

Pasantía de investigación Ad Honorem

Facultad de Ciencias A. y Forestales - Universidad Nacional de La Plata

Descripción dendrológica y dasométrica de posibles híbridos naturales entre
Nothofagus pumilio y *Nothofagus antarctica* y otros aspectos relacionados

Sarah Lilian Burns

Informe de Pasantía de investigación Ad Honorem

Expediente 200-4950 (18 de octubre de 2005)

Directores: Stella Maris Rivera y Juan Manuel Cellini

Unidad Biometría Forestal y Dendrología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP

RESUMEN

El genero *Nothofagus* Blume comprende alrededor de 35 especies arbóreas nativas del Hemisferio sur. En la Patagonia se han encontrado híbridos naturales entre varias especies de *Nothofagus*, pero no hay registros de hibridación entre *N. pumilio* (lenga) y *N. antarctica* (ñire). Se trabajó con 20 posibles híbridos (individuos que presentan características comunes entre ambas especies), 5 individuos de *N. pumilio* y 10 de *N. antarctica*, con material recolectado en bosques de Tierra del Fuego, en zonas de transición entre los bosques de *N. pumilio* y *N. antarctica*. Por medio de un muestreo aleatorio se seleccionaron 20 hojas de cada individuo y a cada una de ellas se le midió el largo, ancho, distancia del mayor ancho a la base, forma, base, borde, ápice y largo del pecíolo. El objetivo del presente trabajo es describir y determinar la presencia de posibles híbridos naturales entre *N. pumilio* y *N. antarctica* mediante el estudio de los caracteres morfológicos foliares y dasométricos. Las hojas del supuesto híbrido difieren de *N. pumilio* en su tamaño, base y ápice. *N. antarctica* es diferente al supuesto híbrido en el borde, el tamaño y el ápice. Los caracteres dasométricos revelan un supuesto híbrido con un *DAP* menor que *N. pumilio* y similar a *N. antarctica*. Con respecto a la altura, se observa que es muy similar a *N. antarctica*. Los resultados obtenidos evidencian que *N. pumilio* y *N. antarctica* hibridizan naturalmente, en zonas de condición ecotonal, siendo de gran importancia y perspectivas silviculturales ya que podría utilizarse la capacidad de hibridación en programas de mejoramiento genético para el desarrollo de individuos con las mejores características de cada especie parental, como la rectitud del fuste de *N. pumilio* y la dureza de la madera y la capacidad de desarrollo en su rango de dispersión natural de *N. antarctica*.

PLABRAS CLAVE: *Nothofagus pumilio*, *Nothofagus antarctica*, posibles híbridos, morfometría,

INTRODUCCIÓN

El genero *Nothofagus* comprende 35 especies arbóreas nativas del Hemisferio sur (Vazquez, 1999). Su rango de distribución comprende el extremo sur de Sudamérica, Australia (incluida la isla de Tasmania), Nueva Zelanda, Nueva Caledonia, Nueva Guinea, y otras pequeñas islas oceánicas (Ramírez *et al*, 1997). En la República Argentina este genero esta representado por seis especies: *Nothofagus alpina*, *N. obliqua*, *N. dombeyi*, *N. betuloides*, *N. antarctica* (Forst. f.) Oerst. y *N. pumilio* (Poepp. *et* Endl.) Krasser, estando representadas las tres

