30
22,00	45	45,00	ab	108,30	1.938,00	45	45,00	ab	108,30	63,20	26	46,15	ab	105,80
22,60	26	46,15	ab	105,80	1.511,00	26	46,15	ab	105,80	61,60	2	100,00	b	0,00
22,40	2	100,00	b	0,00	1.325,00	2	100,00	b	0,00					



**Figura 18.** Variación geográfica clinal de la sobrevivencia de plántulas con 4 meses de crecimiento

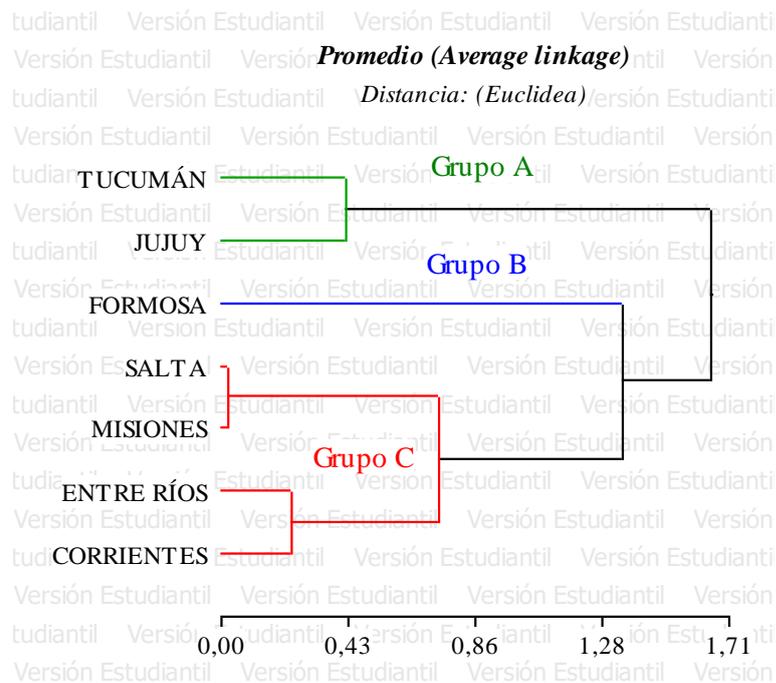
Sobrevivencia de plántulas en porcentaje (SV). LONG (longitud) y T°MED (temperatura media), p (niveles de diferencias significativas de correlación). ns (no significativa). ns p-valor > 0.05; \* p < 0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001; \*\*\*\* p < 0.0001.

El análisis de correlación de Spearman (recomendado para variables que no cumplen el requisito de distribución normal) (figura 18), indicó que hubo asociaciones de la sobrevivencia significativas medias negativas con la longitud geográfica y positivas con la temperatura media de los sitios de origen, en tanto que no se halló correlación con las demás variables. Para probar la hipótesis de variación clinal de la sobrevivencia respecto a la longitud geográfica y temperatura media de los sitios de origen, se realizó regresión lineal tomando como variable dependiente al porcentaje de sobrevivencia y a las variables longitud y temperatura como variables regresoras. Los resultados indicaron que el modelo de regresión es significativo en ambos casos

(longitud, F 4,72 y p 0,0309; temperatura, F 8,02 y p 0,005) y por lo tanto se concluye que si hay variación clinal respecto a estas variables con la sobrevivencia (tabla 31).

**Tabla 31.** Análisis de la varianza de la regresión lineal para la variable sobrevivencia de plántulas en función de la longitud y temperatura

Longitud						Temperatura media					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9313	1	9313	4,72	0,0309	Modelo.	15608	1	15608	8,02	0,005
LONG	9313	1	9313	4,72	0,0309	T°MED	15608	1	15608	8,02	0,005
Error	438276	222	1974			Error	431981	222	1946		
Total	447589	223				Total	447589	223			

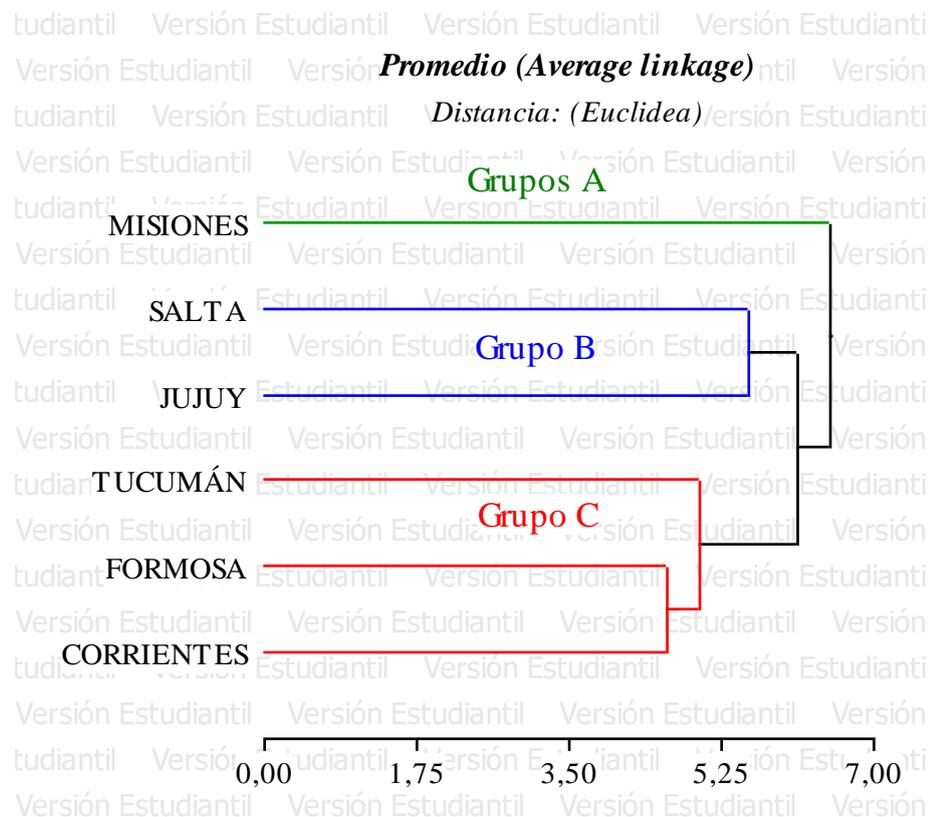


**Figura 19.** Dendrograma de sobrevivencia de plántulas según procedencias

Teniendo en cuenta el porcentaje de sobrevivencia (SV), se verifica que el análisis de comparaciones múltiples sugiere, que el grupo b (Formosa) se diferencia del grupo C (Salta, Misiones, Entre Ríos y Corrientes) y más aún del grupo A (Tucumán y Jujuy) (figura 19).

### 3.4. Análisis multivariado final de las variables morfométricas estudiadas

Finalmente, las variables estudiadas se analizaron en un análisis multivariado a través de un gráfico de dendrograma con 3 grupos, observándose los siguientes resultados (figura 20).



**Figura 20.** Dendrograma – agrupamiento de las variables morfométricas de frutos y semillas estudiadas

El análisis multivariado sugiere que hubo diferencias entre los agrupamientos que surgen de este estudio. se observa distancia euclidiana entre el grupo A (Misiones) respecto a un grupo intermedio, el grupo B (Salta y Jujuy) y al grupo C (Formosa, Tucumán y Corrientes).

### 3.5. Análisis de correlación de Pearson de las variables morfológicas de frutos y semillas estudiadas

Del análisis de correlación de Pearson, se verifica varias asociaciones significativas en diferentes grados (tabla 32):

- ✓ El *poder germinativo* presentó una asociación positiva media con la altura y diámetro al cuello de plántulas de 2 y 4 meses de crecimiento y con el peso de las semillas, y por otro lado presentó una correlación negativa media con las variables semillas por kg y sobrevivencia.
- ✓ La *sobrevivencia* de plántulas presentó una correlación negativa media con la altura y diámetro al cuello de plántulas con 4 meses de crecimiento
- ✓ La *altura de plántulas con 2 meses de crecimiento* presentó correlaciones positivas medias con el diámetro al cuello de plántulas con 2 meses de crecimiento, con la altura y diámetro al cuello de plántulas con 4 meses de crecimiento y el ancho de frutos, mientras que con el número de entrenudos registró una correlación positiva considerable.
- ✓ El *diámetro al cuello de plántulas con 2 meses de crecimiento* presentó una correlación positiva media con el número de entrenudos
- ✓ El *número de entrenudos* registró una correlación positiva media con el diámetro al cuello de plántulas con 4 meses de crecimiento y el ancho de frutos, mientras que con el peso de las semillas se correlacionó negativamente.
- ✓ La *altura de plántulas con 4 meses de crecimiento* presentó una correlación positiva moderada con el diámetro al cuello de plántulas con 4 meses de crecimiento y positiva media con el ancho y largo de semillas.
- ✓ El *peso de los frutos* presentó una correlación negativa muy fuerte con la variable número de frutos por kg, y negativa media con la variable semillas por kg de frutos y número de semillas por kg; en tanto que presentó correlaciones positivas medias con las variables número de semillas por frutos, ancho de fruto y largo de fruto (correlación positiva considerable) y peso de semillas
- ✓ La variable *número de semillas por frutos* presentó correlación positiva media con las variables números de semillas por kg de frutos y largo de frutos.
- ✓ La variable *número de semillas por kg de frutos* presentó correlaciones positivas considerable con la variable número de frutos por kg y media con la variable número de semillas por kg, en tanto que presentó correlaciones

negativas medias con las variables ancho y largo de frutos y peso de semillas, y correlaciones negativas débiles con las variables ancho y largo de semillas

- ✓ La variable ***número de frutos por kg*** presentó una correlación positiva media con la variable número de semillas por kg, una correlación negativa débil con la variable ancho de semillas y correlaciones negativas medias con las variables ancho de frutos y peso de semillas, y una correlación negativa considerable con la variable largo de frutos.
- ✓ La variable ***ancho de frutos*** presentó correlación positiva media con la variable largo de frutos y correlaciones débiles positivas con el peso y ancho de las semillas, y negativas débiles con el número de semillas por kg.
- ✓ La variable ***peso de semillas y peso de 1000 semillas*** presentó correlación negativa muy fuerte con la variable número de semillas por kg y positiva media con las variables ancho y largo de semillas.
- ✓ La variable ***número de semillas por kg*** presentó correlación negativa media con las variables ancho y largo de semillas y por último
- ✓ La variable ***ancho de semillas*** presentó correlación positiva media con la variable ***largo de semilla***.

**Tabla 32.** Correlación de Pearson de las variables morfométricas de *P. dubium* estudiadas

PG (poder germinativo). SV (sobrevivencia). H2m (altura de plántulas con 2 meses de crecimiento). DC2m (diámetro al cuello de plántulas con 2 meses de crecimiento). EN entrenudos). H4m (altura de plántulas con 4 meses de crecimiento). DC4m (diámetro al cuello de plántulas con 4 meses de crecimiento). PF (g) (peso de frutos en gramos). Sem F (número de semillas por frutos). Sem kg F-1 (número de semillas por kg de frutos). Frutos kg-1 (número de frutos por kg). AF (mm) (ancho de frutos en mm). LF (mm) (largo de frutos en mm). PS (g) (peso de semillas). PS 1000 (g) (peso de 1000 semillas en gramos). Sem kg-1 (semillas por kg). AS (mm) (ancho de semillas en mm). LS (mm) (largo de semillas en mm).

	PG	SV	H2m	DC2m	EN	H4m	DC4m	PF (g)	Sem F	Sem kg F-1	Frutos kg-1	AF (mm)	LF (mm)	PS (g)	PS 1000 (g)	Sem kg-1	AS (mm)	LS (mm)
PG	1,00	****	**	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns
SV	<b>-0,40</b>	1,00	ns	ns	ns	****	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
H2m	<b>0,18</b>	-0,08	1,00	****	****	****	****	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DC2m	0,02	0,09	<b>0,26</b>	1,00	****	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
EN	0,06	0,03	<b>0,53</b>	<b>0,18</b>	1,00	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	*	*	ns	ns	ns
H4m	<b>0,20</b>	<b>-0,38</b>	<b>0,39</b>	0,04	0,10	1,00	****	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**
DC4m	<b>0,24</b>	<b>-0,24</b>	<b>0,38</b>	0,04	<b>0,23</b>	<b>0,53</b>	1,00	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PF (g)	0,12	0,00	0,04	0,00	-0,02	0,07	0,13	1,00	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
Sem F	0,01	0,03	-0,05	-0,07	-0,04	-0,16	0,00	<b>0,37</b>	1,00	****	****	ns	****	ns	ns	ns	ns	ns
Sem kg F-1	-0,08	-0,01	-0,10	-0,06	-0,01	-0,06	0,03	<b>-0,38</b>	<b>0,49</b>	1,00	****	****	****	****	****	****	*	*
Frutos kg-1	-0,06	-0,07	-0,05	0,01	0,02	-0,01	-0,09	<b>-0,76</b>	<b>-0,37</b>	<b>0,58</b>	1,00	****	****	****	****	****	****	****
AF (mm)	0,15	-0,01	<b>0,17</b>	0,03	<b>0,16</b>	-0,04	0,14	<b>0,28</b>	-0,03	<b>-0,29</b>	<b>-0,31</b>	1,00	****	**	**	**	*	ns
LF (mm)	0,08	0,12	0,09	0,05	0,00	0,02	0,05	<b>0,52</b>	<b>0,35</b>	<b>-0,22</b>	<b>-0,54</b>	<b>0,27</b>	1,00	ns	ns	ns	ns	ns
PS (g)	<b>0,19</b>	-0,10	0,02	0,03	<b>-0,11</b>	0,07	0,14	<b>0,12</b>	-0,02	<b>-0,15</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,09</b>	0,04	1,00	****	****	****	****
PS 1000 (g)	<b>0,20</b>	-0,06	0,02	0,04	<b>-0,11</b>	0,06	0,14	<b>0,13</b>	-0,02	<b>-0,16</b>	<b>-0,14</b>	<b>0,10</b>	0,04	<b>0,97</b>	1,00	****	****	****
Sem kg-1	<b>-0,19</b>	0,05	-0,03	-0,04	0,07	-0,08	-0,17	<b>-0,11</b>	0,01	<b>0,13</b>	<b>0,12</b>	<b>-0,09</b>	-0,02	<b>-0,90</b>	<b>-0,92</b>	1,00	****	****
AS (mm)	-0,07	0,04	0,09	0,06	0,06	<b>0,25</b>	0,20	<b>0,11</b>	0,00	<b>-0,08</b>	<b>-0,08</b>	<b>0,06</b>	0,01	<b>0,38</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,41</b>	1,00	****
LS (mm)	-0,03	-0,12	-0,03	0,07	-0,08	<b>0,34</b>	0,18	0,06	-0,01	<b>-0,07</b>	-0,05	-0,01	0,04	<b>0,44</b>	<b>0,45</b>	<b>-0,45</b>	<b>0,19</b>	1,00

Nivel de significancia con probabilidad del 95% ns p > 0.05; \* p < 0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001; \*\*\*\* p < 0.0001.

