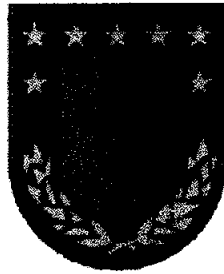


UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento de Manejo de Bosques y Medio Ambiente



MODELACION DEL EFECTO DE BORDE EN UN RODAL ADULTO

DE *Pinus radiata* D.Don.

Por

Joseph Juan Alberto Carrasco Alarcón

MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL

Concepción - Chile

1999

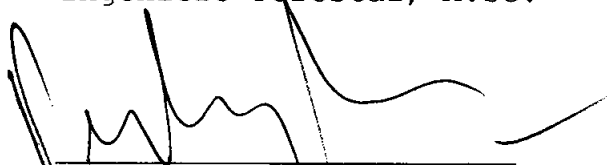
MODELACION DEL EFECTO DE BORDE EN UN RODAL ADULTO DE
Pinus radiata D. Don.

Profesor Asesor



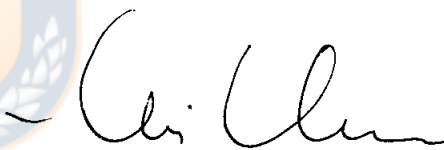
Jorge Cancino Cancino
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal, M.Sc.

Profesor Asesor



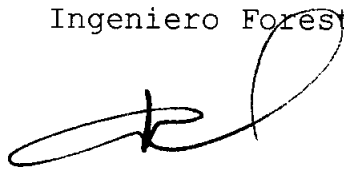
Pedro Real Hermosilla
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal, Ph.D.

Director Departamento
Manejo de Bosques y
Medio Ambiente

Jaime Millan Herrera
Profesor Titular
Ingeniero Forestal, Dr.

Decano de la Facultad
de Ciencias forestales



Fernando Drake Aranda
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de título:

Jorge Cancino Cancino: 70 (setenta) puntos

Pedro Real Hermosilla: 70 (setenta) puntos

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II METODOLOGIA.....	6
2.1 Descripción del área de estudio.....	6
2.2 Descripción del rodal en estudio.....	6
2.3 Muestreo.....	7
2.4 Procesamiento de datos.....	8
2.5 Modelación del efecto de borde.....	8
III RESULTADOS Y DISCUSION	11
IV CONCLUSIONES.....	26
V RESUMEN.....	27
VI SUMMARY.....	28
VII BIBLIOGRAFIA.....	29
VIII APENDICE.....	31

INDICE DE TABLAS

Tabla N° PAGINA

En el texto

- 1 Parámetros de los modelos injertados $y = b_0 + a_2(x - c)^2$,
 $y = b_0 + b_1x + a_2(x - c)^2$ y porcentaje de cambio según
corresponda12



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1	Croquis de ubicación de parcelas en terreno.....7
2	Modelos usados para modelar el efecto de borde en rodal con borde libre.....10
3	Efecto de borde sobre el dap. Curvas ajustadas, valores observados y estimados por exposición.....13
4	Efecto de borde sobre el dap promedio. Curva ajustadas, valores observados y estimados por exposición.....14
5	Efecto de borde sobre el área basal promedio. Curvas ajustadas, valores observados y estimados por exposición16
6	Efecto de borde sobre el área basal acumulada. Curvas ajustadas, valores observados y estimados por exposición.....17
7	Efecto de borde sobre el número de árboles. Curvas ajustadas, valores observados y estimados por exposición19

8	Efecto de borde sobre el diámetro a 5.27 m. Curvas ajustadas, valores observados y estimados por exposición	20
9	Efecto de borde sobre la altura total. Curvas ajustadas, valores observados y estimados por exposición.....	22
10	Efecto de borde sobre la altura de copa viva. Curvas ajustadas, valores observados y estimados por exposición.....	23
11	Efecto de borde sobre la altura de copa viva y altura total. Curva ajustadas por exposición.....	25

En el Apéndice

1	Injertación de modelo polinómico con una constante.....	31
2	Injertación de modelo polinómico con una recta.....	32

I INTRODUCCION

Un rodal es un conjunto espacialmente continuo de árboles y otros vegetales asociados suficientemente uniforme para constituir una unidad homogénea, la que puede diferenciarse claramente de los rodales adyacentes por su edad, composición de especies, estructura, o por las características del suelo, topografía o clima en que crece (Daniel et al. 1982, p36; Oliver y Larson 1990, p1; Smith 1986, p16).

La homogeneidad a la que se alude en el párrafo precedente en modo alguno implica similitud o igualdad en todas las características de los árboles que componen el rodal sino más bien una homogeneidad espacial, la que se considera suficiente para que el rodal sea considerado como una unidad para efectos de manejo silvícola (Daniel et al. 1982, p36), de modelación para simulación del crecimiento, de muestreo para estimación de parámetros, o de diseño experimental, entre otros.

La condición o estado en que se encuentra un rodal en un momento específico del tiempo se caracteriza por medio de su estructura. Esta estructura, que es una expresión de la variabilidad entre los árboles del rodal, varía según el grado en que las diferentes especies, clases de edad y tamaños estén entremezclados. El rango de complejidad estructural puede extenderse desde la estructura más simple, como lo es la de una plantación monoespecífica, coetánea, hasta una variedad amplia de combinaciones de clases de edad y especies en varios arreglos verticales y horizontales (Smith 1986, p16).

La estructura del rodal puede describirse por medio de las especies, por los patrones espaciales verticales u horizontales, por el tamaño de los árboles o de parte de los árboles, como el volumen de la copa, área foliar, fuste, área transversal de fuste, y otros; por edad de los árboles; o por combinaciones de las anteriores (Oliver y Larson 1990, p1).

Las estructuras típicas de rodales son la coetánea y la heteroetánea, definidas en función de la distribución del número de árboles por clase de diámetro a la altura de pecho (dap). En rodales coetáneos, compuestos por árboles de edad similar, esa distribución es aproximadamente normal, en tanto que en rodales heteroetáneos, en los que existen árboles de todas las edades, es una exponencial negativa. Entre esos dos extremos existe una gama amplia de graduaciones (Husch et al. 1982, p320-321).

La distribución del número de individuos por clase de tamaño (dap) y unidad de superficie, conocida en forestal como tabla de rodal, es un elemento valioso, entre otros, para la asignación de regímenes de manejo, para cuantificar productos maderables, y es la base para modelar el rodal y proyectar su crecimiento y rendimiento futuro.