últimas en la isla de Tierra del Fuego. En Patagonia se han encontrado híbridos naturales entre *N. obliqua* y *N. alpina* (Gallo, 1995; Donoso *et al.*, 1990), asimismo Stecconi *et al.* (2001) describen la ocurrencia de posibles híbridos naturales entre *Nothofagus antarctica* y *Nothofagus dombeyi*, pero no hay registros de hibridación entre *Nothofagus pumilio* y *Nothofagus antarctica* a lo largo de toda su distribución. *Nothofagus antarctica* es un árbol de ± 15 m de altura, puede presentarse también en forma de arbusto, sus hojas son caducas, subcoriáceas, asimétricas, con predominio de forma aovada, de 2-3 cm de largo, redondas en el ápice, y desigualmente cuneadas o subtruncadas en la base, borde lobulado u ondeado con numerosos dientes irregulares en el espacio comprendido entre dos nervios; glabras a excepción de pecíolos y nervaduras (Dimitri & Milano, 1950) *Nothofagus pumilio* es un árbol de 20 a 35 m o arbusto sus Hojas son caducas, coriáceas, elíptico-ovadas a ovadas, de 2-3 cm de largo, ápice obtuso, borde crenado, provistos de una escotadura internervial, base levemente asimétrica, anchamente cuneada o truncada, glabras o pubescentes sobre todo a lo largo de las nervaduras y bordes; pecíolos de hasta 0.5 cm de largo (Dimitri & Milano, 1950). El objetivo de este trabajo es determinar la presencia de posibles híbridos naturales entre *N. pumilio* y *N. antarctica* mediante el estudio de los caracteres morfológicos foliares y dasométricos y describir los caracteres morfológicos del supuesto híbrido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación.

Se trabajó en un bosque puro de 200 ha de *Nothofagus* sp. en la Estancia San Justo en Tierra del Fuego (54° 06' LS, 68° 37' LO) (Figura 1). El uso del bosque es exclusivamente maderero, no realizándose actividades ganaderas, pero existiendo una presión significativa del guanaco (*Lama guanicoe*) sobre la regeneración del bosque (Martínez Pastur *et al.*, 1999; Pulido *et al.*, 2000). Dentro del bosque se trabajó en la zona de transición entre los bosques de *N. pumilio* y *N. antarctica*, en individuos que presentaban características comunes entre ambas especies (posibles híbridos). Los individuos se encontraban en fase de envejecimiento (Schmidt & Urzúa, 1982) y eran dominantes en cuanto a su clase social (posición sociológica), a través de la posición relativa y tamaño de la copa de cada individuo en el estrato vertical.

Figura 1. Ubicación de la zona bajo estudio en la provincia de Tierra del Fuego.

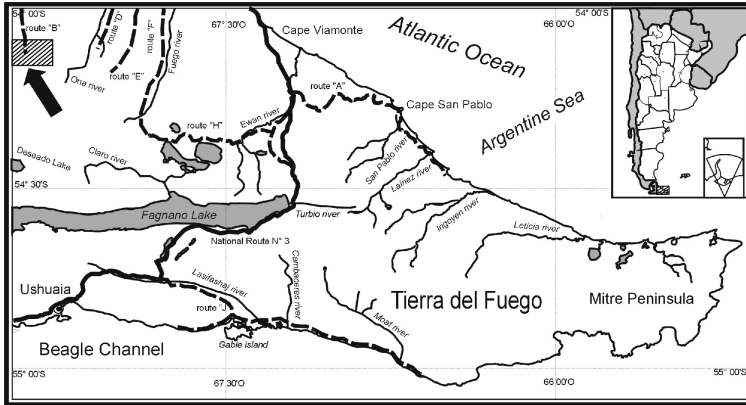


Foto 1. Zona bajo estudio donde se observa la transición entre los bosques de *N. Pumilio* y *N. antarctica*.



Distribución de los bosques

La topografía del terreno es ondulada y se encuentra caracterizada por la alternancia de llanuras de estepa, comúnmente denominadas vegas, y cerros de no más de 700 m de altura, los cuales están cubiertos por bosques de *N. pumilio* y *N. antarctica*. En la Foto 1 se puede observar la distribución de los bosques de *N. pumilio* en verde oscuro y de *N. antarctica* en un tono grisáceo. Los individuos muestreados se encontraban en el límite entre los 2 tipos forestales.

Selección de los árboles y procesamiento de muestras.