## 4. DISCUSIONES

### 4.1. Morfometría de frutos

Conforme al análisis de los datos obtenidos del conteo y pesaje de frutos y semillas, se verificó que un kg de frutos contiene en promedio 6.117 frutos, 8.297 semillas o 392 g de semillas y entre 1 a 3 semillas por frutos. Los datos observados son similares en algunos aspectos a los encontrados en la bibliografía, 1 a 4 semillas por frutos, un kilogramo de frutos contiene aproximadamente 200 g de semillas o entre 4.900 y 12.000 semillas y el número de frutos por kg es igual a 5.280 (ÁRBOLES 1992; LONGHI 1995; DURIGAN *et al.* 1997; RAMALHO CARVALHO 2002). De acuerdo con Ramalho Carvalho (2002), el fruto de *P. dubium* es una sámara con 4 a 9,5 cm de longitud y 1 a 2,5 cm de ancho, en tanto que en este estudio el ancho y largo registrado fueron de 1,5 y 11 cm de largo y 1 y 2,3 cm de ancho.

En la especie *P. dubium*, se encontró una asociación media entre el peso y ancho del fruto vs peso de semilla (tabla 32), estos resultados son análogos a un estudio de variación morfométrica de especies de *Quercus* donde la tendencia a producir frutos de mayor tamaño se correlaciona con el tamaño de la semilla (RUBIO-LICONA *et al.* 2011). En otros estudios, se encontró que la masa fresca del fruto presenta una alta correlación positiva con la masa fresca de las semillas de los frutos (DAS-GRAÇAS SOUZA *et al.* 2016).

Se observó que el peso del fruto varió 80 veces, ancho de fruto 2.3 veces, largo de fruto 7.33 veces y el número de semillas 3 veces. Estos resultados concuerdan con las conclusiones del trabajo de Viveros Colorado (2001), donde se encontró que el peso del fruto es la característica más variable y su longitud y diámetro tienen poca variación. Además, el coeficiente de variación (CV) fue superior para las variables peso de frutos y semillas, como así también número de semillas por kg de frutos y semillas. Y comparando frutos y semillas, los coeficientes de variación (CV) tanto de peso como de número de semillas por kg, fueron mayores en los frutos respecto a las semillas.

Tanto el peso de frutos y semillas, como también el número de semillas por kg, parecen ser los rasgos más variables y más controlados por el ambiente, mientras que las dimensiones (largo y ancho) parecen ser menos variables y estar bajo control genético, datos que concuerdan con los resultados de un estudio de variación morfológica de

frutos y semillas de *Prunus nepaulensis* Steud. en Meghalaya, India (SHANKAR y SYNREM 2012).

Por otro lado, las características biométricas de las semillas varían menos que la de los frutos, resultados similares a los obtenidos en un estudio de las características biométricas y físicas de los frutos y semillas de *Melanoxylon brauna* (DE SOUSA SILVA *et al.* 2013).

En este estudio, *P. dubium* no verificó asociación entre el poder germinativo de la semilla con las variables morfométricas del fruto, si bien la calidad fisiológica de las semillas muchas veces puede estar dado o inferida por la variación en el tamaño de los frutos y semillas (DANTAS DA SILVA *et al.* 2004; SANTOS NETO *et al.* 2009).

Las características de ancho del fruto mostraron un patrón de variación geográfica clinal a lo largo del gradiente latitudinal, altitudinal, temperatura y humedad relativa ambiente (figura 4). Las plantas de las procedencias de latitudes bajas del gradiente produjeron frutos más anchos que las plantas de las procedencias del sur o latitudes más altas. También se encontró asociación negativa con las variables temperatura y humedad relativa. Esta asociación negativa no se ajusta a la encontrada en estudios de Lopez-España *et al.* (2016), donde se comprobó que el tamaño de los frutos crece con la latitud. El patrón de variación observado en estas características sugiere adaptación a las condiciones climáticas locales. Las variables peso y largo de fruto no mostraron patrones de variación clinal.

La asociación positiva encontrada en este estudio fue con la altitud, esta misma asociación también se encontró en estudios llevados por Giamminola y De Viana (2013), donde verificaron que en ambientes de mayor altitud se produjeron semillas más pesadas y en menor cantidad por fruto en las especies *P. nigra* y *C. paraguariensis*. En el caso de este estudio, el número de semillas por frutos de *P. dubium* no mostró ninguna asociación con las variables geoclimáticas estudiadas, y por otra parte el número de semillas por fruto aumenta con el peso del fruto (tabla 32).

Las variaciones en los caracteres morfométricos de frutos y semillas se basan en la disponibilidad de recursos, la latitud y la altitud, temperatura, precipitaciones y las interacciones que se dan entre estas variables geoclimáticas y donde las especies de amplia distribución suelen mostrar variaciones morfológicas, fisiológicas y genéticas, en diferentes fenotipos como respuesta a las presiones selectivas impuestas por los ambientes donde crecen, y por otro lado a mayores altitudes, mayor sería la variabilidad morfológica y genética entre individuos (GIAMMINOLA y DE VIANA 2013).

#### 4.2. Morfometría de semillas

Del análisis de peso de las semillas, se verificó un promedio de 22.395 semillas por kg, un máximo de 75.188 y un mínimo de 10.627, en tanto otros autores han encontrado que el número de semillas por kilogramo es de 4.200 y 25.000 (CASTIGLIONI 1975; AMARAL y ARALDI 1979). En este estudio las semillas de *P. dubium* midieron entre 1-12 mm de longitud, y 2-6,5 mm de ancho, mientras que en otros estudios las medidas fueron 10 mm de longitud y 4 mm de ancho (OLIVEIRA y PEREIRA 1984; RAMALHO CARVALHO 2002). Por otro lado, las semillas presentaron menor variación de tamaño, comparado a los frutos (7.08 veces variaron en tamaño las semillas, tomando como variable al peso de 1000 semillas y número de semillas por kg), datos que se ajustan a lo estudiado por Macedo *et al.* (2009). Comparativamente las semillas variaron un poco más que los frutos en cuanto al largo y ancho (largo de semillas 12 mm vs 7 mm largo de frutos y ancho de semillas 3 mm vs 2 mm ancho de frutos), en tanto que en otros estudios han encontrado que las características biométricas de las semillas variaron menos que la de los frutos, sugiriendo que las variaciones de tamaño y peso de los frutos de *Melanoxylon brauna* no se determinan por las características biométricas de las semillas (DE SOUSA SILVA *et al.* 2013).

En un estudio llevado por Giamminola y De Viana (2013), encontraron que la característica más variable de *Prosopis nigra* (Griseb.) fue el peso de los frutos (CV>36%) y en *Caesalpinia paraguariensis* (D. Parodi) Burkart. la cantidad de semillas por fruto (CV>50%). En este estudio, los resultados mostraron mayor variación en los frutos comparados con las semillas de *P. dubium* (peso de frutos CV 37,94% y N° de semillas por frutos 34,49% vs PS 1000 (g) CV 21,44% y Sem kg-1 CV 27,2%). El bajo coeficiente de variación 10% para ancho de semilla y 13% para largo de semillas entre las poblaciones, en esta variable morfométrica, podría indicar que los rasgos están altamente controlados genéticamente, y serían resultados similares al estudio de variación fenotípica en la morfología de la fruta y la semilla de *Adansonia digitata* L. (MUNTHALI *et al.* 2012).

Una variable adicional de las semillas, que sirve para caracterizarlas física y químicamente, es el peso de estas. En general, el peso en las semillas está relacionado no sólo con su tamaño, sino también con la cantidad y tipo de constituyentes que almacenan (VARGAS *et al.* 2003). En este estudio se verificó que las semillas de *P.*

*dubium* más anchas y largas a su vez tienden a ser más pesadas, de manera análoga a lo registrado en estudios de frutos y semillas de *Dipteryx alata*, donde observaron que las semillas de mayor longitud y anchura fueron también las de mayor peso (BOTEZELLI *et al.* 2000). Pero por otra parte, la información sobre la variación en el tamaño de las semillas puede ser mejor visualizada como variación en el número de semillas por kilogramo, dato que es por demás interesante para los viveristas (DONOSO 1979).

Según Moreira y Moreira (1996) y Camara (2007), hay relación entre el tamaño de las semillas y su dispersión. Las semillas pequeñas pueden dispersarse a grandes distancias, teniendo así la posibilidad de colonizar lugares con mayor incidencia de luz, donde la germinación epígea fanerocotiledonar es más ventajosa. Varios autores explican que la planta madre hace una distribución equitativa de los recursos en la progenie. Tanto por ser el producto directo de la reproducción sexual (la cual le confiere variabilidad y mayores posibilidades de adaptación a la progenie) como por ser el principal medio para la dispersión de la especie, un tipo de selección estabilizadora debería favorecer la constancia en el tamaño de las semillas dentro de una misma especie (HARPER *et al.* 1970; VARGAS *et al.* 2003). Sin embargo, aún cuando el peso de las semillas está determinado genéticamente, las diferencias en la disponibilidad de recursos del medio ambiente o durante la ontogenia de la planta tienen un efecto importante sobre el tamaño de las semillas (VARGAS *et al.* 2003). En este estudio se observó que las semillas de *P. dubium* en general son más grandes en pisos altitudinales bajos y más pequeñas a mayores alturas, en este sentido, el aumento del tamaño de la semilla con la altura de las plantas refleja una respuesta adaptativa, y como requisitos para la dispersión, cuando la arquitectura de plantas de mayor porte se comportan como una restricción competitiva en los mecanismos de diseminación (WANG *et al.* 2014). Por otro lado si bien la clina altitudinal de la variable altura de los árboles no fue significativa para *P. dubium*, se observó que la altura de los árboles fue mayor en pisos altitudinales bajos y menor en los pisos altos. Las diferencias en la altitud a su vez marcan diferencias en la fenología y crecimiento, haciendo que las capacidades adaptativas de las especies actúen a lo largo de un gradiente climático natural (VITASSE *et al.* 2009; MONDINO 2014).

De acuerdo con Gallo (1985); Tripathi y Khan (1990); Breitembücher (1998), existe asociación entre el poder germinativo y el peso de las semillas, mientras que para Shoulders (1961); Ackerman y Gorman (1969) no existe correlación positiva para diversas especies forestales. En el caso del presente estudio esta correlación, resultó

significativa, positiva y media verificando que la especie *P. dubium* en condiciones de laboratorio el tamaño de semilla tiene un efecto medio sobre el poder germinativo (figura 7). Estos resultados concuerdan con otros estudios en los que encontraron que el tamaño de semillas grandes presentaron germinación máxima en comparación a las semillas pequeñas (ATTRI *et al.* 2018). El tamaño de la semilla medido a través del peso, es considerado como el mejor sistema de medición para estos elementos (DONOSO 1979).

Ciertas consideraciones teóricas predicen que las plantas deberían producir semillas de igual tamaño, en caso de reasignación de recursos, deberían alterar el número de semilla en vez que la masa de semillas si los niveles de recursos varían. La masa óptima de la semilla es la que maximiza el rendimiento por unidad inversión; semillas más pequeñas que las óptimas tendrán baja aptitud, mientras que aquellas mayores que lo óptimo desperdiciarán recursos que de otra manera podrían usarse para la producción de más descendencia (SMITH y FRETWELL 1974; LLOYD 1987; HAIG y WESTOBY 1988; VAUGHTON y RAMSEY 1998). La capacidad de las plantas para mantener la masa de semillas cuando los niveles de recursos varían dentro de las plantas, es probablemente que dependa en la medida en que los recursos pueden ser reasignados entre las flores (VAUGHTON 1993). Una vez que las semillas se han formado, a pesar de poder existir alguna limitación de recursos, estas no serían abortadas. En tales casos, con la reasignación de recursos se producirán semillas aunque estas sean más pequeñas, siendo una de las causas de la variación en el tamaño (LLOYD 1987; LALONDE y ROITBERG 1989; VAUGHTON y RAMSEY 1998). Una compensación entre el peso inicial y el número de semillas ha sido la base de gran parte del trabajo teórico sobre los patrones de la historia de la vida de especies vegetales; teniendo en cuenta los recursos limitados para las especies de plantas, una importante compensación en la asignación de recursos es entre la producción de unas pocas semillas grandes frente a muchas semillas pequeñas, es así que muchos trabajos empíricos han examinado esta relación a niveles interespecíficos e intraespecíficos y encontraron una relación inversa entre el peso y el número de semillas, lo que lleva a la conclusión de que existe un equilibrio entre el peso y el número de semillas entre las especies vegetales (SMITH y FRETWELL 1974; JAKOBSSON y ERIKSSON 2000; LEISHMAN 2001; ABRAHAMSON y LAYNE 2002; WANG *et al.* 2009; GUNDEL *et al.* 2012; MENG *et al.* 2014). Respecto a la variación clinal, los resultados mostraron que, a lo largo del gradiente altitudinal, al aumentar la altitud, el peso de la semilla de *P.*

*dubium* disminuyó, pero el número de semillas aumentó, lo que indica que la presión selectiva sobre la producción de semillas podría provenir de la dispersión de semillas en poblaciones de gran altitud. No hubo una correlación significativa entre el peso de la semilla y el número de semillas por frutos, resultados similares a los registrados por (MENG *et al.* 2014). Comparando con otras especies, en estudios de *Cordia africana*, el peso de la semilla mostró una correlación positiva significativa con la altitud y una correlación negativa con la temperatura media anual de origen de la semilla (LOHA *et al.* 2006).

La existencia de correlaciones entre características morfológicas y factores del hábitat puede ser interpretada como una evidencia de divergencia adaptativa, cuando las significaciones fisiológicas no han sido explicadas. Se justifica esta aseveración porque la única explicación razonable para estas divergencias comprobadas es el efecto diferencial de la selección debido a la adaptación de una especie a hábitats diferentes (HESLOP-HARRISON J. 1968; DONOSO 1979).

Poco se conoce sobre la variación geográfica clinal de *P. dubium*. El peso de las semillas mostró una asociación positiva con la latitud (figura 7), es decir que el peso va en aumento conforme aumente la latitud. Estos resultados no coinciden con los encontrados por Donoso (1979), quien en relación con las características morfológicas estudiadas sobre *Nothophagus obliqua* (Mirb.) Oerst., pudo comprobar que el tamaño de las semillas y el número de estambres por flor masculina disminuyen en forma gradual desde el norte hacia el sur, en el hemisferio sur.

El tamaño de la semilla es un atributo crítico de la historia de la vida de una especie en relación a los patrones geográficos asociados, de hecho, en este estudio, *P. dubium* mostró una asociación positiva del tamaño de la semilla con las temperaturas medias. Así también los estudios interespecíficos informan repetidamente una correlación negativa entre la masa de la semilla y la latitud, sin embargo, a pesar de su importancia, se sabe poco sobre la variación geográfica en el tamaño de la semilla dentro de los rangos de las especies (GORDEN *et al.* 2016).

En el análisis del tamaño de semilla interespecífico, se han encontrado patrones notablemente inconsistentes entre las especies y siempre mejor explicadas por patrones geoclimáticos. Además, los resultados de algunas especies fueron contrarias a las estimadas en la comparación interespecífica. Por ejemplo, el peso de las semillas de *A. canescens* y *H. annuus* crecen con la disminución de la temperatura y el aumento de la latitud mientras que el tamaño de la semilla disminuyó en relación con estas variables

para todas las demás especies estudiadas. Este patrón sugiere que las variables que influyen en el tamaño de la semilla pueden diferir entre especies individuales. Estos resultados refuerzan la conclusión de que patrones de variación en tamaño de semilla intraespecífica no siguen consistentemente patrones interespecíficos (GORDEN *et al.* 2016).