La tabla de rodal resume y representa la relación de tamaños entre árboles que posee el rodal en promedio. Sin embargo, ese promedio no es suficientemente representativo de lo que realmente se encuentra en toda la extensión superficial del rodal. Existe una zona adyacente al límite o borde del rodal cuya estructura es diferente de la

encontrada más al interior. El reconocimiento de la existencia de esta zona y su evaluación permitirá mejorar la caracterización del rodal y de las decisiones que se basen en ésta.

Los bordes en los rodales son causados por cambios en cualquier gradiente ambiental que altere los tamaños relativos, el crecimiento, o las relaciones competitivas de las especies componentes en ambos lados del borde. El borde puede generarse, entre otros, debido a cambios en las condiciones de suelo, clima, o en el tiempo de iniciación de los rodales adyacentes (Oliver y Larson 1990, p307), o abertura en el dosel arbóreo (Belsky y Caham, 1994). Así pueden distinguirse tres tipos de borde: 1) en rodales creciendo adyacente a una abertura, debido a la presencia de un cauce de agua, camino, campo, líneas de alta tensión, pastizales, etc. y por la remoción de parte del rodal; 2) entre rodales de la misma edad, pero que se diferencian en sus tasas de crecimiento, espaciamiento o especies; 3) en rodales que se originan adyacentes a rodales de mayor edad.

Las características de los árboles de borde en relación a los de interior de rodal variarán dependiendo del origen del borde y del tiempo transcurrido desde su origen. En los rodales creciendo adyacente a una abertura (borde tipo 1), los árboles de borde a menudo son de mayor diámetro y de fuste más resistente al viento que los de interior de rodal debido a que la luz solar les permite mantener copas vivas de mayor tamaño; si el rodal es muy denso, los árboles de borde pueden tener también mayor altura. La extensión de las copas y raíces de los árboles de borde hacia el espacio libre, cuando éste es un campo o pastizal, les da ventajas

de crecimiento (Oliver y Larson 1990, p311-313), logrando mayor producción volumétrica.

La estructura de los bordes de tipo (2) y (3), aunque es el resultado de la influencia de ambos rodales, no es un promedio de las estructuras de los dos rodales (Malcolm, 1994). En estos puede generarse un borde estratificado, con la especie o rodal de menor crecimiento, o de menor edad, respectivamente, presentando individuos de menor tamaño en el borde que aquellos de interior de rodal; y con la especie o rodal de mayor crecimiento, o de mayor edad, presentando individuos de mayor tamaño en el borde que aquellos de interior de rodal.

El borde puede tener una anchura entre una a cuatro veces la altura de los árboles dominantes, dependiendo de la característica del rodal y del criterio o característica usada para la delineación. Mayaka (1994) determinó que el dap de *Triplochiton scleroxylon* K. Shum disminuyó en cerca del 50% a 10 m del borde del rodal antes de estabilizar su valor. Esa distancia varía para la ocupación radicular, las influencias de luz solar y sombra, la reducción eólica y el microclima entre otras. En el caso de la luz directa del sol, la profundidad a la cual ésta llega más allá del borde depende de la exposición del borde del rodal, la altura de los árboles, profundidad de la copa, pendiente y exposición del terreno y latitud (Oliver y Larson 1990, p315-316; Hunter 1990, p106).

El borde de un rodal es una franja de variada anchura a lo largo del límite del rodal con una estructura diferente de la del interior del rodal. Para efectos de inventariación,

ese borde debe estar adecuadamente representado en la muestra para que la estimación generada del muestreo esté libre de sesgos (Loetsch et al., 1973; p326-327); el conocimiento de su extensión permitiría, además, estratificar la población y aumentar la precisión de las estimaciones. En relación al manejo de rodales, el manejo de los árboles de borde con el resto del rodal implica que debe adquirirse un compromiso sobre los bordes, ya que esos árboles no alcanzarán la madurez en el mismo tiempo que el resto del rodal (Oliver y Larson 1990, p320). En relación al diseño de experimentos, la anchura de la franja o borde de amortiguación de efectos externos, debería determinarse en base al conocimiento de la profundidad del efecto de borde sobre las características evaluadas. Por último, el efecto de borde debería considerarse en modelos de simulación de crecimiento de rodales para mejorar la exactitud de las predicciones.

El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de borde en un rodal adulto de *Pinus radiata* D. Don con borde libre. Específicamente se desea analizar: a) La profundidad e intensidad del efecto de borde sobre el dap, dap promedio, altura total, altura de copa viva, área basal promedio, y diámetro a los 5.27 m; y b) la profundidad e intensidad del efecto de borde sobre el área basal y número de árboles por unidad de superficie.

II METODOLOGIA

2.1 Descripción del área de estudio.

La información utilizada en el estudio se recopiló en un rodal del fundo San Juan de Campanario, ubicado en la comuna de Cabrero, provincia del Bio-Bio, Octava región.

El suelo en el sector es de la serie Arenales-Dunas, el que presenta una topografía plana y capacidad de uso IVr a VII. El desarrollo del perfil es de material reciente, con perfiles profundos y estratificados. La textura del suelo superficial es gruesa, con colores pardos muy oscuros a negros en húmedo, no plástico y no adhesivo, con escasa actividad biológica. Estructura de grano simple. El pH es moderadamente ácido. La materia orgánica es baja en el estrato superior, donde predominan acículas de pino y muy baja en estratos inferiores. Presenta desde buen drenaje a drenaje excesivo.

2.2 Descripción del rodal en estudio.

El rodal en estudio (*Pinus radiata* D. Don) se estableció el año 1968, teniendo en el momento del muestreo 29 años de edad. Por las características de los árboles de borde, se estimó que el rodal tuvo crecimiento con borde libre en las cuatro exposiciones (N, E, S y O). El rodal no presenta poda, pero sí se le realizó una entresaca de madera en el año 1990.

2.3 Muestreo

La unidad muestral utilizada para recopilar la información fue una franja de 1000 m² de superficie (20 m de borde por 50 m hacia el interior del rodal). En el rodal se midieron 11 unidades muestrales, tres por cada punto cardinal, excepto en la exposición Este donde se midieron sólo dos (Figura 1). La unidad se estableció en terreno extendiendo una huincha de distancia de 50 m de longitud desde el borde y hacia el interior del rodal, la que sirvió de eje; la unidad abarcó 10 m a cada lado del eje. En cada unidad muestral se midió la posición (distancia desde el borde y desde el eje) y el dap de todo árbol incluido. A los árboles ubicados a 4,0 m o menos del eje de la parcela se les midió además el diámetro del fuste a 5,27 m, la altura total y altura de copa viva.