Se seleccionaron 20 árboles con características comunes entre *N. pumilio* y *N. antarctica* (posibles híbridos) en la zona de transición entre los tipos forestales estudiados. Asimismo para realizar las comparaciones se

seleccionaron 5 individuos de *N. pumilio* y 10 de *N. antarctica* alejadas de la zona de transición. Para analizar las diferencias de los posibles híbridos, se recolectaron al azar 20 hojas de cada individuo tanto de la parte alta de la copa como de la inferior. De cada individuo se midió el *DAP* (diámetro a la altura del pecho 1,3 m) mediante una cinta diamétrica y la altura total, mediante un clinómetro y un distanciómetro, o mediante un hipsómetro láser (*Impulse de Laser Technology*). Una vez extraídas las hojas fueron colocadas entre hojas de papel para evitar la formación de pliegues. Las hojas se identificaron mediante rótulos acompañantes.

Mediciones realizadas.

A todas las hojas se les determinó el largo, el ancho, el largo del pecíolo, la distancia del mayor ancho a la base de la hoja, utilizando para la determinación de las longitudes un calibre electrónico ($\pm 0,01$ mm). Utilizando la clasificación propuesta por Hickey (1974), se determinó la forma, la base, el borde y el ápice de la hoja.

Determinación de variables a analizar.

Para el análisis de las diferencias entre especies se calcularon las siguientes variables utilizando las mediciones realizadas: a) Distancia del ancho máximo a la base (*D*), b) Relación distancia del ancho máximo a la base - largo (*RDL*) y c) Relación largo – ancho (*RLA*).

Análisis estadístico.

Con los datos de estructura y morfología foliar se realizó un análisis de varianza (considerando como factor principal a la especie) mediante la Prueba de F, utilizando el test de Tukey para separar las medias. La probabilidad de rechazo fue $P < 0,05$. Con los datos de las hojas de *N. Pumilio*, *N. antarctica* y los posibles híbridos, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA). Se utilizó una matriz de correlación entre las variables morfológicas para observar las diferencias entre las especies

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los resultados estructurales de las especies estudiadas. Se puede observar que *N. pumilio* presenta los mayores *DAP* en comparación con los híbridos y *N. antarctica*. Con respecto a la altura total de los individuos, se observa un resultado similar que en el análisis del *DAP*, donde los árboles de *N. pumilio* presentan una mayor altura. *N. pumilio* presenta una marcada diferencia en cuanto a la altura en comparación con *N. antarctica*, mientras que el híbrido posee las características del *N. antarctica*, es decir árboles de bajo porte y bajos *DAP*.

Tabla 1. Características dasométricas de las especies estudiadas

Especie	DAP (cm)	Altura (m)
Híbrido	38,8 ± 2,2 a	15,2 ± 1,3 a
<i>N. pumilio</i>	71,3 ± 4,3 b	24,7 ± 2,6 b
<i>N. antarctica</i>	30,7 ± 3,0 a	15,8 ± 1,8 a

DAP = Diámetro normal a 1,3 m.

Los resultados de las mediciones foliares indican diferencias en la morfología para las distintas especies. Con respecto a la forma del ápice, tanto *N. pumilio* como *N. antarctica* presentan todas sus hojas con ápice emarginado (Tabla 2), mientras que se detectó en un 9,4% del total de hojas del híbrido, ápices retusos, agudos y obtusos, mostrando que el híbrido presenta una mayor diversidad que las especies acompañantes.

Tabla 2. Comparación de la forma del ápice en las especies estudiadas.

Especie	Emarginado	Retuso	Agudo	Obtuso
SH	90,6%	6,0%	2,8%	0,6%
<i>N. pumilio</i>	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>N. antarctica</i>	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabla 3. Comparación de la forma de las hojas en las especies estudiadas.