Muchos estudios han demostrado que las plántulas que provienen de semillas grandes, las especies tienen mayores tasas de supervivencia que las plántulas de especies de semillas pequeñas; ambos bajo condiciones naturales (MOLES y WESTOBY 2006). Aunque las especies de semillas grandes producen menos semillas por metro cuadrado debajo del dosel y por año, también tienden a tener doseles más grandes y mayor esperanza de vida reproductiva que aquellas especies de semillas pequeñas. Del mismo modo, aunque hay una relación positiva entre el peso de las semillas y la supervivencia de las plántulas a través de una cantidad de tiempo dada, esto es contrarrestado por la relación positiva entre el peso de la semilla y el tiempo necesario para las plántulas recién emergidas para alcanzar la madurez reproductiva (MOLES y WESTOBY 2006).

En general, si bien los datos interespecíficos se asocian negativamente en relación con la latitud, las variables climáticas fueron mejores para predecir tamaño de la semilla, comparativamente a las variables geográficas. Algunas especies tenían semillas más grandes asociadas a temperaturas cálidas y otras a temperaturas frescas, y en otras especies las semillas más grandes estaban asociadas a un clima húmedo, mientras que otras a clima seco. Analizando en conjunto, los datos sugieren que el clima está fuertemente asociado con tamaño de la semilla en grandes áreas geográficas, pero los patrones varían según la especie (GORDEN *et al.* 2016).

Moles y Westoby (2006) sugieren llevar adelante estudios tendientes a cuantificar el tiempo que tardan las plántulas en alcanzar su madurez y estudios que cuantifiquen la supervivencia de las plántulas. Un estudio que abarque desde la emergencia a la edad adulta contribuirá mucho más a nuestra comprensión de la ecología de las semillas, es decir estudios de la relación entre el peso de semillas y las tasas de la supervivencia de las plántulas.

Los estudios experimentales demuestran las ventajas de las especies de semillas grandes, para establecerse bajo ciertas condiciones adversas, como ser sombra, sequía o herbivoría. Las plántulas de las especies de semillas grandes rinden mejor que las de las especies de semillas pequeñas en la mayoría de las situaciones. Sin embargo, la

magnitud de esta ventaja no fue suficiente para contrarrestar la mayor cantidad de semillas producidas por especies de semillas pequeñas (MOLES y WESTOBY 2004)

Las semillas más grandes tienden a producir plántulas con una mayor proporción de su masa con reservas almacenadas, relativas a una estructura autótrofica. Por lo tanto y en conclusión, las especies de semilla más grande tienden a tener más reservas no comprometidas y disponibles para compensar varios peligros que puedan afectar su existencia (LEISHMAN *et al.* 2000).

Los modelos teóricos predicen que las especies con semillas grandes germinarán más rápidamente que las especies de semillas pequeñas, ya que las semillas grandes son más propensas a tener una mayor depredación de semillas después de la dispersión que semillas pequeñas. De este modo, una estrategia de germinación rápida permitiría por lo tanto que las semillas grandes reduzcan los riesgos de mortalidad. No obstante, los resultados encontrados por no respaldan la hipótesis de que las semillas grandes germinan más rápido que las semillas pequeñas, sino más bien que las semillas pequeñas germinan más rápido. Es decir, los datos muestran evidencia de una asociación positiva entre el peso de la semilla y el tiempo medio de germinación (NORDEN *et al.* 2009). Asimismo, hay hipótesis probadas que afirman que las especies de hábitats cerrados tiene semillas más pesadas que las especies relacionadas de hábitats abiertos (SALISBURY 1942; THOMPSON y HODKINSON 1998).

Nuevos modelos predicen que las especies con largos periodos juveniles o grandes tamaños adultos tendrán semillas más grandes, esta hipótesis sugiere que gran parte del aumento observado en el peso de las semillas se correlaciona al tamaño de la planta adulta, y sería debido a las restricciones correlacionadas con el tamaño corporal adulto (VENABLE y REES 2009).

La masa de la semilla está correlacionada con la altura, forma de crecimiento y modo de dispersión. Estas relaciones tienen una forma similar en diferentes tipos de vegetación templada de diferentes continentes. Experimentalmente está demostrado que el mayor peso de las semillas confiere tolerancia a una amplia variedad de peligros, pero el único patrón de hábitat claro en el campo, cuando se dan condiciones de sombra, en estos casos tienden a tener semillas más grandes. Las semillas tienden ser más grande en los trópicos, independientemente de forma de crecimiento y modo de dispersión, pero la razón de esto no está muy claro aún (LEISHMAN *et al.* 2000).

En cuanto a la asociación entre peso de semillas y sobrevivencia Moles y Westoby (2004) concluyeron en su estudio que, aunque las plántulas de especies con

semillas más grandes tendieron a sobrevivir mejor bajo peligros impuestos experimentalmente, su ventaja no parecía suficiente para contrarrestar la ventaja de especies de semillas más pequeñas durante producción de semillas. Sin embargo, en ese estudio, la mayoría de los experimentos han expuesto plántulas a un solo peligro a la vez, mientras que en situaciones naturales muchos riesgos actúan de forma simultánea. Por otra parte, las intensidades de peligro expuestas en los ensayos han sido inferiores a los experimentados por poblaciones naturales de plántulas. La mayoría de los experimentos usan relativamente pocas plántulas de cada especie, debido a las limitaciones de tiempo y espacio. Por último, concluyen que la máxima ventaja observable de las especies de semillas grandes en comparación con las especies de semillas pequeñas depende del tamaño de la muestra.

Los estudios de Liu *et al.* (2013), mostraron que las variables climáticas explicaron una gran parte de la variación geográfica del peso de las semillas. La temperatura media anual y la precipitación invernal se correlacionaron positivamente con el peso de las semillas de abeto negro, pero la precipitación anual tuvo mayor asociación con la picea blanca. La combinación de factores, incluida la temperatura, la temporada de crecimiento y evapotranspiración, la estacionalidad de la temperatura media anual y la precipitación en conjunto determina el peso de la semilla de pino. En general, sitios con temperaturas invernales más altas favorecen la producción de semillas grandes. En conclusión, este tipo de adaptaciones específicas de una especie al clima en la etapa reproductiva, puede dar lugar a diferentes cambios en el ámbito geográfico distribución de especies de árboles en respuesta al cambio climático

En este estudio no se encontró correlación en *P. dubium* entre el peso de la semilla y número de semilla por fruto, resultados que concuerdan a los de Michaels *et al.* (1988) donde verificaron que había poca evidencia de compensaciones entre el número y peso de semillas.

En cuanto a la relación latitudinal se puede mencionar, que las semillas de especies de latitudes altas requieren períodos más largos de bajas temperaturas que las especies de bajas latitudes, pero asimismo otros autores señalan que es probable que muchos árboles muestren un comportamiento contrario (DONOSO 1979). En este estudio se registró un aumento en el peso de la semilla de *P. dubium* asociado a un crecimiento en la latitud (figura 7), contrario al estudio de Mondino (2014), en donde la lenga presentó un disminución latitudinal en el peso de la semilla.

Respecto a la variación longitudinal del tamaño de la semilla, se comprobó que el tamaño de las semillas de *P. dubium* disminuyen con la longitud (figura 7), son de mayor tamaño aquellas de origen oriental comparadas a las occidentales. Estos datos concuerdan a los encontrados por Sorensen (1981) al estudiar la variación geográfica en plántulas de *Pseudotsuga Menziesii*, quien concluyó que las semillas de origen oriental fueron más grandes y germinaron más rápidamente que las semillas de origen más occidental.

Al estudiar la correlación del peso de las semillas con el tamaño que alcanzan las plántulas, no se observó asociación, sin embargo se verificó la existencia de correlación del tamaño de la semilla, expresados en términos de variables de ancho y largo de semilla con el tamaño de las plántulas de *P. dubium*. Asimismo, otros estudios que mencionan una relación directa entre el tamaño de las semillas y el tamaño de las plántulas, donde han observado que el peso de la semilla influye en el tamaño que alcanza la plántula en las primeras fases de crecimiento, siendo además esta característica determinante sobre la supervivencia (HENDRIX *et al.* 1991; CHACON y BUSTAMANTE 2001; VARGAS *et al.* 2003; GONZÁLEZ RODRÍGUEZ *et al.* 2008).

Se comprobó que las semillas de *P. dubium* provenientes de sitios de mayor precipitación y humedad relativa se asocian a un mayor tamaño expresado en peso de semillas. Esto no se relaciona a lo postulado por Wright y Van Dyne (1976), quien menciona que la semilla proveniente de sitios áridos es normalmente de mayor tamaño que la de sitios húmedos, debido a que esto estaría indicando una adaptación a la probabilidad de tener que soportar estrés hídrico al germinar, situación en la que la cantidad de reservas jugaría un rol decisivo en el éxito de la plántula (BAKER 1972).

Las plántulas de semillas más grandes tienen una mayor biomasa total, un mayor porcentaje de la biomasa total de la planta asignada a las raíces, y las raíces principales más largas que las plántulas de las semillas más pequeñas. Las plántulas que emergen de semillas más grandes germinan y emergen antes y a un ritmo mayor que las plántulas de semillas de menor tamaño. Las plántulas de semillas más grandes fueron son de mayor tamaño en la emergencia, permanecen más grandes a través del tiempo y viven más tiempo que las plántulas de semilla más pequeña. Aún en condiciones de estrés, sequía, las plántulas de mayor tamaño se desempeñan mejor que las plántulas de menor tamaño (BENARD y TOFT 2007). En este estudio las correlaciones en términos de tamaño de semilla de *P. dubium* se dieron con el poder germinativo, asociado al peso de las semillas y por otro lado con la altura de plántulas, asociadas al ancho y largo de

semillas (tabla 32). Por otra parte, en otros estudios con *Pseudotsuga menziesii*, las correlaciones del peso de la semilla vs tasa de emergencia, y el peso de la semilla vs tamaño de la plántula no fueron fuertes (CLAIR y ADAMS 1991).

La masa de semillas y la morfología son rasgos de la historia de la vida vegetal que influyen en la dispersión de semillas (WANG *et al.* 2014). Se encontró en este estudio que la masa de semilla de *P. dubium* disminuye significativamente con el aumento de altitud. Las progenies correspondientes a las altitudes bajas tienen semillas más grandes, y al contrario, las semillas son más pequeñas con la creciente de la altitud. De acuerdo con Wang *et al.* (2014), estos cambios en la masa y morfología de la semilla, sugieren ser el resultado de evolución y adaptación a largo plazo. Esto no concuerda con otros estudios, donde se han encontrado en otras especies asociación positiva de la masa de la semilla con la altitud (PLUESS *et al.* 2005). Asimismo Pluess *et al.* (2005) argumentó que la selección debería favorecer la producción de semillas más grandes en las especies en altitudes más altas porque las semillas más grandes exhiben una supervivencia superior en entornos estresantes, que representaron el patrón que observaron. También otros estudios manifiestan correlación, pero negativa de la masa en función de la altitud, es el caso de lo encontrado por Bu *et al.* (2007), quienes verificaron una relación negativa entre la altitud y masa de semillas en una flora de la meseta tibetana oriental. En este caso, una disminución en la masa de semillas con altitud se debe a las respuestas plásticas inducidas por el medio ambiente causado por una disminución en la disponibilidad de recursos (BU *et al.* 2007). La variación morfológica registrada en el análisis altitudinal, tanto a nivel de poblaciones como a nivel de árboles dentro de poblaciones, sugiere que estas características están influenciadas por el ambiente y que probablemente también exista diferenciación genética entre poblaciones, sin que sea posible separar el efecto ambiental del genético en el presente trabajo, además en general la variación en los rasgos de las semillas y sus causas no está clara, los cambios pueden estar determinados por complejos patrones y por la historia evolutiva de la especie (BAKER 1972; PIGLIUCCI 2003; PLUESS *et al.* 2005; BU *et al.* 2007; VIVEROS-VIVEROS *et al.* 2013; WANG *et al.* 2014). El estudio de variación de caracteres morfológicos con valor adaptativo, permite establecer en el corto plazo una zonificación altitudinal provisional, para el movimiento de semillas, siendo esta una alternativa si bien no ideal, pero económica (VIVEROS-VIVEROS *et al.* 2013). Por otra parte, en estudios de abetos blancos, se encontró que la masa de la semilla disminuyó significativamente con la elevación altitudinal, a su vez, esta

asociación difería entre ubicaciones y años, no obstante y en conclusión, la elevación tenía un fuerte efecto sobre la masa de la semilla (STURGEON y MITTON 1980; FARRIS y MITTON 1985; ROGERS y MONTALVO 2014). Otros estudios señalan tanto el tamaño de la semilla como la dinámica de la germinación, está determinada genéticamente por los progenitores, donde la heredabilidad, en sentido amplio determinará diferencias significativas entre poblaciones. Otro factor influyente será si se trata de plantas anuales o bianuales (KALISZ y WARDLE 1994; LAU y GALLOWAY 2004; GALLOWAY 2001a, 2001b). En contraste, otros estudios reportaron una correlación positiva entre la masa de semillas y la altitud a través de especies y dentro de las especies, argumentando que la selección natural podría favorecer la producción de semillas más grandes en altitudes más altas, porque las semillas más grandes exhiben una supervivencia superior en ambientes estresantes, en base al patrón observado, sin embargo y en concordancia a este estudio, aunque se ha encontrado una asociación de la masa de semilla con la altitud, los patrones observados no son altamente consistente, y los mecanismos subyacentes no han sido identificados (PLUESS *et al.* 2005; WANG *et al.* 2014).

El enriquecimiento genético, en teoría podría prevenir la extinción de poblaciones muy pequeñas, este proceso ha sido llamado por Brown y Kodric-Brown (1977), como "efecto de rescate". Es así como la polinización cruzada, entre pequeñas poblaciones de gilia escarlata (*Ipomopsis aggregata* (Pursh) V. Grant) y una población grande, distantes ambas, mejoró la masa y porcentaje de germinación de las semillas. Las pequeñas poblaciones estaban experimentando una pérdida de la aptitud relacionada con su pequeño tamaño, lo que contribuyó a la depresión endogámica, la deriva genética o ambas (HESCHEL y PAIGE 1995).

En la conservación a largo plazo, un objetivo prioritario es mantener la mayor diversidad posible presente en las poblaciones naturales y por lo tanto el registro de la variabilidad morfológica es un primer indicador (GIAMMINOLA y DE VIANA 2013).

#### **4.3. Poder germinativo (PG)**

La velocidad de emergencia en este estudio fue en promedio 6,67 DM (días medios) comparado a otros resultados observados por (ESPÍNOLA ARECO y RODRIGUEZ ESPÍNOLA 2010), donde la especie de *P. dubium* registró una velocidad de emergencia 6,85 DM (días medios).

Se encontraron diferencias significativas de poder germinativo en sitios diferentes, registrándose diferencias significativas (tablas 18 y 19). Los valores máximos de germinación observados son similares a los obtenidos por Klein (2011) y con el mismo tratamiento de escarificación (92 y 100% respectivamente). Asimismo es similar a lo encontrado por Juárez-Agis *et al.* (2006) quienes también encontraron diferencias de energía germinativa en sitios diferentes, lo que podría ser una adaptación a un ambiente más limitativo y además consistentes con el tamaño de las semillas (semillas más grandes, y de mayor velocidad de germinación). Las semillas que emergen más rápido generan inicialmente plántulas más vigorosas, por lo que pueden aprovechar al máximo la época de crecimiento (SORENSEN y CAMPBELL 1997; JUÁREZ-AGIS *et al.* 2006). Por otra parte la germinación de *P. dubium* está influenciada tanto por factores internos (inhibidores, madurez embrional) como externos (agua, luz, suelo), por lo tanto el tratamiento pregerminativo de escarificación con lijas, tiene como ventaja la sincronización en la emergencia de las plántulas (KLEIN 2011).