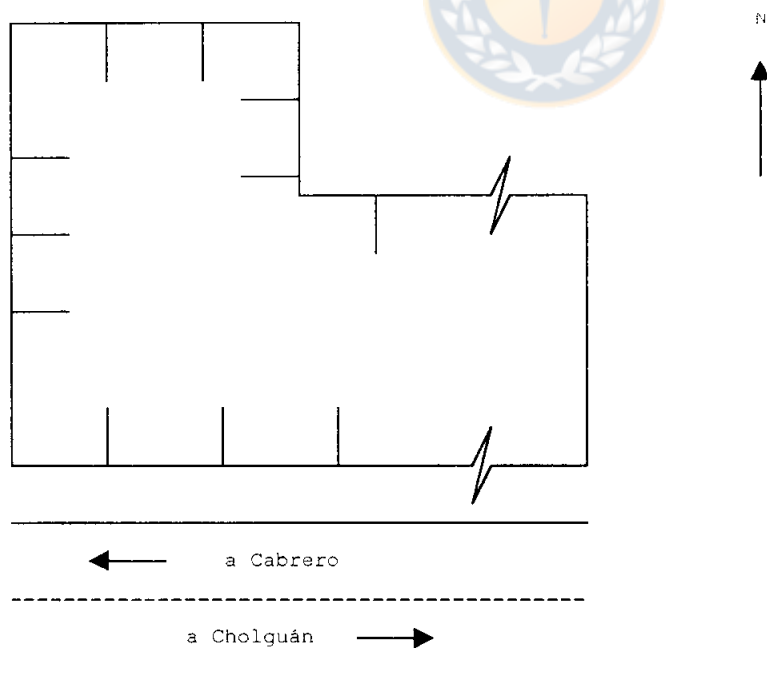


Figura 1. Croquis de ubicación de parcelas en terreno.

2.4 Procesamiento de datos.

Con los datos recopilados se obtuvo el promedio del dap y del área basal, el área basal acumulada y el número de árboles en parcelas de 100 m² (20 m de borde por 5 m de profundidad). El área basal de la primera subparcela se obtuvo entre el borde del rodal y los primeros 5 m hacia el interior del rodal, valor que representa el área basal a 2,5 m del borde; el de la segunda subparcela va desde los 5 hasta los 10 m desde el borde, valor que representa el área basal a 7,5 m del borde; y así sucesivamente.

2.5 Modelación del efecto de borde.

Con la información recopilada en terreno y aquella obtenida del procesamiento descrito se procedió a modelar el efecto de borde sobre variables de estado del árbol individual y por unidad de superficie del rodal.

Se modelaron las relaciones del dap, altura total, altura de copa viva, diámetro del fuste a 5,27 m, dap promedio y área basal promedio con la distancia desde el borde del rodal. Además se modeló la relación del número de árboles y el área basal por hectárea con la distancia desde el borde.

Se utilizó dos tipos de modelos. El primero, resultante de la unión del polinomio $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$, con la constante $y = b$, ésto es $y = b_0 + a_2(c-x)^2$, en el que y es la variable a modelar, x es la distancia al borde, b_0 y a_2 son parámetros y c es la distancia hasta donde se prolonga el efecto de borde. Este modelo es adecuado para modelar el efecto de

borde sin presencia de gradiente ambiental (Apéndice). El segundo modelo, resultante de la unión del polinomio $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$, con la recta $y = b_0 + b_1x$, ésto es $y = b_0 + b_1x + a_2(c-x)^2$, en el que y es la variable a modelar y x es la distancia al borde, b_0 , b_1 y a_2 son parámetros y c es la distancia hasta donde se prolonga el efecto de borde. Este modelo es adecuado para modelar el efecto de borde en presencia de una gradiente ambiental (Figura 2).