Especie	OV	OV AG	OV AC	L	OV M AC	EA	OB AG	E	OB AC	SO
SH	39,7%	28,1%	18,4%	5,3%	3,1%	1,6%	1,6%	0,9%	0,9%	0,3%
<i>N. pumilio</i>	71,0%	9,0%	6,0%	1,0%	0,0%	6,0%	6,0%	1,0%	0,0%	0,0%
<i>N. antarctica</i>	47,0%	30,0%	15,5%	2,0%	4,0%	1,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%

E: elíptica; EA: elíptica ancha; L: lanceolada; OB AC: obovada ancha; OB AG: obovada angosta; OV: ovada; OV AC: ovada ancha; OV AG: ovada angosta; OV M AC: ovada muy ancha; SO: suborbiculado.

En la Tabla 3 se observan los porcentajes encontrados para cada forma de hoja en cada una de las especies estudiadas. La forma ovada es la más frecuente en las 3 especies, seguida por ovada angosta y ovada ancha. El

híbrido presenta un 5,3% de sus hojas lanceoladas y un 0,9% obovada ancha, característica que se presenta en una menor frecuencia en las otras especies.

En la comparación de la base foliar (Tabla 4), se observa una mayor frecuencia del híbrido en la forma asimétrica que en las otras especies, con un 85,9% de sus hojas.

Tabla 4. Comparación de la base foliar en las especies estudiadas.

Especie	Asimétrica	Simétrica
SH	85,9%	14,1%
<i>N. pumilio</i>	67,0%	33,0%
<i>N. antarctica</i>	65,5%	34,5%

Para *N. pumilio*, el borde crenado en las hojas es una característica que se encontró en todas sus hojas. *N. antarctica*, según Moore (1983), presenta en el borde numerosos dientes irregulares en el espacio comprendido entre dos nervios, siendo llamativo haber encontrado en un 10,5% de las hojas la presencia del borde crenado. El híbrido presentó un 74,7% de sus hojas con borde crenado (Tabla 5), denotando cierta similitud con *N. pumilio*. El crenado del híbrido no es tan marcado como en *N. pumilio*, sino que se aprecia un suave dentado, como una situación intermedia entre *N. pumilio* y *N. antarctica*.

Tabla 5. Comparación del borde de la hoja en las especies estudiadas.

Especie	Crenado	Serrado
SH	74,7%	25,3%
<i>N. pumilio</i>	100,0%	0,0%
<i>N. antarctica</i>	10,5%	89,5%

En la Tabla 6 se pueden observar las diferencias encontradas en la morfometría foliar para las especies estudiadas. *RDL* presentó diferencias en todas las especies, siendo en el híbrido un valor intermedio entre *N. pumilio* y *N. antarctica*. Para el ancho y largo de las hojas, *N. pumilio* presentó diferencias con respecto a las otras especies, siendo la especie que posee las hojas más grandes. En este caso el híbrido presenta valores intermedios pero no significativamente distintos de *N. antarctica*. No se observaron diferencias en *RLA* y en el largo del pecíolo, mientras que en *D* el híbrido difiere del resto de las especies, siendo el valor intermedio entre *N. pumilio* y *N. antarctica*.

Tabla 6. Diferencias en mediciones foliares en las especies estudiadas.

Especie	RDL	Ancho	Largo	RLA	Pecíolo	D
Híbrido	0,368 ± 0,008 a	12,0 ± 0,7 a	17,1 ± 1,0 a	1,458 ± 0,035 a	4,0 ± 0,2 a	6,3 ± 0,1 a
<i>N. pumilio</i>	0,441 ± 0,015 b	18,2 ± 1,2 b	25,1 ± 1,7 b	1,387 ± 0,063 a	4,9 ± 0,4 a	12,1 ± 0,2 b
<i>N. antarctica</i>	0,328 ± 0,010 c	10,7 ± 0,9 a	15,2 ± 1,2 a	1,436 ± 0,045 a	3,8 ± 0,3 a	4,9 ± 0,1 c
F	19,91	12,73	11,22	0,48	2,74	305,08
P	0,0000	0,0001	0,0003	0,6259	0,0820	0,0000