La variación geográfica clinal en el área de estudio de *P. dubium* abarcó un rango latitudinal sur de 9 grados, desde 23° a 32°, y longitudinal oeste de 11 grados, desde 54° a 65°. Esto implica variaciones en el fotoperíodo, temperaturas, precipitaciones, humedad atmosférica entre otros. Las temperaturas están influenciadas además por la altitud, y en este caso las altitudes se compensan con las latitudes, a mayor latitud, menor altitud (figura 1). Por otro lado, latitudes más altas tienden a producir variaciones más expresivas de microclimas, y por lo tanto del comportamiento de las plantas, resultados que medidos a través del coeficiente de variación se verificaron en este estudio (tabla 20) (CALEGARI 2009). Respecto a estos resultados, las fuertes interacciones en todos los gradientes, latitudinal, longitudinal y altitudinal, imposibilita el análisis por separado (MONDINO 2014), no obstante y excepto con la altitud, con las demás variables se registraron correlaciones significativas (figura 12). Análogamente en estudios de *Cordia africana*, la energía de germinación fue significativamente correlacionada con la longitud y la precipitación media anual (LOHA *et al.* 2006).

#### **4.4. Morfometría de plántulas**

Las diferencias a nivel de procedencias y nivel progenies se podrían explicar mejor por la asociación con variables geográficas y climáticas, es decir variación clinal. En este estudio, se verificó la asociación entre el tamaño de las semillas

de *P. dubium*, expresado en términos de largo y ancho con el tamaño de las plántulas con 4 meses de crecimiento. Estos datos concuerdan con otros estudios que demuestran una correlación entre el tamaño de la semilla con el tamaño de las plántulas, verificando que semillas de mayor tamaño producen plántulas más vigorosas, y con mayor sobrevivencia (FRAZAO *et al.* 1985; CARNEIRO 1985; HAIG y WESTOBY 1991; SURLES *et al.* 1993; PASTORINO y GALLO 2000; URSULINO ALVES *et al.* 2005). En otro orden y de acuerdo a Mondino (2014), debido a que las plántulas crecieron en un ambiente uniforme, estos resultados indicarían que las diferencias entre las procedencias y progenies estudiadas, presumiblemente se deben a diferencia genéticas entre ellas.

Respecto a la latitud, el mayor crecimiento de plántulas que provienen de fuentes de semillas, de latitudes mayores, podría explicarse interpretando que a medida que aumenta la latitud, la duración del día crece y por ende mayores tasas de fotosíntesis, y por lo tanto las semillas provenientes de esos sitios habrán aumentado más sus reservas. Del mismo modo las semillas procedentes de sitios de menores temperaturas medias, estarían asociadas a mayores latitudes, lo que podría explicar este tipo de correlaciones (figura 15). Del mismo modo en estudios de *Cordia africana*, los parámetros de la plántula y variables geoclimáticas de origen de las semillas estaban bastante correlacionadas. Se encontró una significativa correlación intercaracterística entre longitud de la semilla y peso de la semilla, entre el diámetro del cuello de la raíz a la edad de 4 meses y la longitud de la semilla y el peso, así como entre la altura de la plántula después de 4 y 8 meses de crecimiento. Concluyendo que los patrones de variación observados tendrán implicaciones para la conservación de los recursos para el mejoramiento de árboles (LOHA *et al.* 2006).

Según Mondino (2014), en su estudio las plántulas de lenga provenientes del piso altitudinal superior fueron en promedio y significativamente menos vigorosas que las plantas provenientes de los pisos altitudinales inferiores, en ambas poblaciones. En este estudio las plántulas de *P. dubium* con 2 y 4 meses de crecimiento no registraron ningún tipo de correlación con la altitud en función de la procedencia de las semillas. Esto se podría explicar según Mondino (2014) en función a la hipótesis de variación discontinua, en base a las interacciones de gradientes latitudinal, longitudinal y altitudinal, no es posible en este caso separar la fuente de variación ambiental y geográfica de la genética.

#### 4.5. Supervivencia (SV)

De acuerdo con Mondino (2014) las fuertes interacciones imposibilitan un análisis más detallado y por separado de las variables geoclimáticas asociadas a la supervivencia de plántulas de *P. dubium*, sin embargo es posible analizar algunas correlaciones. Se verificó que la supervivencia está asociada al tamaño de plántulas con 4 meses de crecimiento (tabla 32), es una asociación negativa, indicando que con plántulas más grandes sobrevivirán menos. Estos resultados difieren a los observados por García Pérez (2006), quien verificó que tanto el crecimiento de las plántulas en longitud, como el número de hojas producidas en plántulas de Matorral en el Noreste de México, fueron superiores en las altitudes que tuvieron mayor porcentaje de supervivencia de plantas. Asimismo la supervivencia se correlacionó negativamente con el poder germinativo, diámetro al cuello de plántulas con 4 meses de crecimiento (tabla 32). Estos resultados obtenidos no concuerdan con la mayoría de los trabajos que indican que semillas grandes y pesadas se asocian a mayores porcentajes de supervivencia, como así también el poder germinativo y la altura de plántulas en general se corresponden con mayores supervivencias. Algunos trabajos refieren que las semillas mayores producen plántulas más vigorosas, probablemente porque poseen mayor cantidad de material de reserva, mayor nivel de hormonas y mayor tamaño de embrión. La mayor cantidad de reserva aumenta y con esto la posibilidad de supervivencia de las plántulas por un tiempo mayor, en condiciones que pudieran ser desfavorables (CARNEIRO 1985; FRAZAO *et al.* 1985; HAIG y WESTOBY 1991; HENDRIX *et al.* 1991; SURLLES *et al.* 1993; JAKOBSSON y ERIKSSON 2000; CHACON y BUSTAMANTE 2001; MALAVASI y MALAVASI 2001; URSULINO ALVES *et al.* 2005; MOLES y WESTOBY 2006; QUERO *et al.* 2007; GONZÁLEZ RODRÍGUEZ *et al.* 2008).

De acuerdo con Villagra (2012) las plántulas de *P. dubium* se caracterizan por tener un alto requerimiento de luz y por otra parte crecen bastante rápido, y al no ralearse la bandeja, la competencia podría haber sido uno de los problemas, esto concuerda además con un trabajo sobre la evaluación de contenedores para la producción de *Eucalyptus globulus* Labill, en la que concluyeron que en algunos casos, como los obtenidos para *P. dubium*, la baja supervivencia observada, podría explicarse por el crecimiento acelerado que tienen estas plantas, produciéndose, en poco tiempo, una gran competencia y con ello se provoca la muerte de las plantas suprimidas (MOLINA *et al.* 1992).

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1. Morfometría de frutos

Las variables morfométricas, peso, ancho, largo, número de semillas por frutos, número de semillas por kg de frutos y número de frutos por kg, mostraron diferencias significativas a nivel de procedencias (tabla 8). De estas, el peso del fruto fue la que mayor variación mostró, 80 veces, mientras que la variable calculada número de semillas por kg frutos, varió 73 veces, en tanto que respecto a los coeficientes de variación son los más elevados luego de las variables sobrevivencia y poder germinativo (tabla 8). Del mismo modo a nivel de progenies se verificaron diferencias significativas para las variables estudiadas, peso, ancho, largo y número de semillas por frutos, número de semillas por kg de frutos y número de frutos por kg. Del análisis se observan grupos de progenies diferentes respecto a las variables morfométricas de frutos estudiadas. Pero por otro lado de manera individual dos progenies de Misiones se diferenciaron de las demás respecto a las variables ancho y largo de frutos (tabla 9).

Respecto a la variación clinal, se verificaron correlaciones significativas de la variable ancho de fruto con las variables geográficas y climáticas. De estas, fueron correlaciones débiles y positivas con la longitud y negativas con las precipitaciones, y correlaciones medias positivas con la altitud y negativas con la latitud, temperatura y humedad relativa (figura 4). A través del análisis de regresión lineal se comprobó que las variable morfométrica ancho de frutos de *P. dubium* presentan variación clinal (tabla 12). Asimismo se verificó que las procedencias que manifestaron mayores medias de ancho de frutos corresponden a latitudes bajas, longitudes altas y altitudes elevadas, temperaturas medias, precipitaciones y humedades relativas bajas (figura 4).

Por otra parte, en este estudio, se verificó que el ancho de los frutos de *P. dubium* varía más en los ambientes con características climáticas de temperaturas, precipitaciones y humedades relativas altas y geográficamente a menores altitudes y longitudes y mayores latitudes (tabla 11).

Las variables morfométricas de frutos mostraron asociaciones entre sí, siendo mayores entre el peso y largo de fruto y menores entre peso, ancho de frutos y número de semillas por frutos. En tanto que no se registró asociación con las variables poder germinativo, sobrevivencia, excepto que si se halló correlación del ancho de frutos con

el crecimiento de plántulas de 2 meses (tabla 32), sugiriendo que frutos más grandes darán plántulas más grandes. Se comprobó también que los frutos son más grandes, respecto al ancho de frutos, conforme mayor es la altura de los árboles (figura 9).

Respecto a las hipótesis planteadas se aceptan las hipótesis de existencia de variaciones entre procedencias y progenies, se rechaza la hipótesis de asociación del tamaño de los frutos con el poder germinativo, se aceptan la hipótesis de variación clinal, y la hipótesis de correlación positiva del tamaño de frutos con la altura de plántulas con 2 meses de crecimiento (tabla 32).

## 5.2. Morfometría de semillas

En este estudio, se observaron diferencias significativas a nivel de procedencias y progenies de *P. dubium* para todas las variables morfométricas de semillas, peso, número de semillas por kg, ancho y largo de semilla (tabla 13). De estas, la que más varió fue el largo de semillas, 12 veces, seguido de las variables peso, número de semillas por kg, 7 veces ambas y 3 veces el ancho de semillas, mientras que los coeficientes de variación registraron los menores valores de todas las variables estudiadas (tabla 13). Al nivel de progenies se observaron diferencias significativas. La progenie CF31 de Misiones registró la mayor media de peso y largo de semillas, en tanto que las progenies CF20 y CF21 de Formosa registraron las mayores medias de ancho y número de semillas por kg (tabla 14).

El peso y número de semillas por kg fueron las variables morfométricas que mayor asociación mostraron con las variables geoclimáticas. Las correlaciones positivas se dieron con latitud, temperatura media, precipitaciones y humedad relativa, en tanto la correlación negativa se dio con la longitud y altitud, por ende se verificó que las mayores medias de pesos de semillas correspondieron a las procedencias de latitudes altas, longitudes y altitudes bajas, temperaturas medias, precipitaciones y humedades relativas elevadas (figura 7). A través del análisis de regresión se comprobó que el peso de la semilla presenta variación clinal respecto a las variables geoclimáticas estudiadas (tabla 15). La mayor variación del peso de las semillas se observó en las semillas procedentes de latitudes y longitudes intermedias, altitudes bajas, temperaturas medias altas, precipitaciones y humedades relativas altas (tabla 16).

Del análisis de correlación global de las variables morfométricas estudiadas (tabla 32), se concluye que las semillas más pesadas se asocian a mayores porcentajes

de germinación. Además las semillas más grandes expresadas en ancho y largo de semillas se correlacionan positivamente con la altura de plántulas con 4 meses de crecimiento. Y por otro lado hay una asociación positiva del tamaño de la semilla con el peso de frutos a través de la variables peso y ancho de semillas. Finalmente se verificó que a mayor altura de los árboles, mayor es el tamaño de las semillas en términos de ancho y largo (figura 9).

Para finalizar se aceptan las hipótesis de existencia de variaciones entre procedencias y progenies, la hipótesis de que el poder germinativo está asociado positivamente al peso de las semillas, la hipótesis de variación clinal y la hipótesis de correlación positiva del tamaño de semillas con altura de plántulas con 4 meses de crecimiento (tabla 32).

### **5.3. Poder germinativo (PG)**

El poder germinativo se estabiliza a los 10 días de la siembra, a nivel de procedencias los mayores porcentajes de germinación se registraron con las semillas procedentes de Jujuy y Entre Ríos. La mayor variación en la germinación se registró con las semillas procedentes de Misiones y la menor con las semillas de Jujuy, y por otro lado la germinación presentó valores altos de coeficientes de variación después de sobrevivencia (tabla 18). A nivel de progenies se puede observar que hubo diferencias significativas entre las progenies de una misma procedencia y progenies de diferentes procedencias, excepto las procedencias de Jujuy que no se diferenciaron entre si, y la procedencia Salta que cuenta con una sola progenie (tabla 19).

Se comprobó que el poder germinativo presenta variación clinal respecto a las variables geoclimáticas estudiadas, excepto con la altitud (tabla 21). Los mayores porcentajes de germinación se verificaron con semillas procedentes de sitios en latitudes y longitudes altas, en tanto que mayor fue la germinación en sitios asociados con temperaturas medias, precipitaciones y humedades relativas bajas (figura 12). La mayor variación de la germinación se verificó con semillas procedentes de latitudes intermedias, longitudes bajas, altitudes intermedias bajas, temperaturas medias altas, precipitaciones y humedades relativas altas (tabla 20).

Del estudio de correlación se deduce que a mayores porcentajes de germinación, menor es la sobrevivencia de plántulas, y asimismo es mayor el crecimiento de plántulas

con 2 y 4 meses. A su vez hay una asociación que indica que semillas más pesadas registran mayores porcentajes de germinación (tabla 32).

Finalmente se aceptaron la hipótesis de existencia variación entre procedencias y progenies, la hipótesis de correlación positiva entre el tamaño de la semilla y poder germinativo, la hipótesis de correlación positiva entre el tamaño de las plántulas y el poder germinativo, y se comprobó la hipótesis de variación clinal respecto al poder germinativo (tabla 32).

#### **5.4. Morfometría de plántulas**

Con dos meses de crecimientos, las plántulas mostraron diferencias significativas a nivel de procedencia para las variables altura de plántulas y número de entrenudos, pero no se observaron diferencias significativas para la variable diámetro a la altura del cuello. Del mismo modo con cuatro meses de crecimiento se verificaron diferencias significativas a nivel de procedencia para la variable altura de plántulas pero no así para el diámetro a la altura del cuello (tabla 22 y 23). Por otro lado la mayor variación presentaron las variables altura de plántulas con 2 y 4 meses de crecimiento, registrando coeficientes de variación intermedios entre morfometría de frutos y semillas. Del mismo modo y a nivel de progenies, con 2 y 4 meses de crecimiento se encontraron diferencias significativas en las variables altura, diámetro al cuello de plántula y número de entrenudos.

La altura de plántulas con 2 meses de crecimiento registraron poca asociación con las variables geoclimáticas, en tanto que con 4 meses de crecimiento se verificaron mayores asociaciones con la altura. Se comprobó que la altura de plántulas con 4 meses de crecimiento presenta variación clinal para todas las variables geoclimáticas excepto la altitud y humedad relativa (tabla 27). Por consiguiente el estudio de correlación indicó asociaciones positivas con la latitud y longitud, y negativas con la temperatura y precipitaciones de los sitios de origen de *P. dubium*, por lo tanto, los mayores crecimientos corresponden a las procedencias de sitios de latitudes y longitudes altas, y procedencias de sitios de temperatura y precipitaciones bajas (figura 15). En otro orden, la mayor variación de altura de plántulas correspondieron a las procedencias de sitios de latitudes intermedias, longitudes y altitudes bajas, temperaturas medias, precipitaciones y humedades relativas altas (tabla 26).