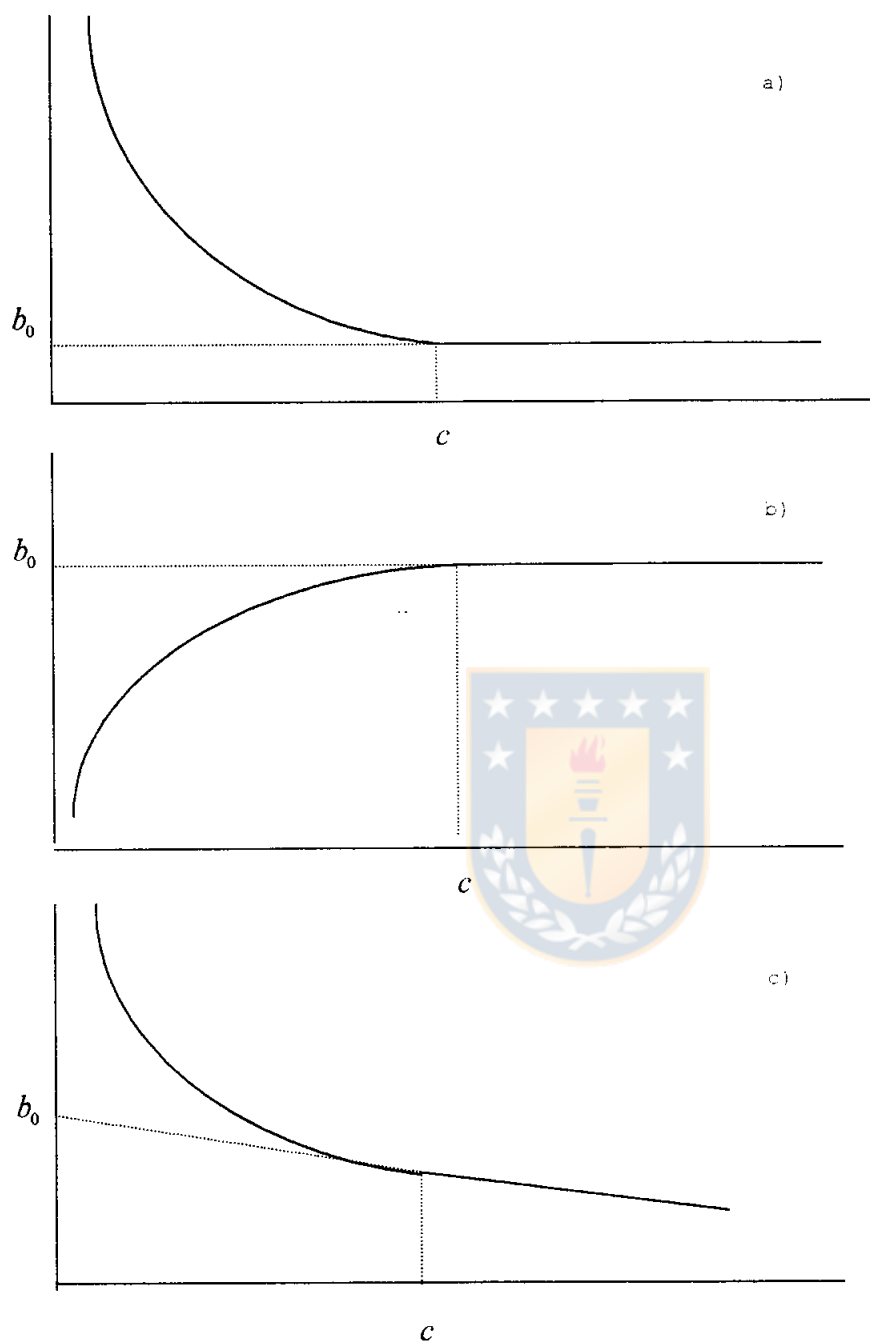


Figura 2. Representación gráfica de los modelos usados para modelar el efecto de borde. (a) Modelo decreciente injertado con constante, (b) modelo creciente injertado con constante, (c) modelo decreciente injertado con recta.

III RESULTADOS Y DISCUSION

En las cuatro exposiciones se detectó una disminución clara del diámetro a la altura de pecho desde el borde hacia el interior del rodal (figura 3e). El efecto varía entre exposiciones en intensidad y en la profundidad hasta la que se presenta. Ese efecto también se detecta en el dap promedio, área basal promedio y área basal acumulada. También se observa un mayor número de árboles y de mayor tamaño en el borde que en el interior del rodal (Tabla 1).

En la exposición Norte (figura 3a), el efecto sobre el dap se manifiesta hasta una distancia de aproximadamente 13 m, punto a partir del cual el dap se estabiliza. En el Sur (figura 3c) el efecto de borde se extendió hacia más al interior llegando casi a los 29 m, siendo la disminución de 28,75%. En el Este (figura 3b) la distancia es de 5 m. En el Oeste (figura 3d) el efecto se produce hasta unos 13 m con un porcentaje de disminución de 16,73%.

El dap promedio también decrece desde el borde hacia el interior del rodal (figura 4e). En el Norte el efecto se manifestó hasta unos 11 m (Figura 4a) disminuyendo un 31,10% (Tabla 1). En el Sur (figura 4c) el efecto se nota hasta los 28,7 m, disminuyendo en 25,56% el dap promedio (Tabla 1). En el Este la disminución es más suave, con 16,6% en 12,9 m (Figura 4b). En el Oeste no se detectó efecto de borde sobre el dap promedio a partir del ajuste, aunque el gráfico sí evidencia tal efecto (Figura 4d).

TABLA 1. Parámetros de los modelos injertados $y = b_0 + a_2(x-c)^2$
 $y = b_0 + b_1x + a_2(c-x)^2$ y porcentaje de cambio por variable.

VAR.	EXP	b_0	b_1	a_2	c	cambio(%)
DAP	N	37,53		0,145	12,99	-36,04
	E	40,55		1,243	5,22	-23,03
	S	37,75		0,019	28,77	-28,75
	O	32,23	0,19	0,12	12,17	-16,73
DAP PROMEDIO	N	37,61		0,237	10,96	-31,10
	E	40,43		0,075	12,89	-16,62
	S	37,14		0,019	28,72	-25,56
	O	38,65		-0,000	0,00	0,00
AREA BASAL PROMEDIO	N	0,115		0,002	10,86	-51,96
	E	0,135		0,001	11,81	-29,72
	S	0,113		0,000	28,42	-43,07
	O	0,123		0,001	7,50	-17,41
AREA BASAL ACUMULADA	N	45,55		1,379	9,32	-58,47
	E	44,74		0,093	25,59	-52,56
	S	44,86		0,978	9,70	-53,07
	O	44,74		0,275	15,60	-51,33
NUMERO DE ARBOLES	N	400,0		0,824	0,00	0,00
	E	372,2		11,91	5,77	-25,56
	S	384,1		5,912	7,48	-27,64
	O	631,0	-7,45	-0,019	0,01	-54,16
DIAMETRO A 5.27 m	N	29,87		5,125	3,46	-52,97
	E	37,11		-0,001	54,78	-4,12
	S	32,78		-0,020	0,02	0,00
	O	28,53		0,117	11,19	-32,82
ALTURA TOTAL	N	34,03		-0,074	7,29	+8,93
	E	34,16		-0,286	6,19	+14,02
	S	33,27		-0,009	0,00	0,00
	O	33,33		-0,002	50,05	+15,36
ALTURA DE COPA VIVA	N	17,46		-0,102	12,56	+79,31
	E	19,85		-0,083	13,57	+55,16
	S	17,00		-0,102	12,39	+84,82
	O	17,92		-0,216	10,90	+79,30