RDL: Relación distancia del ancho máximo a la base - largo; RLA: relación largo – ancho; D: Distancia del ancho máximo a la base

Se realizó un análisis de componentes principales incluyendo todas las variables morfométricas de las tres entidades (*N. pumilio*, *N. antarctica* y el supuesto híbrido). En el gráfico de ordenamiento (Figura 2 y 3) se observó una buena separación entre el supuesto híbrido *N. pumilio* y *N. antarctica*. Esta separación se realizó considerando las variables longitud de peciolo, ancho, largo y D (distancia del ancho máximo a la base). El eje 1 determinado principalmente por la longitud del peciolo no hace una buena separación de los individuos comparados pero para el eje 2 (ancho, largo y D) existe una buena separación de los individuos, quedando el supuesto híbrido en un estrato intermedio entre *N. pumilio* y *N. antarctica*, a través de un gradiente que va de izquierda a derecha. Dentro de la distribución de *N. antarctica* existen híbridos con características similares a esta especie. El eje 2 se puede asociar al tamaño de la hoja dando de esta forma hojas grandes para *N. pumilio*, hojas pequeñas para *N. antarctica* y una amplia dispersión para el supuesto híbrido.

Figura 2. Gráfico de ordenamiento del análisis de componentes principales (eje 1 y 2) con vectores. H) híbrido; L) *Nothofagus pumilio*; y N) *Nothofagus antarctica*.

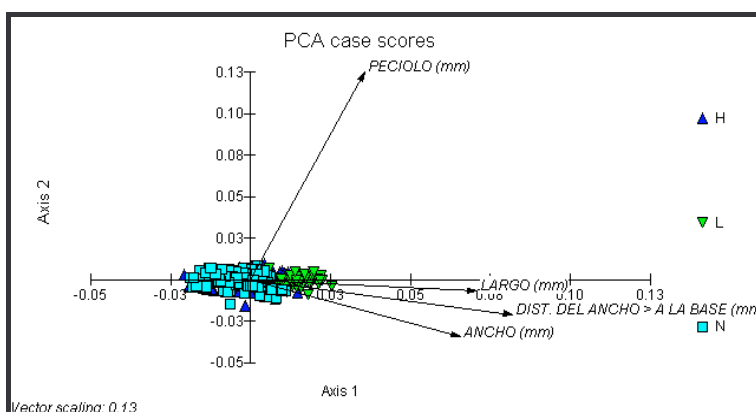
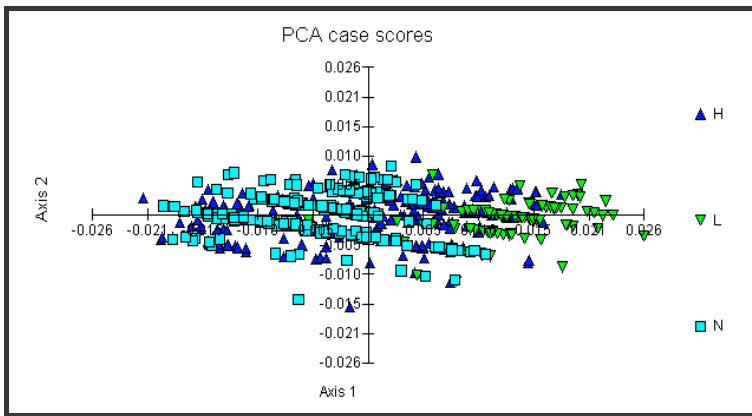
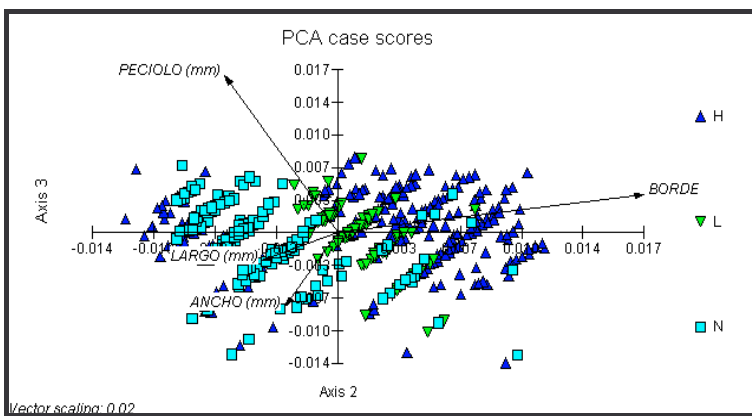