Finalmente el estudio de correlación de las variables morfométricas analizadas registraron asociaciones positivas de la altura de plántulas con 4 meses de crecimiento respecto al tamaño de las semillas, en cuanto a ancho y largo, encontrando además correlación del tamaño de frutos expresados en ancho de frutos con la altura de plántulas con 2 meses de crecimiento (tabla 32), sugiriendo que cuanto mayores son los frutos y semillas, mayores serán los tamaños de las plántulas.

Para finalizar, se aceptan las hipótesis de existencia de variación entre procedencias y progenies de *P. dubium*, la hipótesis de correlación positiva entre el tamaño de plántulas con 2 meses de crecimiento y el tamaño de frutos, la hipótesis de correlación positiva entre el tamaño de plántulas con 4 meses de crecimiento y el tamaño de las semillas, la hipótesis de correlación positiva entre el poder germinativo y el tamaño de plántulas con 2 y 4 meses de crecimiento, la hipótesis de correlación negativa entre tamaño de plántulas y la sobrevivencia, y por último la hipótesis de existencia de variación clinal (tabla 32).

### **5.5. Sobrevivencia (SV)**

Del estudio de la sobrevivencia se comprobó que no hubo diferencias significativas a nivel de procedencias (tabla 28), en cambio si se detectaron diferencias significativas a nivel de progenies, registrando los mayores coeficientes de variación de este estudio (tabla 29). Con respecto a la variación clinal de la sobrevivencia se verificó que si existe, siendo significativa con las variables latitud y temperatura (tabla 31), de ahí que la sobrevivencia es mayor en plántulas procedentes de sitios ubicados en longitudes bajas y temperaturas medias altas (figura 18). Finalmente se comprobó que la sobrevivencia se asocia negativamente al tamaño de plántulas con 4 meses de crecimiento, sugiriendo que a medida que más crecen los plantines, disminuye la sobrevivencia en vivero (tabla 32). Finalmente se rechaza la hipótesis de variación entre procedencias y se acepta la hipótesis de variación entre progenies, se acepta la hipótesis de existencia de correlación entre tamaño de plántulas y sobrevivencia, y por último se acepta la hipótesis de existencia de variación clinal (tabla 32).

## 6. RECOMENDACIONES

El presente trabajo, es uno de los primeros estudios de procedencias y progenies de *P. dubium*, realizados en Argentina, generando información base para desarrollar directrices generales para la recolección de semillas que garantice diversidad genética para programas de restauración y/o enriquecimiento con *P. dubium*. No obstante, con el objeto de mejorar este estudio, sería recomendable ampliar no solo el número de progenies en aquellas procedencias donde el número haya sido inferior a cinco, sino además ampliar y cubrir mayores rangos de amplitud geográfica a nivel latitudinal, longitudinal y altitudinal, aun cuando Rogers y Montalvo (2014), consideran que en especies de polinización cruzada, el muestreo de al menos 30 árboles es suficiente, para la colecta de semillas que asegure un mínimo de diversidad genética para programas de restauración.

Sería conveniente continuar con estudios de corto y largo plazo en diferentes sitios, para evaluar la variación geográfica. Los estudios que cumplen con esta característica son los ensayos de transferencia recíproca, los cuales buscan evaluar dos factores: las procedencias y los sitios, y el objetivo central es poder poner a prueba la existencia de interacción sitio por procedencia, donde los ensayos de procedencia a campo se realizan en múltiples sitios, donde siempre una de las procedencias a ensayar es la local (MONDINO 2014).

Por otro lado, y siendo que con el proyecto PDTS 2017 Niella *et al.* (2017b) ya se han instalado dos ensayos a campo con estos materiales genéticos, sería importante continuar estudiando las correlaciones de las variables estudiadas a nivel de vivero con variables de crecimiento a campo, a lo largo de su desarrollo hasta llegar a la fase adulta, abordando también el análisis molecular.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMSON, W.G., y J.N. LAYNE (2002), «**Relation of ramet size to acorn production in five oak species of xeric upland habitats in southcentral Florida**», *Am. J. Bot.* 89: pp.124–131.
- ABUTABA, YAHIA I.M., AHMED M.A. ELDOMA, y SAYDA MAHJOUR MOHAMED (2015), «**Variations in Nursery Seedlings Growth Performance of Azadirachta Indica Provenances in Sudan**», *The Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences* 2 (2): 475-479.
- ACKERMAN, R. F., y J. R. GORMAN (1969), «**Effect of seed weight on the size of Lodgepole Pine and White Spruce container-planting stock**», *Pulp Paper Mag. Can.* 70: 167-169.
- AGUIAR, I.B., F.C.M. PIÑA-RODRIGUES, y M.B. FIGLIOLIA (1993), «**Sementes florestais tropicais.**», *Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes/Comitê Técnico de Sementes Florestais*: 312-320.
- ALBERTO, F. J., S. N. AITKEN, R. ALÍA, S. C. GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, H. HÄNNINEN, A. KREMER, FRANÇOIS LEFÈVRE, et al. (2013), «**Potential for evolutionary responses to climate change – evidence from tree populations**», *Blackwell Publishing Ltd, Global Change Biology* 19: 1645-1661. doi:10.1111/gcb.12181.
- ALBUQUERQUE CAMARA, C. de, J. C. de ARAÚJO NETO, V. MÁRQUEZ FERREIRA, E. URSULINO ALVES, y F. de BARROS PRADO MOURA (2008), «**Caracterização morfométrica de frutos e sementes e efeito da temperatura na germinação de Parkia pendula (WILLD.) BENTH. EX WALP**», *Ciência Florestal, Santa Maria* 18 (3): pp.281-290.
- ALVES, M. C. J., P. BARBOSA LIMA, L. FERREIRA LIMA, y C. S. ZICKEL (2013), «**Descrição morfológica para identificação das plântulas de nove espécies lenhosas de uma floresta de restinga \***», *Biota Neotrop* 13 (3): 374-384. <http://www.biotaneotropica.org.br>.
- AMARAL, D.M., y D.B. ARALDI (1979), «**Contribuição ao estudo das sementes de essências nativas do Rio Grande do Sul.**», *Trigo e Soja* 43: p.4-30.
- APODACA, M. J., J. V. CRISCI, y L. KATINAS (2015), «**Las provincias fitogeográficas de la República Argentina: definición y sus principales áreas protegidas**» 1: 79-101. v.rww.dunken. com.ar.

- ARAÚJO-NETO, J. C., I. B. AGUIAR, V. M. FERREIRA, y E. R. C. PAULA (2002), «**Caracterização morfológica de frutos e sementes e desenvolvimento pós-seminal de monjoleiro (*Acacia polyphylla* DC.)**», *Revista Brasileira de Sementes* 24 (1): 203-211.
- ARAÚJO NETO, J. C. de, C. de ALBUQUERQUE CAMARA, V. MARQUES FERREIRA, B. F. DA TRINDADE LESSA, y Y. de MELO OLIVEIRA (2014), «**Caracterização morfométrica, germinação e conservação de sementes de *Caesalpinia pulcherrima* (L.) SW. (Fabaceae: Caesalpinioidea)**», *Semina: Ciências Agrárias* 35 (4): 2287-2299. doi:10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2287.
- ARAVANOPOULOS, F. A. (PHIL) (2018), «**Do Silviculture and Forest Management Affect the Genetic Diversity and Structure of Long-Impacted Forest Tree Populations**», *Forest* 9 (355): 1-14. doi:10.3390/f9060355. www.mdpi.com/journal/forests.
- ÁRBOLES, DE MISIONES (1992), «***Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.**», *Yvyrareta* 3 (3): p.25-27.
- ATTRI, V., K. S. PANT, y P. TIWARI (2018), «**Effect of seed size and Pre-sowing treatment on Germination of Some important Trees- A Review**», *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences* 6 (February 2017): 104-113.
- BAKER, HERBERT G. (1972), «**Seed Weight in Relation to Environmental Conditions in California**», *Ecology* 53 (6): 997-1010. doi:doi:10.2307/1935413. https://doi.org/10.2307/1935413.
- BARTH, S. R., B. I. EIBL, y F. MONTAGNINI (2008), «**Adaptabilidad y crecimiento de especies nativas en áreas en recuperación del Noroeste de la Provincia de Misiones**», *XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM – EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones, Argentina.*: 1-16.
- BASKIN, C. C., y J. M. BASKIN (1998), «**Seeds: Ecology, Biogeography, and, Evolution of Dormancy and Germination**», *San Diego. Academic Press.* 1 (1): pp.1-666.
- BATTILANI, J. L., E. F. SANTIAGO, y A. L. TEXEIRA DE SOUZA (2006), «**Morfologia de frutos, sementes e desenvolvimento de plântulas e plantas jovens de *Maclura tinctoria* (L.) D. Don. ex Steud. (Moraceae)**», *Acta Botanica Brasilica* 20 (3): 581-589. doi:10.1590/S0102-33062006000300008.

- BELTRATI, C. M. (1984), «**Morfologia e anatomia das sementes de *Trichilia elegans* A. Juss (Meliaceae)**», *Naturalia, São Paulo* 9: 35-42.
- BENARD, R. B., y C. A. TOFT (2007), «**Effect of Seed Size on Seedling Performance in a Long-Lived Desert Perennial Shrub (*Ericameria nauseosa*: Asteraceae)**», *International Journal of Plant Sciences* 168 (7): 1027-1033. doi:10.1086/518942. <https://www.jstor.org/stable/10.1086/518942>.
- BERTOLINI, Í. C., A. B. DEBASTIANI, y E. J. BRUN (2015), «**CARACTERIZAÇÃO SILVICULTURAL DA CANAFÍSTULA (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert)**», *Scientia Agraria Paranaensis – SAP* 14 (2): 67-76. doi:10.18188/1983-1471/.
- BONFIL, C. (1998), «**The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae)**», *American Journal of Botany* 85: 79–87.
- BOTEZELLI, L., A. C. DAVIDE, y M. M. MALAVASI (2000), «**CARACTERÍSTICAS DOS FRUTOS E SEMENTES DE QUATRO PROCEDÊNCIAS DE *Dipteryx alata* VOGEL (BARU)**», *CERNE* 6 (1): 9-18.
- BREITEMBÜCHER, A. (1998), «**Variación individual y geográfica en frutos y semillas de Raulí (*Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim Et Mil.)**», *Tesis de grado Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue (Argentina)*: pp.1-55.
- BROWN, J. H., y A. KODRIC-BROWN (1977), «**Turnover rates in insular biogeography: Effect of immigration on extinction**», *Ecology* 58: pp.445-449.
- BROZ, D., F. NIELLA, y P. ROCHA (2010), «**Estudio de la variación geográfica en la morfología del fruto y germinación de *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl.(Guatambú Blanco) en la provincia de Misiones**», *14as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA.*: pp.1-11.
- BU, H., X. CHEN, X. XU, K. LIU, P. JIA, y G. DU (2007), «**Seed mass and germination in an alpine meadow on the eastern Tsinghai Tibet Plateau**», *Plant Ecology* 191: pp.127-149.
- CABRERA, A. L. (1976), «**Regiones Fitogeográficas Argentinas**». Ed. ACME, *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*. 2ª Edición: pp.1-85.
- CALEGARI, L. (2009), «**Estudos sobre banco de sementes do solo, resgate de plântulas e dinâmica da paisagem para fins de restauração florestal**,

- Carandaí, MG**», *Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de Doctor Scientiae.*: pp.170.
- CALLEGARO, R. M., C. ANDRZEJEWSKI, S. J. LONGHI, M. MACHADO ARAUJO, y G. C. SERRA (2013), «**Potencial de três plantações florestais homogêneas como facilitadoras da regeneração natural de espécies arbutivo-arbóreas**», *Scientia Forestalis* 41 (99): 331-341.
- CAMARA, C. de A. (2007), «**Caracterização, germinação e conservação de sementes de visgueiro (*Parkia pendula* (Wild.) Benth. ex Walpers) e de maravilha (*Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw.)**», *Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias - CECA, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.*: pp.1-107.
- CARNEIRO, J. G. A. (1985), «**Armazenamento de sementes florestais.**», *DSM/UFPr*: pp.40.
- CASTIGLIONI, J. A. (1975), «**Descripcion botanica, forestal y tecnologica de las principales espécies indigenas de la Argentina.**», En *COZZO, D. Arboles forestales, maderas y silvicultura de la Argentina.*, ed. Acme, p.38-60. Buenos Aires, Argentina. (Enciclopédia Argentina de Agricultura y Jardineria, 2).
- CHACON, P., y R.O. BUSTAMANTE (2001), «**Effect of seed size and pericarp on seedling recruitment and biomass in *Cryptocarya alba* (Lauraceae) under two contrasting moisture regimes.**», *Plant Ecology* 152 (2): 137-147.
- CHAZDON, R. L. (2008), «**Beyond Deforestation : Restoring Degraded Lands**», *Science* 320: 1458-1460. doi:10.1126/science.1155365.
- CLAIR, J. B. ST., y W. T. ADAMS (1991), «**Effects of Seed Weight and Rate of Emergence on Early Growth of Open-Pollinated Douglas-Fir Families**», *Forest Science* 37 (4): 987–997. <https://doi.org/10.1093/forestscience/37.4.987>.
- COTTERILL, P. P. (1990), «**Short note: on estimating heritability according to practical applications**», *Silvae Genetica* 36: pp.46-48.
- CRUZ, E.D., F.O. MARTINS, y J.E.U. CARVALHO (2001), «**Biometria de frutos e sementes e germinação de jatobá-curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke, Leguminosae-Caesalpinioideae)**», *Revista Brasileira de Botânica* 24 (2): 161-166.
- CUSTÓDIO, C.C., N.B. MACHADO NETO, H.M. ITO, y M.R. VIVAN (2002),

- «Efeito da submersão em água de sementes de feijão na germinação e no vigor.», *Revista Brasileira de Sementes* 24 (2): p.49-54.
- DANTAS DA SILVA, D., J. PEREIRA DOS SANTOS, M. G. CALDAS PINTO, y M. do. S. de CALDAS PINTO (2004), «**Morfometria de frutos e sementes de (*Aspidosperma pyriforme* Mart.)**», *Congresso internacional da diversidade do semiárido* 1 (1): pp.1-9. [www.conidis.com.br](http://www.conidis.com.br).
- DAS-GRAÇAS SOUZA, A., O. J. SMIDERLE, V. M. SPINELLI, R. O. DE SOUZA, y V. J. BIANCHI (2016), «**Correlation of biometrical characteristics of fruit and seed with twinning and vigor of *Prunus persica* rootstocks**», *Journal of Seed Science* 38 (4): pp.322-328.
- DE-ARAÚJO, E. C., A. V. R. MENDONÇA, D. G. BARROSO, K. R. LAMÔNICA, y R. F. DA SILVA (2004), «**Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Sesbania virgata* (cav.) pers**», *Revista Brasileira de Sementes* 26 (1): 105-110.
- DONOSO, C. (1979), «**Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.)**», *Bosque* 3 (1): 1-14. doi:10.4067/S0717-92002007000100005. <http://www.scielo.cl/>.
- DRAPER, N. R., y H. SMITH (1998), «**Applied Regression Analysis**», *John Wiley & Sons, New York, NY*. 3 (3): pp.79-114.
- DUCOUSSO, A., JP GUYON, y A KRÉMER (1996), «**Latitudinal and altitudinal variation of bud burst in western**», *ELSEVIER* 53: 775-782. doi:10.1051/forest.
- DURIGAN, G., M.B. FIGLIOLIA, M. KAWABATA, MA de O. GARRIDO, y J.B. BAITELLO (1997), «**Sementes e mudas de árvores tropicais**», *Páginas & Letras*: pp.65.
- EIBL, BEATRIZ IRENE (2013), «**La Investigación Científica - Entrevista a la Ing. Forestal MSc. Beatriz Irene EIBL**», *Biodiversidad - Semillas y Frutos de la Selva Misionera* 6: pp.13. [www.bosques.org.ar](http://www.bosques.org.ar).
- ESPÍNOLA ARECO, N. L., y H. N. RODRIGUEZ ESPÍNOLA (2010), «**Efecto de los incendios forestales sobre la emergencia de semillas de tres especies forestales nativas en condiciones in vitro**», *Investigación Agraria* 12 (1): 29-34.
- FALLOUR-RUBIO, D., F. GUIBAL, E. K. KLEIN, M. BARITEAU, y F. LEFE`VRE (2009), «**Rapid changes in plasticity across generations within an expanding cedar forest**», *European Soc Iety For Evolutionary Biology* 22: 553-563. doi:10.1111/j.1420-9101.2008.01662.x.