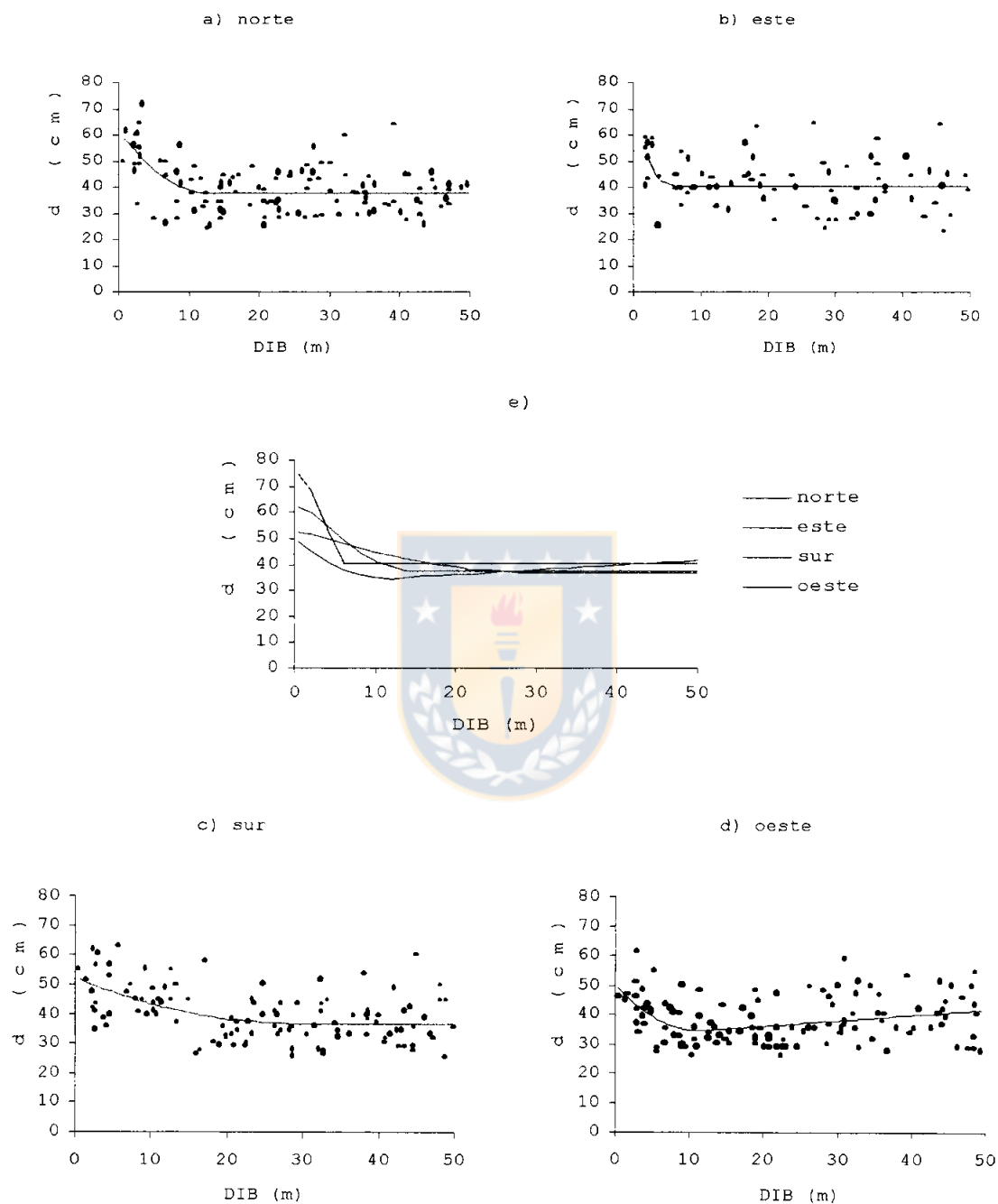


Figura 3. Efecto de borde sobre el dap (d). Curvas ajustadas, valores observados (.) y estimados (-) por exposición, según distancia al borde (DIB).

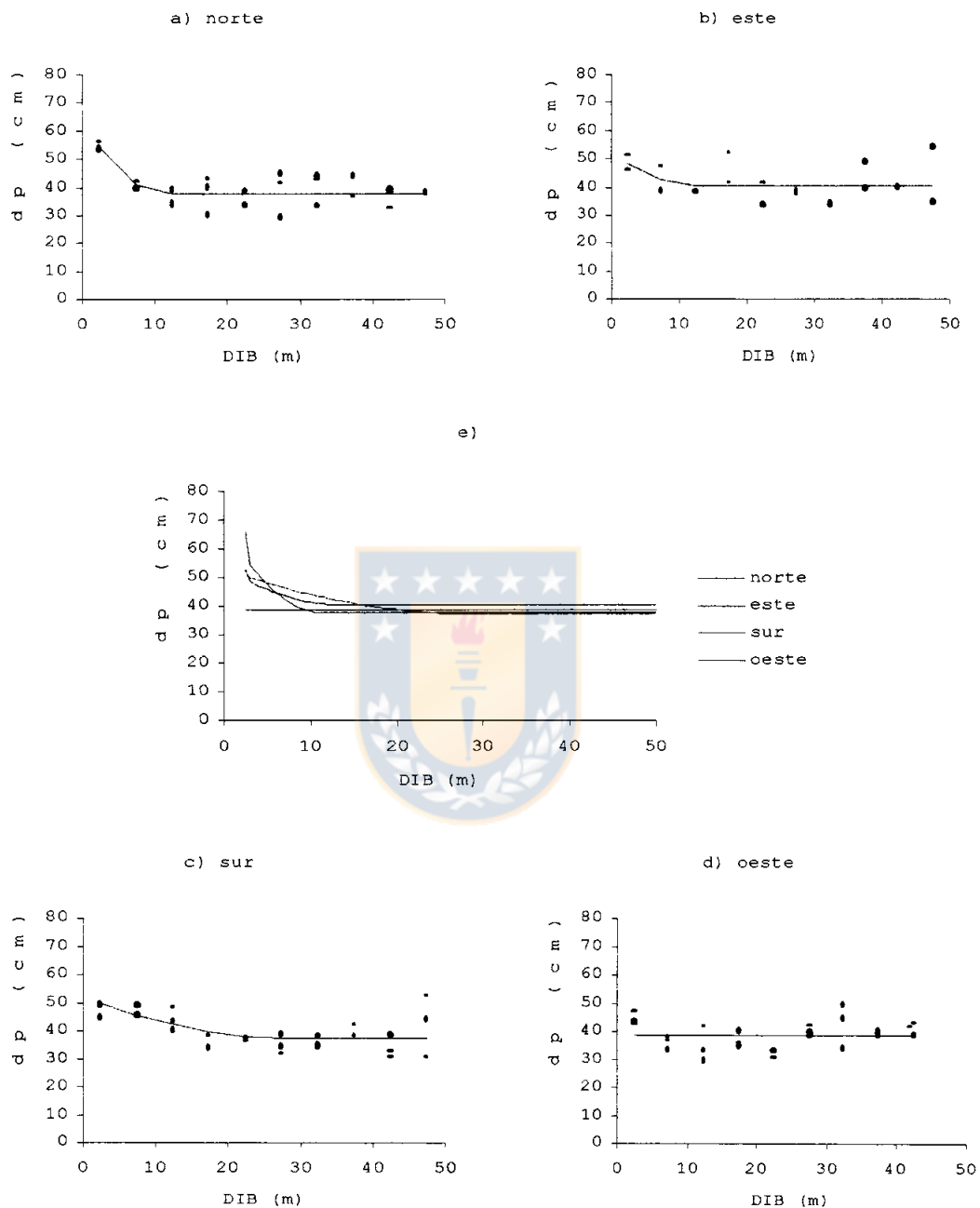


Figura 4. Efecto de borde sobre el d_p promedio (d_p). Curvas ajustadas, valores observados (.) y estimados (-) por exposición, según distancia al borde (DIB)

El área basal promedio disminuye hacia el interior del rodal en las cuatro exposiciones (Figura 5e). Al Norte (figura 5a), el efecto se extiende hasta los 10,9 m, con una disminución de 51,96% (Tabla 1). En la exposición Sur es donde el efecto se manifestó más al interior, llegando a 28,4 m (Figura 5c), con un 43,07% de disminución. En el Este el efecto se produce hasta 11,8 m (Figura 5b), decreciendo la variable en 29,72%. En el Oeste el efecto de borde se manifestó hasta los 7,5 m (Figura 5d) (17,41%).