Figura 3. Gráfico de ordenamiento del análisis de componentes principales (eje 1 y 2) sin vectores. H) híbrido; L) *Nothofagus pumilio*; y N) *Nothofagus antarctica*.



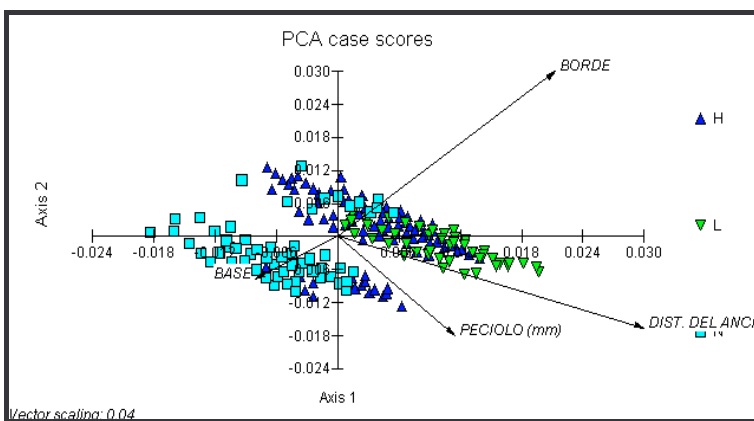
En la Figura 4 se observa una buena separación entre el supuesto híbrido, *N. pumilio* y *N. antarctica* utilizando las variables borde, longitud del peciolo, ancho y largo. La separación mas clara en este caso esta dada por el borde y el largo y en menor medida por el ancho y la longitud del peciolo. Existe una buena separación encontrándose tres grupos bien diferenciados. *N. pumilio* se presenta en el gráfico en un grupo bien diferenciado así como un gran porcentaje de *N. antarctica*. En el caso del híbrido se aprecia una marcada separación con *N. pumilio* y *N. antarctica* observándose un grupo menor que presenta características similares con *N. antarctica* dados por la variable borde ya que en la Tabla 5 un 25,3% de los posibles híbridos presentan el borde serrado, característico de *N. antarctica*.

Figura 4. Gráfico de ordenamiento del análisis de componentes principales (eje 1 y 2) sin vectores. H) híbrido; L) *Nothofagus pumilio*; y N) *Nothofagus antarctica*.



En la Figura 5 al separar por las variables borde, base, longitud del peciolo y D (distancia del ancho máximo a la base) observamos que el supuesto híbrido presenta una distribución con mayor similitud a *N. pumilio* que a *N. antarctica*. Como se observo en la Tabla 6 las diferencias dadas por D ubican al supuesto híbrido en una posición intermedia entre *N. pumilio* y *N. antarctica*. Las variables borde y base separa los individuos en dos grupos, los cuales hacen que *N. pumilio* y el supuesto híbrido queden en un grupo, existiendo individuos del supuesto híbrido con un alto valor de D y de longitud del peciolo en el grupo de *N. antarctica*.

Figura 5. Gráfico de ordenamiento del análisis de componentes principales (eje 1 y 2) sin vectores. H) híbrido; L) *Nothofagus pumilio*; y N) *Nothofagus antarctica*.