- FARRIS, M. A., y J. B. MITTON (1985), «**Effects of cone color dimorphism on reproductive output of white fir growing along elevational gradients.**», *American Journal of Botany* 72: pp.1719-1725.
- FLORES-JIMÉNEZ, Á., M. HUERTA-LARA, H. A. KELSO-BUCIO, H. AVENDAÑO-ARRAZATE, R. LOBATO-ORTIZ, A. ARAGÓN-GARCÍA, y J. F. LÓPEZ-OLGUÍN (2014), «**Variación morfométrica de fruto y semilla en cuatro especies del género Vanilla**», *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 1 (3): 205-218.
- FONTANA, M. L., V. R. PÉREZ, y C. V. LUNA (2015), «**Influencia de la procedencia geográfica sobre los parámetros morfométricos de semillas de Prosopis alba**», *Multequina* 24: 33-45.
- FRAZAO, D.A.C., S.D. COSTA, F.S. CORAL, J.A. AZEVEDO, y F.J.C FIGUEIREDO (1985), «**Influência do peso da semente no desenvolvimento e vigor de mudas de cacau (Theobroma cacao L.)**», *Revista de Agricultura* 60 (1): p.2-16.
- GALLO, L. (1985), «**Über genetisch und umweltbedingte Variation bei Aspen. I. Keimung und Gewicht der Samen**», *Silvae Genetica* 34 (4-5): 171-181.
- GALLOWAY, L. F. (2001a), «**Parental environmental effects on life history in the herbaceous plant Campanula americana.**», *Ecology* 82: pp.2781-2789.
- (2001b), «**The effect of maternal and paternal environments on seed characters in the herbaceous plant Campanula americana (Campanulaceae).**», *American Journal of Botany* 88: pp.832-840.
- GARCÍA PÉREZ, Mc J. F. (2006), «**Influencia de Altitud en la Germinación de Semillas y Establecimiento de Plántulas de Matorral en el Noreste de México**», *Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ciencias Forestales Subdirección de Postgrado. Linares. Nueva León. México.*: pp.1-148.
- GENES, P. Y. (2017), «**Parámetros Genéticos de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de Pinus elliottii Var. elliottii Engelm.**», *Tesis Presentada a la Universidad Nacional de Misiones como exigencia parcial de la Maestría en Ciencias de la Madera, Celulosa y Papel, Orientación en Tecnología de la Madera*: pp.1-112.
- GIAMMINOLA, E. M., y M. L. DE VIANA (2013), «**Caracterización morfológica de frutos y semillas de dos accesiones de Prosopis nigra (Griseb.) hieron. y Caesalpinia paraguayensis (D. Parodi) Burkart., conservadas en el Banco de**

- Germoplasma de Especies Nativas de la Universidad Nacional de Salta, Argent**», *Lhawet/Nuestro entorno* 2 (1): 23-29.
- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, V., R. VILLAR MONTERO, y R. M<sup>a</sup> NAVARRO CERRILLO (2008), «**Efecto del peso de la semilla y del progenitor en la biomasa y uso de las reservas de cuatro especies de Quercus**», *Sociedad Española de Ciencias Forestales* 28: pp.151-156.
- GORDEN, N. S., K. J. WINKLER, M. R. JAHNKE, E. MARSHALL, J. HORKY, C. HUDELSON, y J. R. ETTERSON (2016), «**Geographic patterns of seed mass are associated with climate factors , but relationships vary between species 1**», *Botanical Society of America* 103 (1): 60-72. doi:10.3732/ajb.1500295.
- GRIME, J. P., y D. W. JEFFREY (1965), «**Seedling establishment in vertical gradients of sunlight.**», *J. Ecol.* 53: 621-642.
- GROTH, D., y O.H.T. LIBERAL (1988), «**Catálogo de identificação de sementes.**», *Campinas: Fundação Cargil*: pp.182.
- GUNDEL, P.E., L.A. GARIBALDI, M.A. MARTÍNEZ-GHERSA, y C.M. GHERSA (2012), «**Trade-off between seed number and weight: Influence of a grass-endophyte symbiosis**», *Basic Appl. Ecol.* 13: pp.32–39.
- HAIG, D., y M. WESTOBY (1988), «**On limits to seed production**», *American Naturalist* 131: pp.757–759.
- HAIG, D, y M. WESTOBY (1991), «**Seed size, pollination costs and angiosperm success**», *Evolutionary Ecology* 5 (3): 231–247. doi:5. 231-247. 10.1007/BF02214230.
- HAIR, J.F., B. BLACK, B. BABIN, R.E. ANDERSON, y R.L. TATHAM (1992), *Multivariate data analysis*, MacMillan. Nueva York.
- HAMRICK, J. L., M. J. W. GODT, y S. L. SHERMAN-BROYLES (1992), «**Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species**», *New Forest* 6: 95-124. doi:10.1007/978-94-011-2815-5.
- HARPER, J. L., P. H. LOVELL, y K. G. MOORE (1970), «**The Shapes and Sizes of Seeds**», *Annual Review of Ecology and Systematics* 1: 327-356. <https://www.jstor.org/stable/2096777>.
- HENDRIX, S.D., E. NIELSEN, T. NIELSEN, y M. SCHUTT (1991), «**Are seedlings from small seeds always inferior to seedlings from large seeds? Effects of seed biomass on seedling growth in Pastinaca sativa L.**», *New Phytologist* 119: 299–305.

- HERNÁNDEZ VILLARREAL, A. E. (2013), «**Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos**», *Revista Bio Ciencias* 2 (3): 113-118. <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/04-03/biociencias4-3-4.pdf>.
- HESCHEL, M. S., y K. N. PAIGE (1995), «**Inbreeding depression, environmental stress, and population size variation in scarlet gilia (*Ipomopsis aggregata*)**», *Conservation Biology* 9: pp.126-133.
- HESLOP-HARRISON J. (1968), «**Genetic systems and ecological habit as factors in dactylorchid variation**», *Jahresberichte der Naturwissenschaftlichen Vereins in Wuppertal* 21 (22): 19-27.
- JAKOBSSON, A., y O. ERIKSSON (2000), «**A comparative study of seed number, seed size, seedling size and recruitment in grassland plants**», *Oikos* 88: 494-502.
- JUÁREZ-AGIS, A., J. LÓPEZ-UPTON, J. J. VARGAS-HERNÁNDEZ, y C. SÁENZ-ROMERO (2006), «**Variación geográfica en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de *Pseudotsuga menziesii* de México**», *Agrociencia - Colegio de Postgraduados - Texcoco - México* 40 (006): 783-792.
- KALISZ, S., y G. M. WARDLE (1994), «**Life history variation in *Campanula americana* (Campanulaceae): population differentiation**», *American Journal of Botany* 81: pp.521-527.
- KELLER, L. F., y D. M. WALLER (2002), «**Inbreeding effects in wild populations**», *Ecology & Evolution* 17 (5): 230-241. doi:10.1016/S0169-5347(02)02489-8.
- KLEIN, D. K. (2011), «**Ecologia do banco de sementes de um trecho de floresta estacional semidecidual e germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (fabaceae: caesalpinioidea) em diferentes condições de alagamento**», *Tese Doutorado. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" Instituto de Biociências de Botucatu.*: pp.110.
- KÖRNER, C. (2000), «**Why are there global gradients in species richness? Mountains might hold the answer**», *TREE* 15 (12): pp.513-514. doi:10.1016/j.tree.2007.09.006.
- KUNIYOSHI, Y. S. (1983), «**Morfología da Semente e da Germinação de 25 Espécies Arbóreas de uma Floresta com Araucaria**», *Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná*: 1-245.
- LALONDE, R. G., y B. D. ROITBERG (1989), «**Resource limitation and offspring size and number trade-offs in *Cirsium arvense* (Asteraceae)**», *American*

*Journal of Botany* 76 (8): pp.1107-1113.

- LAU, J. A., y L. F. GALLOWAY (2004), «**Effects of low-efficiency pollinators on plant fitness and floral trait evolution in *Campanula americana* (Campanulaceae)**», *Oecologia* 141: pp.577-583.
- LAZAROTTO, M., R. MEZZOMO, C. G. MACIEL, M. P. BOVOLINI, y M. F. B. MUNIZ (2013), «**Tratamento de sementes de canafístula via calor úmido Moist heat treatment on *Pelthophorum dubium* seeds**», *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 6 (3): 268-273. [www.ajaes.ufra.edu.br](http://www.ajaes.ufra.edu.br).
- LEISHMAN, M. R., I. J. WRIGHT, A. T. MOLES, y M. WESTOBY (2000), «**The Evolutionary Ecology of Seed Size**», *Oxon, UK* 2: pp.31-57. doi:0851994326.
- LEISHMAN, M.R. (2001), «**Does the seed size/ number trade-off model determine plant community structure? An assessment of the model mechanisms and their generality**», *Oikos* 93: pp.294–302.
- LIU, J., Y. BAI, E. G. LAMB, D. SIMPSON, G. LIU, Y. WEI, DELI WANG, DANIEL W. MCKENNEY, y PIA PAPADOPOUL (2013), «**Patterns of Cross-Continental Variation in Tree Seed Mass in the Canadian Boreal Forest**», *PLOS ONE* / [www.plosone.org](http://www.plosone.org) 8 (4): 1-9. doi:10.1371/journal.pone.0061060.
- LLOYD, D. G. (1987), «**Selection of Offspring Size at Independence and Other Size-Versus-Number Strategies**», *The American Naturalist* 129 (6): 800-817.
- LOHA, A., M. TIGABU, D. TEKETAY, K. LUNDKVIST, y A. FRIES (2006), «**Provenance variation in seed morphometric traits , germination , and seedling growth of *Cordia africana***», *New Forest* 32: 71-86. doi:10.1007/s11056-005-3872-2.
- LONGHI, A. (1995), «**Livro das árvores: árvores e arvoretas do sul.**», *Porto Alegre: L&PM*: pp.1-174.
- LOOMIS, R.S., y D.J. CONNOR (1992), «**Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems**», *Cambridge University Press*: 32-59. doi:<http://dx.doi.org/10.1017/cbo9781139170161>.
- LOPEZ-ESPAÑA, R. G., S. HERNANDEZ-VERDUGO, S. PARRA-TERRAZA, F. PORRAS, A. PACHECO-OLVERA, A. VALDEZ-ORTIZ, T. OSUNA-ENCISO, y M. D. MUY-RANGEL (2016), «**Diferenciación geográfica de poblaciones de chile silvestre (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*) del noroeste de México**», *FYTON ISSN 0031 9457* 01 (667): 131-141.

- MACEDO, M. C., S. P. Q. SCALON, A. P. SARI, Y. B. C. J. ROSA, y A. D. ROBAINA (2009), «**Biometria de frutos e sementes e germinação de *Magonia pubescens* ST. Hil (Sapindaceae).**», *Revista Brasileira de Sementes* 31 (2): 202-211.
- MALAVASI, U. C., y M. M. MALAVASI (2001), «**Influência do tamanho e do peso da semente na germinação e no estabelecimento de espécies de diferentes estágios da sucessão vegetal**», *Floresta e Ambiente* 8 (1): 211-215. <http://www.floram.org>.
- MARINO, G. D., M. V. MAS, y M. J. ORLANDONI (2008), «**Morfología y reconocimiento de las principales especies leñosas nativas de la provincia de Santa Fe , Argentina , en el estado de plántula Introducción**», *Bol. Soc. Argent. Bot* 43 (1-2) (2252): 67-81.
- MARTÍNEZ, V. de R., y C. CAMACHO (2002), «**Coefficiente De Correlación Lineal De Pearson**», *Universidad de Sevilla* 1 (1): 1-20.
- MENG, L. H., Y. WANG, J. LUO, Y. P. YANG, y Y. W. DUAN (2014), «**The trade-off and altitudinal variations in seed weight-number in *Sinopodophyllum hexandrum* (Royle) ying (Berberidaceae) populations from the Hengduan mountains**», *Polish Journal of Ecology* 62 (3): pp.413-419. doi:10.3161/104.062.0303.
- MESÉN, F., y W. VÁSQUEZ (2009), «**Variación genética de procedencias y familias de *Vochysia guatemalensis* a los 18 años de edad en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica**», *Agronomía Costarricense* 33 (2): 157-170. [www.mag.go.cr/revagr/inicio.htm](http://www.mag.go.cr/revagr/inicio.htm) [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr).
- MICHAELS, H. J., B. BENNER, A. P. HARTGERINK, T. D. LEE, S. RICE, M. F. WILLSON, y R. I. BERTIN (1988), «**Seed size variation: magnitude, distribution, ecological correlates**», *Evolutionary Ecology* 2: 157-166. doi:0269-7653t88.
- MILLS, L. S., M. E. SOULE, y D. F. DOAK (1993), «**The Keystone-Specie Concept in Ecology and Conservation**», *BioScience Vol.* 43 (4): 219-224.
- MOLES, A. T., y M. WESTOBY (2004), «**Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature**», *Journal of Ecology* 92 (32): 372-383.
- (2006), «**Seed size and plant strategy across the whole Seed size and plant strategy across the whole life cycle**», *Oikos* 103 (1): 91-105. doi:10.1111/j.0030-1299.2006.14194.x.