El área basal acumulada decrece desde el borde hacia el interior en las cuatro exposiciones (Figura 6e). En el Norte el efecto se presenta hasta los 9,3 m (Figura 6a), distancia en que la variable decrece en un 58,47%. En la exposición Sur el efecto llega a los 9,7 m, disminuyendo en un 53,07% (Figura 6c). En el Este el efecto se presenta hasta 25,6 m (Figura 6b), siendo la exposición con efecto más profundo con una disminución de 52,56%. En el Oeste, el efecto permaneció hasta los 15,6 m hacia el interior del rodal, con una disminución de un 51,33% en el área basal acumulada (Figura 6d).

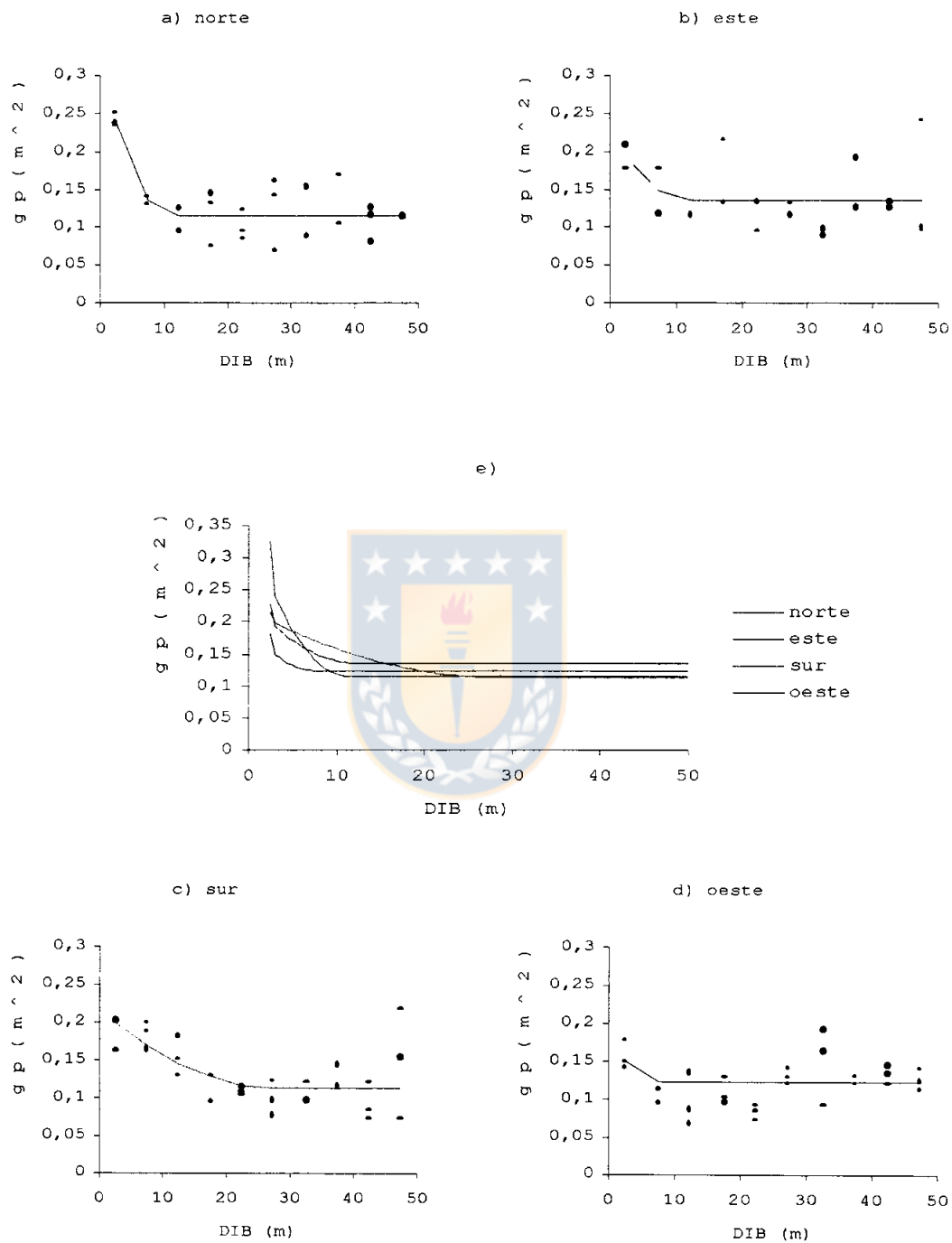


Figura 5. Efecto de borde sobre el área basal promedio (g_p). Curvas ajustadas, valores observados (.) y estimados (-) por exposición, según distancia al borde (DIB).