Se realizó un análisis de discriminantes con los scores del PCA estandarizado (Tabla 7). Se puede observar que en el eje 1, donde existe la mayor variación, las variables largo, ancho, distancia ancho mayor a la base, borde y peciolo presentan los mayores valores, mientras que en los ejes 2, 3 y 4 las tres primeras variables disminuyen notoriamente sus valores en contra posición a los de borde, base y peciolo.

Tabla 7 Matriz de autovectores del PCA.

Variabes	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
Largo	0,535	0,078	-0,008	-0,233
Ancho	0,508	0,099	0,150	-0,282
Distancia ancho mayor a base	0,518	0,044	0,076	-0,166
Borde	0,230	-0,622	0,554	0,498
Base	-0,095	0,721	0,645	0,224
Peciolo	0,354	0,275	-0,500	0,735

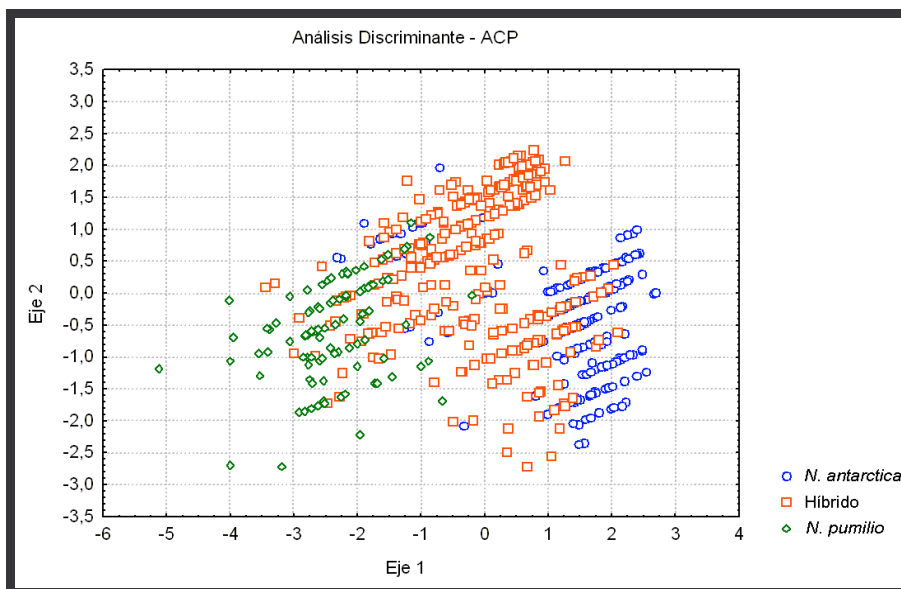
En la tabla 8 se puede observar el alto porcentaje de casos pertenecientes a la misma clase en *N. antarctica* y *N. pumilio*, y en una menor proporción el híbrido, pudiéndose deber a las semejanzas del híbrido con sus especies parentales.

Tabla 8: Matriz de porcentajes de casos resultado del análisis de discriminantes empleando los scores del PCA (clasificación: observada en filas y predicha en columna)

Sp	% Correcto	<i>N. antarctica</i>	Híbrido	<i>N. pumilio</i>
		p=,32258	p=,51613	p=,16129
<i>N. antarctica</i>	86,00	172	26	2
Híbrido	71,25	65	228	27
<i>N. pumilio</i>	84,00	0	16	84
Total	78,06	237	270	113

En el gráfico de ordenamiento del análisis de discriminantes con los scores del PCA de estandarizado (Figura 6) se observa nuevamente la separación existente entre *N. pumilio*, *N. antarctica* y el supuesto híbrido, encontrándose este último en una posición intermedia. En el gráfico se observa algunos individuos de *N. antarctica* que presentan características similares a *N. pumilio* dado por presentar borde crenado.