- MOLINA, M. P. B., D. R. BARROS, y R. C. IPINZA (1992), «**Análisis de distintos contenedores para la producción de plantas de Eucalyptus globulus Labill**», *Ciencia e Investigación Forestal* Volumen 8 (Número 2): 169-193.
- MONDINO, V. A. (2014), «**Variación geográfica y genética en caracteres adaptativos iniciales de Nothofagus pumilio (Poepp. et Endl.) Krasser en una zona de alta heterogeneidad ambiental**», *Tesis de Doctorado - Universidad Nacional de Buenos Aires - Escuela Para Graduados*: pp.1-185.
- MOREIRA, F.M.S., y F.W. MOREIRA (1996), «**Características da germinação de sementes de espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia em condições de viveiro**», *Acta Amazonica, Manaus* v.26 (n.1/2): pp.3-16.
- MUNTHALI, C. R. Y., P. W. CHIRWA, y F. K. AKINNIFESI (2012), «**Phenotypic variation in fruit and seed morphology of Adansonia digitata L. (baobab) in five selected wild populations in Malawi**», *Agroforestry Systems* 85 (2): 279-290. doi:10.1007/s10457-012-9500-1.
- NAKAGAWA, J., E. SEIZO MORI, C. DA SILVA PINTO, K. H. PEREIRA FERNANDES, M. SHOJI SEKI, y R. A. MENEGHETTI (2010), «**Maduración e secagem de sementes de Peltophorum dubium (Spreng.) Taubert (Canafístula)**», *R. Árvore, Viçosa-MG* 34 (1): 49-56.
- NASSIF, S.M.L., I.G. VIEIRA, y G.D. FERNANDES (1998), «**Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação de sementes**», *Piracicaba: IPEF/LCF/ESALQ/USP, Informativo Sementes IPEF, abr., 1998*. doi:Disponível em: <<http://ipef.br/sementes/>>. Acesso em: 09 fev. 2006.
- NEALE, D. B. (2007), «**Genomics to tree breeding and forest health**», *ELSEVIER* 17 (471): 1-6. doi:10.1016/j.gde.2007.10.002.
- NEALE, D. B., y A. KREMER (2011), «**Forest tree genomics: growing resources and applications**», *Nature Publishing Group* 12 (2): 111-122. doi:10.1038/nrg2931. <http://dx.doi.org/10.1038/nrg2931>.
- NICOLOSO, F.T., L. SARTORI, G. de O. JUCOSKI, R.P. FORTUNATO, y E.L. MISSIO (2000), «**Variações da fonte de nitrogênio mineral (NO e NH ) no crescimento da canafístula (Peltophorum dunium (Sprengel) Taubert)**», *Brasília. Resumos. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil* 51: pp.37.
- NIELLA, F., B. EIBL, C. RAMIREZ, R. E. RAMIREZ, J. BARQUINERO, A. G. PETRUSZYNSKI, C. DUMMEL, et al. (2017), «**Red de árboles y áreas semilleras para la conservación, domesticación y rescate de recursos**

- fitogenéticos nativos a las selva paranaense», *PROYECTOS SILVA – 17.SCTyP I* 105.**
- NIELLA, F., P. ROCHA, y B. EIBL (2014), «**Propagación clonal de *Peltophorum dubium* (caña fístola), *Myrocarpus frondosus* (incienso), and *Cordia trichotoma* (peteribí) para su conservación y domesticación**», *Revista Forestal Yvyrareta* 21: 43-50.
- NIELLA, F, P ROCHA, F MONTAGNINI, P THALMAYR, J GONZALEZ, y R BUCHWEISS (2017), «**Metodologías para la conservación y domesticación de especies nativas interés foresto-industrial de la provincia de Misiones: técnicas de propagación, establecimiento de ensayos a campo y jardines mini-clonales de procedencias y progenies. Proyecto PDTS p**». MINISTERIO DE EDUCACION, Universidad Nacional de Misiones, Secretaría General de Ciencia y Tecnología.
- NORDEN, N., M. I. DAWS, C. ANTOINE, M. A. GONZALEZ, N. C. GARWOOD, y J. CHAVE (2009), «**The relationship between seed mass and mean time to germination for 1037 tree species across five tropical forests**», *Functional Ecology* 23 (1): 203-210. doi:10.1111/j.1365-2435.2008.01477.x.
- OLIVA CONTERO, J. (2010), «**Estadística. Tema 6. Medidas de Forma: Asimetría y Curtosis. Momentos**», <https://estadisticaucv.files.wordpress.com/2010/12/asimetria-y-curtosis.pdf>: pp.1-5.
- OLIVEIRA-BENTO, S. R. S. de, S. B. TORRES, F. B. de OLIVEIRA, E. P. de PAIVA, y D. A. V. BENTO (2013), «**Biometria de frutos e sementes e germinação de *Calotropis procera* Aiton (Apocynaceae)**», *Biosci. J., Uberlândia* 29 (5): 1194-1205.
- OLIVEIRA, E. C., y T. S. PEREIRA (1984), «**Morfologia dos frutos alados em Leguminosae-Caesalpinioideae-Martiodendron Gleason, *Peltophorum* (Vogel) Walpers, *Sclerolobium* Vogel, *Tachigalia aublet* e *Schizolobium* Vogel.**», *Rodriguésia, Rio de Janeiro* 36 (60): 35-42.
- OLIVEIRA, F. N. de (2014), «**Morfologia, germinação e viabilidade de sementes de pereiro-vermelho (*Simira gardneriana* M.R. Barbosa & Peixoto)**», *Tese apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do grau de Doutora em Agronomia: Fitotecnia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido.*: pp.1-142.

- PASTORINO, M. J., y L. A. GALLO (2000), «**Variación geográfica en peso de semilla en poblaciones naturales argentinas de " Ciprés de la Cordillera "**», *Bosque (Valdivia)* 21 (2): 95-109.
- PATIL, J. B. (2012), «**Provenance variation studies on fruit, seed and seedling traits of *Zanthoxylum rhetsa* - a tree under high exploitation in central western ghats**», *Thesis. University of Agricultural Sciences, Dharwad. Masters of Sciences (Forestry) in Forest Genetic Resource.*: pp.1-69.
- PEREZ, S. C. J. C. A. (2004), «**Envoltórios. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). Germinação: do básico ao aplicado.**», *Porto Alegre: ARTMED*: 125-134.
- DI PIERRO, E. A., E. MOSCA, S. C. GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, G. BINELLI, D. B. NEALE, y N. LA PORTA (2017), «**Adaptive variation in natural Alpine populations of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) at regional scale: Landscape features and altitudinal gradient effects** *Forest Ecology and Management Adaptive variation in natural Alpine populations of Norway*», *Forest Ecology and Management* 405: 350-359. doi:10.1016/j.foreco.2017.09.045. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.045>.
- PIGLIUCCI, M. (2003), «**Phenotypic integration: studying the ecology and evolution of complex phenotypes**», *Ecol. Lett.* 6: pp.265–272.
- PLUESS, A.R., W. SCHÜTZ, y J. STÖCKLIN (2005), «**Seed weight increase with altitude in the Swiss Alps between related species but not among populations of individual species**», *Oecologia* 144: pp.55–61.
- PORTELA, R. C. Q., I. LOBATO SILVA, y F. C. M. PINÃ-RODRIGUES (2001), «**Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. em diferentes condições de sombreamento**», *Ciência Florestal* 11 (2): pp.163-170.
- QUERO, J. I., R. VILLAR, T. MARAÑÓN, R. ZAMORA, y L. POORTER (2007), «**Seed-mass effects in four mediterranean *Quercus* species (Fagaceae) growing in contrasting light environments.**», *American Journal of Botany* 94 (11): 1795–1803.
- RAMALHO CARVALHO, P. E. (2002), «**Canafístula**», *Circular Técnica* 64 *EMBRAPA Florestas* 1 (1): pp.15. [www.embrapa.br/ouvidoria](http://www.embrapa.br/ouvidoria).
- RATNAM, W., O. P. RAJORA, R. FINKELDEY, F. ARAVANOPOULOS, J. M. BOUVET, R. E. VAILLANCOURT, M. KANASHIRO, B. FADY, M. TOMITA,

- y C. VINSON (2014), «**Genetic effects of forest management practices: Global synthesis and perspectives**», *ELSEVIER* 333: pp.52-65. doi:10.1016/j.foreco.2014.06.008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.008>.
- RIBEIRO, R. R., C. C. MESSALIRA, A. L. ALEGRETTI, E. J. BRUN, y A. WAGNER Jr. (2009), «**Quebra de dormência de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium*) através de métodos alternativos**», *UEP Silvicultura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos* (1998): pp.2-5.
- DI RIENZO, J. A., F. CASANOVES, L. A. GONZALEZ, E. M. TABLADA, M. DEL P. DÍAZ, C. W. ROBLEDO, y M. G. BALZARINI (2008), «**Estadísticas para las Ciencias Agropecuarias**», *Editorial Brujas* 7 (1): pp.1-329.
- DI RIENZO, J.A., F. CASANOVES, M.G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA, y C.W. ROBLEDO (2017), «**InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.**». Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- RIVERA, SM, y MS. LENTON (1999), «**La xilología y las propiedades mecánicas de cinco maderas nativas Argentinas.**», *Revista de Ciencias Forestales-Quebracho* 7: Pp 72-78.
- ROGERS, D. L., y A. MONTALVO (2014), «**Genetically Appropriate Choices for Plant Materials to Maintain Biological Diversity**». Ed. Rocky University of California. Report to the USDA Forest Service y CO. Mountain Region, Lakewood, *University of California, Rocky Mountain Region, Lakewood*: pp.1-343. [http://prdp2fs.ess.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/fsbdev3\\_039080.pdf](http://prdp2fs.ess.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/fsbdev3_039080.pdf).
- RUBIO-LICONA, L. E., S. ROMERO-RANGEL, E. C. ROJAS-ZENTENO, Á. DURÁN-DÍAZ, y J. C. GUTIÉRREZ-GUZMÁN (2011), «**Variación del tamaño de frutos y semillas en siete especies de encino (*Quercus*, Fagaceae)**», *POLIBOTÁNICA* 32: pp.135-151.
- SALISBURY, E. J. (1942), «**The Reproductive Capacity Of Plants Studies In Quantitative Biology**». Ed. London G. Bell & Sons, *G. Bell and Sons*: pp.1-244. doi:Digital Library of India Item 2015.351300.
- SALVADOR FIGUERAS, M. (2001), «**Análisis de conglomerados o cluster**», [en línea] *5campus.org, Estadística* <<http://www.5campus.org/leccion/cluster>> [13/03/2019].

- SANTANA RODRÍGUEZ, M. O., J. D. VALENCIA REAL, y C. A. DÍAZ DÍEZ (1999), «**Evaluación de tres sistemas silvopastoriles de guayaba dulce (*Psidium guajabá*), cañafistola (*Peltophorum dubium*) y guayaba-cañafistola, con *Brachiaria humidicola* en el bajo cauca antioqueño**». Ed. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA-SEDE MEDELLÍN y PRONATTA, *Memorias Informe Final Pronatta*: pp.1-86.
- SANTOS NETO, A. L., S. MEDEIROS FILHO, A. F. BLANK, V. R. DOS SANTOS, y E. de ARAÚJO (2009), «**Influência do peso da semente e promotores químicos na qualidade fisiológica de sementes de sambacaitá**», *Revista Caatinga* 22 (1): 187-192. caatinga@ufersa.edu.br.
- SAVOLAINEN, O., y T. PYHÄJÄRVI (2007), «**Genomic diversity in forest trees**», *Current opinion in plant biology* 10: pp.1-6. doi:10. 162-7. 10.1016/j.pbi.2007.01.011.
- SAVOLAINEN, O., T. PYHÄJÄRVI, y T. KNÜRR (2007), «**Gene Flow and Local Adaptation in Trees**», *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 38: pp.595–619. doi:https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095646.
- SCHIMDT, L. (2000), «**Guide to handling of tropical and subtropical forest seed.**», *Danida Forest Seed Centre*: pp.511.
- SCHREINER, E. J. (2015), «**Mejoramiento genético de especies forestales**», *FAO* (90): pp.1-15.
- SENASA (2014), «**Bosques argentinos, actividad forestal y economías regionales**», *Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa)* <http://www.senasa.gob.ar/senasa-comunica/infografias/bosques-argentinos-actividad-forestal-y-economias-regionales>: pp.1-4.
- SHANKAR, U., y I. L. SYNREM (2012), «**Variation in morphometric traits of fruits and seeds of *Prunus nepaulensis* Steud. In Meghalaya, India**», *Tropical Ecology* 53 (3): 273-286.
- SHOULDERS, E. (1961), «**Effect of seed size on germination, growth, and survival of Slash Pine**», *Journal Forest* 59: 363-365.
- SILVERTOWN, J. (1989), «**The paradox of seed size and adaptation**», *Trends in Ecology and Evolution* 4 (1): 24-26.
- SIQUEIRA, A.C.M.F., A.M. SEBBENN, L.M.A. GURGEL GARRIDO, M.S. CASTOLLEN, y A.C.S. ZANATTO (1999), «**Comportamento silvicultural e genético de duas espécies arbóreas tropicais secundárias.**», *Revista do Instituto*

- Florestal* 11 (1): pp.53-64. [http://www.iflorestal.sp.gov.br/RIF/RevistaIF/RIF11-1/RIF11-1\\_53-64.pdf](http://www.iflorestal.sp.gov.br/RIF/RevistaIF/RIF11-1/RIF11-1_53-64.pdf).
- SMITH, C. C., y S. D. FRETWELL (1974), «**The Optimal Balance between Size and Number of Offspring**», *The American Naturalist* 108 (962): 499-506.
- SORENSEN, F. C. (1981), «**Geographic Variation in Seedling Douglas-Fir (Pseudotsuga Menziesii) from the Western Siskiyou Mountains of Oregon**», *Ecological Society of America Stable* 64 (4): pp.696-702. <http://www.jstor.org/stable/1937191>.
- SORENSEN, F. C., y R. K. CAMPBELL (1997), «**Near neighbor pollination and plant vigor in coastal Douglas-fir**», *FOREST GENETICS* 4 (3): pp.149-157.
- DE SOUSA SILVA, M., E. E. DE LIMA E BORGES, H. GARCIA LEITE, y V. BORGES CORTE (2013), «**Biometria de frutos e sementes de Melanoxylon brauna Schott. (Fabaceae Caesalpinioideae)**», *CERNE* 19 (3): 517-524. doi:ISSN: 0104-7760.
- STURGEON, K. B., y J. B. MITTON (1980), «**Cone color polymorphism associated with elevation in white fir, Abies concolor, in southern Colorado**», *American Journal of Botany* 67: pp.1040-1045.
- SUN, C., J. WANG, J. DUAN, G. ZHAO, X. WENG, y L. JIA (2017), «**Association of Fruit and Seed Traits of Sapindus mukorossi Germplasm with Environmental Factors in Southern China**», *Forest* 8 (491): pp.1-15. doi:10.3390/f8120491. [www.mdpi.com/journal/forests](http://www.mdpi.com/journal/forests).
- SURLES, S. E., T. L. WHITE, G. R. HODGE, y M. L. DURYEYEA (1993), «**Relationships among seed weight components, seedling growth traits, and predicted field breeding values in slash pine**», *Canadian Journal of Forest Research* 23 (8): pp.1550-1556. <https://doi.org/10.1139/x93-195>.
- TEIXEIRA DE MELO DA SILVA, L. (2007), «**Morfometria, qualidade do tronco e da copa de Peltophorum dubium (Spreng.) Taub. em povoamento experimental no estado do Rio Grande do Sul**», *Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Mestre em Engenharia Florestal.*: pp.1-75.
- THE R FOUNDATION FOR STATISTICAL, COMPUTING (2017), «**“R” versión 3.4.2 (2017-09-28) -- “Short Summer” Copyright (C) 2017**». <https://www.r-project.org/>.
- THOMAS, E., R. JALONEN, J. LOO, D. BOSHIER, L. GALLO, S. CAVERS, S.