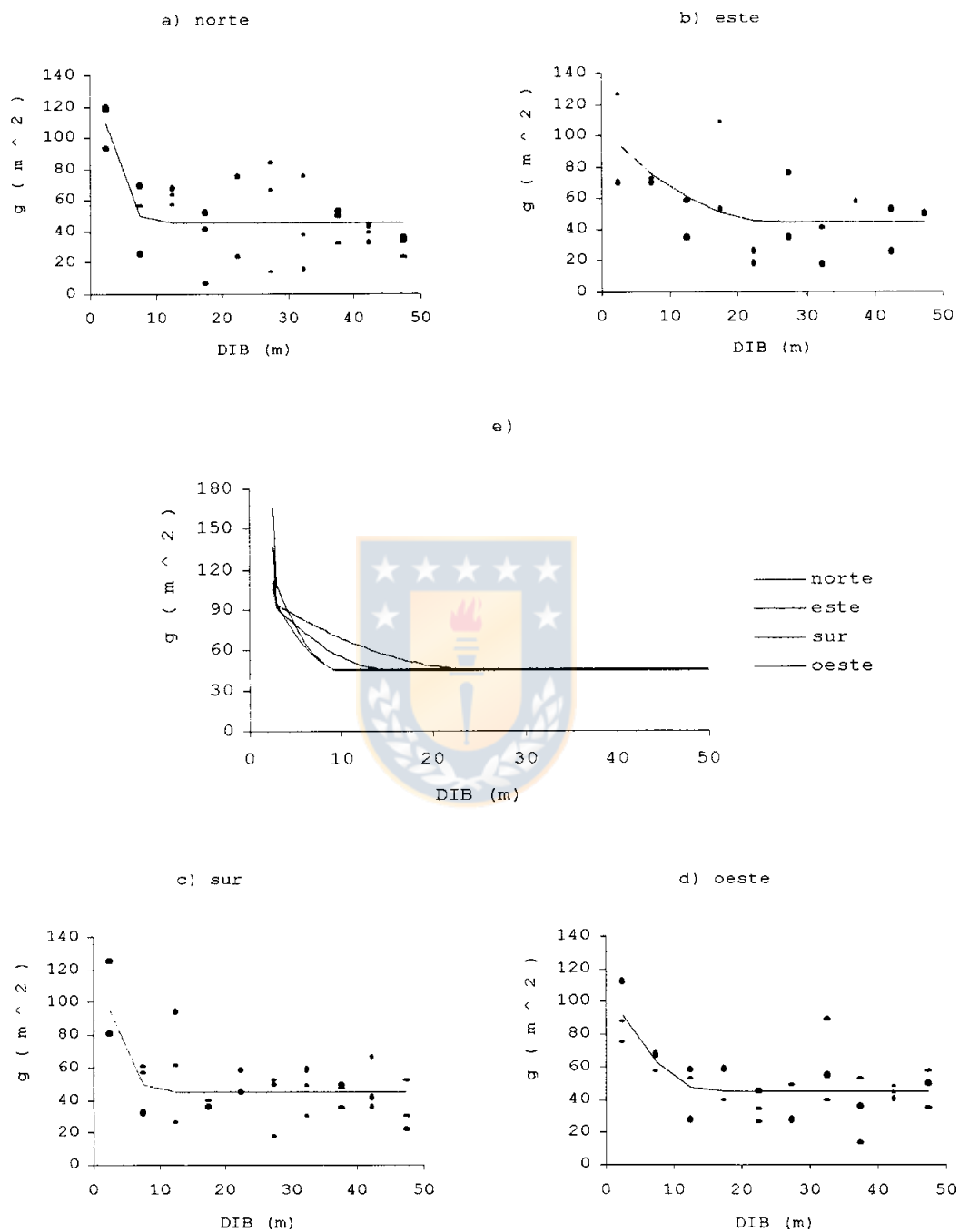


Figura 6. Efecto de borde sobre el área basal acumulada (g). Curvas ajustadas, valores observados (.) y estimados (-) por exposición, según distancia al borde (DIB).

El número de árboles sí bien decrece desde el borde hacia el interior en tres de las cuatro exposiciones (figura 7e). Aunque esto no es un efecto biológico directo del borde, este puede ser debido a que en el momento de realizar la entresaca los árboles de borde presentaron un mayor crecimiento que los de interior. Esto justifica el mayor número de árboles en el borde pues el objetivo del raleo es dejar los mejores individuos para la corta final. Además esta variable de una u otra manera puede explicar el comportamiento del dap promedio, área basal promedio, área basal acumulada en algunas de sus exposiciones en donde no se detectó claramente el efecto de borde. Es así como en el Oeste el efecto de borde se extendió a través de toda la parcela (Figura 7d), con una disminución de 54,76%, esto puede que justifique que para el dap promedio en esta exposición no se haya detectado el efecto de borde. En el Sur el efecto se prolonga desde el borde hasta los 7,5 m (Figura 7c), hasta aquí el número de árboles disminuye en un 27,64%. En el Este el efecto se manifestó hasta los primeros 5,8 m (Figura 7b), disminuyendo en un 25,56% (Tabla 1). En el único rumbo que no se detectó el efecto de borde fue en el Norte (fig.7-a).

El efecto de borde también se detecta en el diámetro a 5,27 m. Ese diámetro es mayor en el borde, disminuyendo hacia el interior del rodal (figura 8e). En la exposición Norte el efecto de borde se prolonga hasta los 3,5 m (Figura 8a), distancia en la que el diámetro disminuyó en 52,97%. En el Oeste el efecto permanece hasta los 11,2 m (figura 8d),