Figura 6. Gráfico de ordenamiento del análisis de discriminantes con los scores del PCA de estandarizado



CONCLUSIÓN

En comparación con la *N. pumilio*, el híbrido posee hojas de 2-3 cm de largo, ápice obtuso, borde crenado, base levemente asimétrica y el pecíolo de hasta 0.5 cm de largo, lo que demuestra que las hojas del supuesto híbrido difieren de la *N. pumilio* en su tamaño, base y ápice. *N. antarctica* posee hojas asimétricas, con predominio de la forma aovada, de 2-3 cm de largo, redondas en el ápice, borde lobulado u ondeado con numerosos dientes irregulares en el espacio comprendido entre dos nervios, siendo diferentes al supuesto híbrido en el borde, el tamaño y el ápice. Los caracteres dasométricos revelan un supuesto híbrido con un *DAP* menor que *N. pumilio* y con un *DAP* y altura similar al *N. antarctica*. El análisis multivariado demuestra una buena separación entre el supuesto híbrido y *N. pumilio* y *N. antarctica* existiendo semejanzas del supuesto híbrido a *N. pumilio* cuando se separan por borde y base mientras que se observaron semejanzas a *N. antarctica* con las variables ancho, largo y *D*. Los resultados obtenidos evidencian que *N. pumilio* y *N. antarctica* hibridizan naturalmente, en zonas de condición ecotonal, siendo de gran importancia y perspectivas silviculturales ya que podría utilizarse la capacidad de hibridación en programas de mejoramiento genético para el desarrollo de individuos con las mejores características de cada especie parental, como la rectitud del fuste de *N. pumilio* y la dureza de la madera y la capacidad de desarrollo en su rango de dispersión natural de *N. antarctica*.

BIBLIOGRAFÍA

Dimitri, M. & V. Milano. 1950. Las plantas cultivadas en la Republica Argentina Fagaceas. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Vol. VIII, Fasc. 156. 40 pp.

Donoso Zegers, C. 1975. Distribución ecológica de las especies de *Nothofagus* en la zona mesomórfica. Boletín técnico n° 33, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile. 39pp.

Gallo, L. 1995. Posibles híbridos interespecíficos en progenies de Raulí. XXVI Congreso Argentino de Genética. Bariloche, 11-13 octubre de 1995.

Hickey, L. J. 1974. Clasificación de la arquitectura de las hojas de Dicotiledóneas. Bol. Soc. Argent. Bot. 16 (1-2): 1-26.

Martínez Pastur, G.; P. Peri; C. Fernández; G. Staffieri & D. Rodríguez. 1999. Desarrollo de la regeneración a lo largo del ciclo del manejo forestal de un bosque de *Nothofagus pumilio*: 2. Incidencia del ramoneo de *Lama guanicoe*. Bosque 20(2): 47-53.

Moore, D. 1983. Flora of Tierra del Fuego. Anthony Nelson – Missouri Botanical Garden. 395 pp.

Pulido, F; B. Díaz & G. Martínez Pastur. 2000. Incidencia del ramoneo del guanaco (*Lama guanicoe*) sobre la regeneración de lenga (*Nothofagus pumilio*) en bosques de Tierra del Fuego, Argentina. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 9(2): 381-394.

Steconci, M. ; P. Marchelli; J. Puntieri & L. Gallo. 2001 Evidencias iniciales sobre la ocurrencia de posibles híbridos naturales entre *Nothofagus antarctica* (decidua) y *N. Dombeyi* (perennifolia) (*Fagaceae*) . XXVIII Jornadas Argentinas de Botánica. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 36 (Supl.) 2001 107-108 pp.

Steconci, M; P. Marchelli; J. Puntieri; P. Picca y L. Gallo. 2004. Natural Hybridization between a Deciduous (*Nothofagus antarctica*, Nothofagaceae) and an Evergreen (*N. dombeyi*) Forest Tree Species: Evidence from Morphological and Isoenzymatic Traits. *Annals of Botany* 94: 775–786

Vazquez, F. & R. Rodriguez. A new subspecies and two new combinations of *Nothofagus* Blume (*Nothofagaceae*) from Chile. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 1999, Vol. 129, p. 75-83.