- BORDÁCS, P. SMITH, y M. BOZZANO (2014), «**Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species**», *Forest Ecology and Management* 333: pp.66-75. doi:10.1016/j.foreco.2014.07.015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.07.015>.
- THOMPSON, K., y D. J. HODKINSON (1998), «**Seed mass , habitat and life history: a re-analysis of Salisbury (1942 , 1974)**», *New Phytologist*: pp.163-167.
- TORRES, S.B. (1994), «**Influência do tamanho das sementes de Acacia gomifera no desenvolvimento das mudas.**», *Agropecuária Catarinense* 7 (2): 5.
- TRIPATHI, R. S., y M. L. KHAN (1990), «**Effects of Seed Weight and Microsite Characteristics on Germination and Seedling Fitness in Two Species of Quercus in a Subtropical Wet Hill Forest**», *Oikos* 57 (3): 289-296. doi:DOI: 10.2307/3565956. <https://www.jstor.org/stable/3565956>.
- UMSEF, Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal - Dirección de Bosques (2016), «**Regiones forestales 2014**», *Regiones Forestales*: pp.1-62. <http://ambiente.gob.ar/bosques/unidad-de-manejo-del-sistema-de-evaluacion-forestal/>.
- URSULINO ALVES, E., R. DE LUCENA ALCÂNTARA BRUNO, A. PEREIRA DE OLIVEIRA, A. URSULINO ALVES, A. URSULINO ALVES, y R. C. DE PAULA (2005), «**Influência do tamanho e da procedência de sementes Mimosa caesalpinifolia Benth. Sobre a germinação e vigor**», *Revista Árvore* 29: pp.877-885. doi:10.1590/S0100-67622005000600006.
- VARGAS, E. M., E. CASTRO, G. MACAYA, y O. J. ROCHA (2003), «**Variación del tamaño de frutos y semillas en 38 poblaciones silvestres de Phaseolus lunatus (Fabaceae) del Valle Central de Costa Rica**», *Revista de Biología Tropical* 51 (3): pp.707-724.
- VAUGHTON, G. (1993), «**Nonrandom Patterns of Fruit Set in Banksia spinulosa (Proteaceae): Interovary Competition Within and Among Inflorescences**», *International Journal of Plant Sciences* 154 (2): 306-313.
- VAUGHTON, G., y M. RAMSEY (1998), «**Sources and consequences of seed mass variation in Banksia marginata (Proteaceae)**», *Journal of Ecology* 86 (4): pp.563-573. doi:10.1046/j.1365-2745.1998.00279.x.
- VELLEND, M. (2008), «**Effects of diversity on diversity: consequences of competition and facilitation**», *Oikos* 1 (OE): pp.1-11. doi:10.1111/j.2008.0030-1299.16698.x.

- VELLEND, M., y M. A. GEBER (2005), «**Reviews and connections between species diversity and genetic diversity**», *Ecology Letters* 8: pp.767-781. doi:10.1111/j.1461-0248.2005.00775.x.
- VENABLE, D. L., y M. REES (2009), «**The scaling of seed size**», *Journal of Ecology* 97 (1): pp.27-31. doi:10.1111/j.1365-2745.2008.01461.x.
- VIANA, M. L. de, M. N. MORANDINI, M. M. URTASUN, y E. M. GIAMMINOLA (2014), «**Caracterización de frutos y semillas de cuatro especies arbóreas nativas del Noroeste Argentino para su conservación ex situ**», *Lhabet* 3: 41-48.
- VIEIRA, I.G., y G.D. FERNADES (1997), «**Métodos de Quebra de Dormência de Sementes.**», *Piracicaba: IPEF- LCF/ESALQ/USP, Informativo Sementes IPEF, nov-1997. Disponível em:< http://www.ipef.br/sementes/.*
- VILLAGRA, M. (2012), «**Plasticidad morfológica y fisiológica de especies arbóreas del Bosque Atlántico en respuesta a cambios en la disponibilidad de luz y nutrientes**», *Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2012-03-28.:* pp.1-139.
- VITASSE, Y., S. DELZON, C. C. BRESSON, R. MICHALET, y A. KREMER (2009), «**Altitudinal differentiation in growth and phenology among populations of temperate-zone tree species growing in a common garden**», *Canadian Journal of Forest Research* 39: pp.1259-1269. doi:10.1139/X09-054.
- VIVEROS-VIVEROS, H., A. R. CAMARILLO-LUNA, C. SÁENZ-ROMERO, y A. APARICIO-RENTERÍA (2013), «**Variación altitudinal en caracteres morfológicos de Pinus patula en el estado de Oaxaca ( México ) y su uso en la zonificación**», *Bosque* 34 (2): pp.173-179. doi:10.4067/S0717-92002013000200006.
- VIVEROS COLORADO, C. (2001), «**Variación de frutos y semillas de una población ruderal de Guazuma ulmifolia Lambert (Sterculiaceae).**», *CoSNET* 14 (18): pp.1-8.
- WANG, Y., G.Z. DU, S.Q. GUO, y Z.G. ZHAO (2009), «**Trade-off between size and number of capitulum and seed in Saussurea japonica: Effects of resource availability**», *Chinese J. Plant Ecol.* 33: 681–688 (in Chinese, English summary).
- WANG, Y., J. WANG, L. LAI, L. JIANG, P. ZHUANG, L. ZHANG, Y. ZHENG, J. M. BASKIN, y C. C. BASKIN (2014), «**Geographic variation in seed traits within and among forty-two species of Rhododendron (Ericaceae) on the Tibetan plateau: relationships with altitude, habitat, plant height, and phylogeny**»,

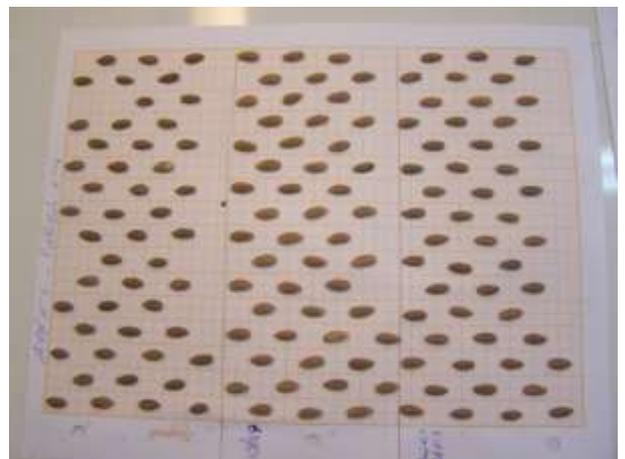
- Ecology and Evolution* 4 (10): 1913-1923. doi:10.1002/ece3.1067.
- WHITE, T. L., W. T. ADAMS, y D. B. NEALE (2007), «**Forest Genetics**», *www.cabl.org*: pp.698-702.
- WHITHAM, T. G., J. K. BAILEY, J. A. SCHWEITZER, S. M. SHUSTER, R. K. BANGERT, C. J. LEROY, E. V. LONSDORF, et al. (2006), «**A framework for community and ecosystem genetics: from genes to ecosystems**», *Nature Reviews / Genetics* 7: pp.510-523. doi:10.1038/nrg1877.
- WRIGHT, J. W. (1976), «**Introduction to forest genetics** **New York, San Francisco, London**», *Ed. Academic Press*: pp.463.
- WRIGHT, R. G., y G. M. VAN DYNE (1976), «**Environmental Factors Influencing Semidesert Grassland Perennial Grass Demography**», *The Southwestern Naturalist* 21 (3): pp.259-273. doi:10.2307/3669712. <https://www.jstor.org/stable/3669712>.
- ZITÁCUARO CONTRERAS, F. H., y A. APARICIO RENTERÍA (2004), «**Variación de altura y diámetro de plántulas de Pinus oaxacana mirov de tres poblaciones de México**», *Foresta Veracruzana* 6 (1): pp.21-26. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/497/49703202.pdf>.
- ZOBEL, B. J., y B. J. TALBERT (1984), «**Applied Forest Tree Improvement.**», *John Wiley & Sons, New York, NY.*: pp.448.
- ZOBEL, B., y J. TALBERT (1988), «**Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales.**». Ed. LIMUSA: pp.545.
- ZULLE, F., M. BRASSIOLO, C. GÓMEZ, y S. KEES (2015), «**Enriquecimiento forestal en fajas en un bosque explotado del Chaco húmedo**», *Bosque* 36 (2): pp.171-177. doi:10.4067/S0717-92002015000200003.

## ANEXO



**Figura 21.** Fotos de cosecha de frutos de *P. dubium*

**Fuente:** Ing. Ftal. Claudio Dummel



**Figura 22.** Fotos medición de semillas de *P. dubium*

**Fuente:** M. Sc. Ing. Ftal. Fernando Niella



Siembra CF 2016



Germinación Julio 2016



**Figura 23.** Fotos de siembra y germinación *P. dubium*

**Fuente:** M. Sc. Ing. Ftal. Fernando Niella



Plantines Septiembre 2016



Plantines Noviembre 2016

**Figura 24.** Fotos de plantines *P. dubium*

**Fuente:** M. Sc. Ing. Ftal. Fernando Niella

NOMBRE CIENTÍFICO: *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. NOMBRE

COMÚN: Cañafístola, Yvyra pytá

FAMILIA: FABACEAE



Foto: ejemplar semillero



Foto: fuste del ejemplar

Código: 40-PELDUB-023-14

Hábito: Árbol

DAP: 82 centímetros

Altura fuste: 1,3 metros

Altura total: 10 metros

Diámetro de copa: 10 metros

Floración y Fructificación:

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Flor</b>												
<b>Frutos</b>												

Fechas tentativas de las fases fenológicas de floración y maduración de frutos

Coordenadas Geográficas:

- Latitud: 24° 21' 30.8'' S
- Longitud: 65° 15' 00.2'' W

Provincia: Jujuy

Departamento: El Carmen

Municipio:

Propietario:

Otros:

Fuente: Ing. Ftal. Claudio Dummel

Otros: el individuo arbóreo se presenta en buen estado, en un ambiente de borde de ruta.

Distribución en Argentina: Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Misiones, Santa Fe.

Distribución en Suramérica: Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay.

RED DE ÁRBOLES Y ÁREAS SEMILLERAS PARA LA CONSERVACIÓN,  
DOMESTICACIÓN y RESCATE DE RECURSOS FITOGENÉTICOS  
NATIVOS A LA SELVA PARANAENSE.

**Figura 25.** Progenie CF34 – Ficha árbol semillero (El Carmen - Jujuy)

## Sectores

Puerta del vivero 2

<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>4</b>

## Sector 2

Fila 1	CF25R7	CF18R4	CF17R3	CF7R2	CF8R5	CF16R8	CF9R3	CF23R6
Fila 2	CF33R1	CF34R1	CF35R1	CF29R1	CF30R1	CF27R1	CF28R1	CF31R1

## Sector 1

Fila 1	CF15R1	CF3R1	CF5R8	CF7R6	CF9R5	CF16R2	CF8R1	CF23R7
Fila 2	CF33R5	CF9R1	CF7R1	CF13R8	CF11R3		CF6R4	CF3R4

## Sector 3

Fila 1	CF23R5	CF25R8	CF33R1	CF18R8	CF22R1	CF20R4	CF19R8	CF1R7
Fila 2	CF34R7	CF32R6	CF27R3	CF35R8	CF31R8	CF30R7	CF29R6	CF28R7

## Sector 4

Fila 1	CF1R1	CF4R2	CF12R1	CF8R2		CF33R3	CF14R2	CF20R6
Fila 2	CF25R3	CF26R7	CF16R7	CF7R4	CF9R4	CF15R6	CF19R2	CF17R1

## Sector 2

Fila 1	CF22R2	CF26R1	CF21R6	CF6R3	CF5R4	CF4R6		CF14R4
Fila 2	CF20R8	CF13R3	CF26R3	CF11R1	CF14R8	CF12R8	CF5R3	CF2R1

## Sector 1

Fila 1	CF10R6	CF3R8	CF19R6	CF5R7	CF11R8	CF20R2	CF12R7	CF25R2
Fila 2	CF12R5		CF8R3		CF2R4	CF1R5	CF13R5	CF33R6

## Sector 3

Fila 1	CF19R3	CF15R7	CF9R7	CF14R7	CF7R3	CF4R3	CF18R1	CF22R7
Fila 2	CF29R4	CF28R4	CF35R7	CF34R6	CF32R3	CF33R6	CF27R5	CF30R4

## Sector 4

Fila 1	CF12R3	CF2R2	CF13R7	CF10R3	CF22R6	CF18R3	CF26R6	CF21R7
Fila 2	CF27R8	CF35R2	CF29R3	CF33R3	CF28R8	CF30R5	CF32R5	CF31R5

## Sector 2

Fila 1	CF32R1	CF30R2	CF34R2	CF28R2	CF27R2	CF29R2	CF33R2	CF31R2
Fila 2	CF21R8		CF2R5	CF11R6		CF10R2	CF17R5	CF33R4

## Sector 1

Fila 1	CF31R6	CF27R6	CF35R6	CF32R2	CF30R8	CF28R6	CF29R8	CF33R7
Fila 2	CF12R6	CF3R3	CF20R1	CF4R8	CF6R2	CF21R1		CF5R6

## Sector 3

Fila 1	CF23R1	CF13R6	CF21R5	CF6R1	CF15R5	CF3R5	CF5R5	CF26R4
Fila 2	CF20R7	CF15R3	CF3R2	CF1R3	CF7R5	CF4R4	CF18R7	CF21R3

## Sector 4

Fila 1		CF14R3	CF21R2	CF6R6	CF4R5	CF16R6	CF19R4	CF33R2
Fila 2	CF4R7	CF11R4	CF14R5	CF25R6	CF22R4	CF6R5	CF5R1	CF8R4

## Sector 2

Fila 1	CF20R5	CF13R1	CF2R3	CF17R8	CF11R7		CF12R2	
Fila 2	CF24R5	CF31R7	CF29R5	CF28R5	CF32R7	CF33R8	CF27R7	CF35R5

## Sector 1

Fila 1	CF10R1	CF16R5	CF15R2	CF1R6	CF23R2	CF19R7	CF17R2	CF18R5
Fila 2	CF14R1	CF16R3	CF13R4	CF25R4	CF4R1	CF5R2	CF23R3	CF21R4

## Sector 3

Fila 1	CF30R3	CF25R1	CF27R4	CF35R3	CF31R3	CF33R4	CF32R8	CF34R3
Fila 2	CF23R4	CF22R5	CF19R5	CF11R5	CF10R4	CF9R2	CF33R7	CF26R5

Sector 4

Fila 1	CF18R6	CF9R6	CF7R7	CF17R7	CF20R3	CF1R4	CF15R8	CF22R8
--------	--------	-------	-------	--------	--------	-------	--------	--------

Sector 2

Fila 1	CF17R6		CF15R4	CF14R6	CF13R2	CF16R1	CF22R3	CF33R8
Fila 2	CF26R2	CF10R5		CF3R6		CF12R4	CF1R2	CF34R8

Sector 1

Fila 1	CF29R7	CF34R4	CF31R4	CF33R5	CF28R3	CF30R6	CF32R4	CF35R4
Fila 2	CF16R4	CF25R5	CF11R2	CF17R4	CF3R7	CF19R1	CF18R2	CF23R8

**Figura 26.** Diseño en vivero - Distribución de las progenies y repeticiones por sector.  
Diseño completamente aleatorizado.