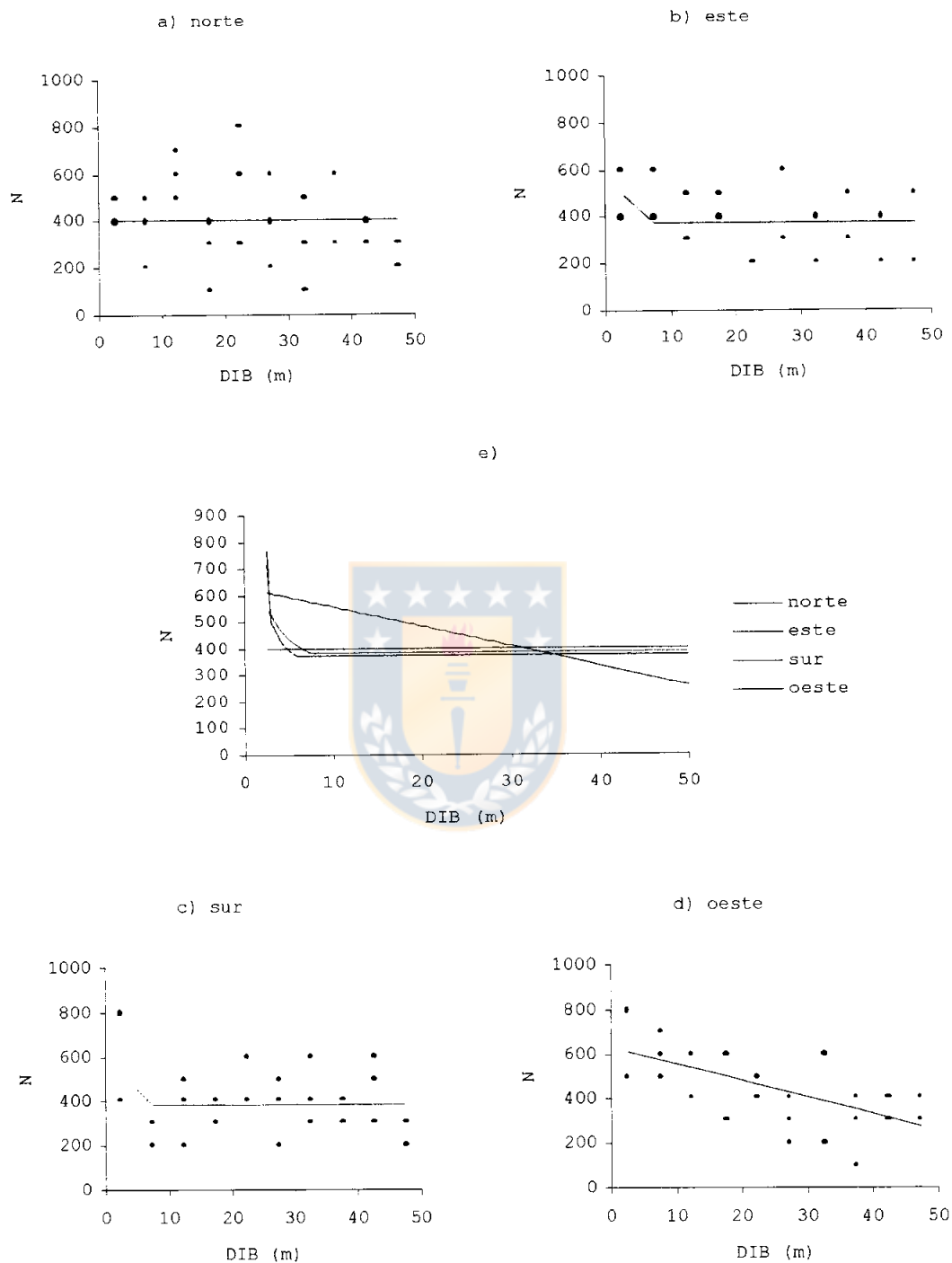


Figura 7. Efecto de borde sobre el número de árboles (N). Curvas ajustadas, valores observados (.) y estimados (-) por exposición, según distancia al borde (DIB).

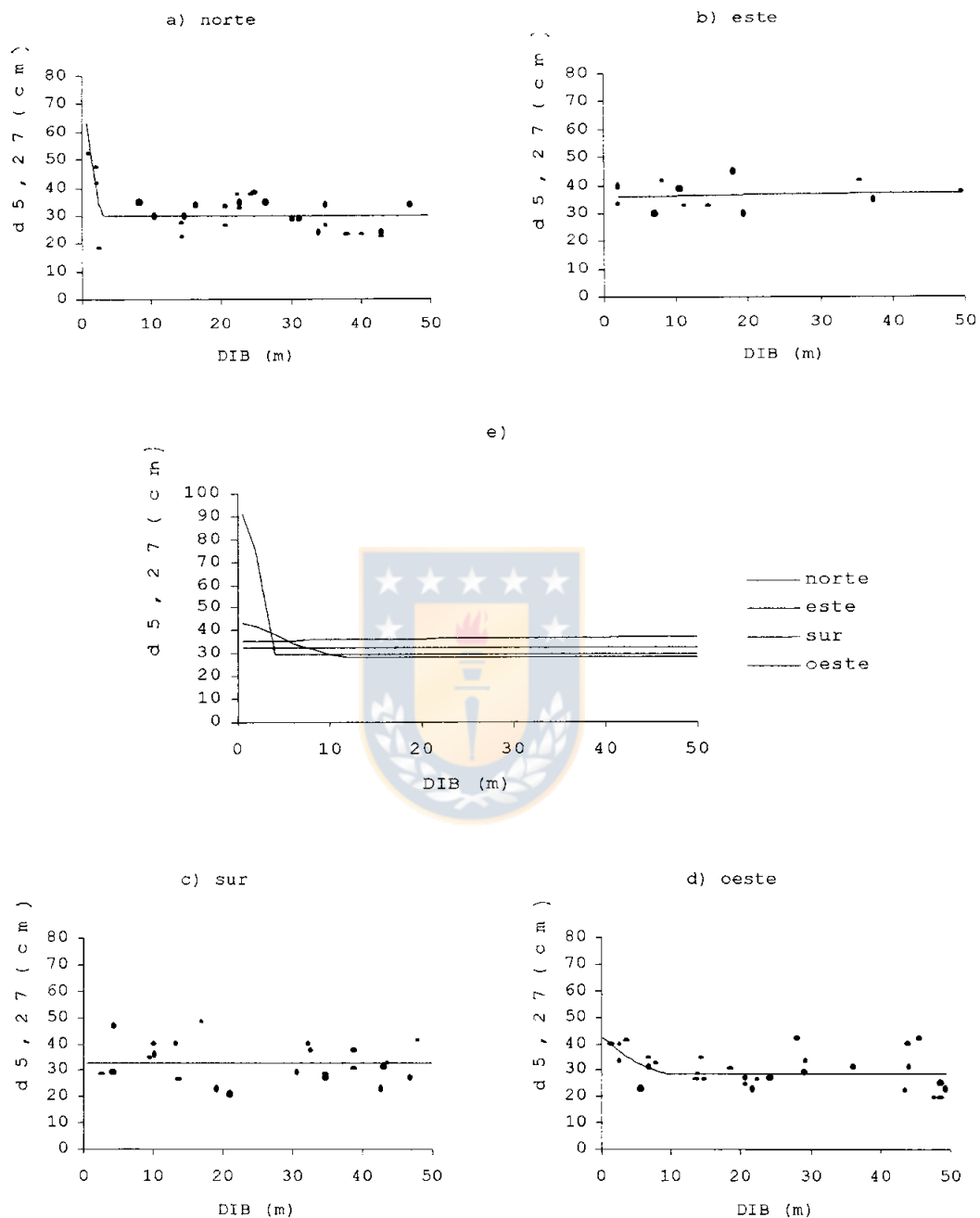


Figura 8. Efecto de borde sobre el diámetro a 5.27 m. Curvas ajustadas, valores observados (.) y estimados (-) por exposición, según distancia al borde (DIB).

distancia en la que cae en un 32,82%. En el Este y en el Sur (Figura 8d y 8c) no se detecta el efecto.

La altura total aumenta desde el borde hacia el interior del rodal (figura 9e). En el Oeste el efecto de borde es leve, no obstante, se ve que la altura es creciente hasta los 50 m (Figura 9e). Esto ocurre por la presencia de una gradiente ambiental, con un aumento del 15,36% (Tabla 1). En el Este el efecto se manifiesta hasta los 6,2 m (Figura 9b) con un incremento del 14,02%. En la exposición Norte hubo un incremento de 8,93% hasta los 7,3 m (Figura 9a). En el Sur (Figura 9c), la altura no es influenciada por el borde.

La altura de copa viva es creciente desde el borde hacia aproximadamente los 13 m (Figura 10e), siendo las cuatro exposiciones muy similares en la altura de copa viva y la distancia hasta la cual se prolonga el efecto de borde. En el Sur y en el Norte existe una diferencia mínima en cuanto al modelo resultante. En el primero la distancia a la cual el efecto desaparece es de 12,4 m (Figura 10c) con un incremento del 84,82%; en el otro, la distancia es de 12,6 m (Figura 10a) con incrementos que bordean los 79,31%. En el Oeste el efecto se hizo notar hasta los 10,9 m (Figura 10d), con un incremento del 79,3%. El Este es la exposición en que el efecto se manifestó más al interior, llegando a los 13,6 m (Figura 10b), con un aumento del 55,16%.

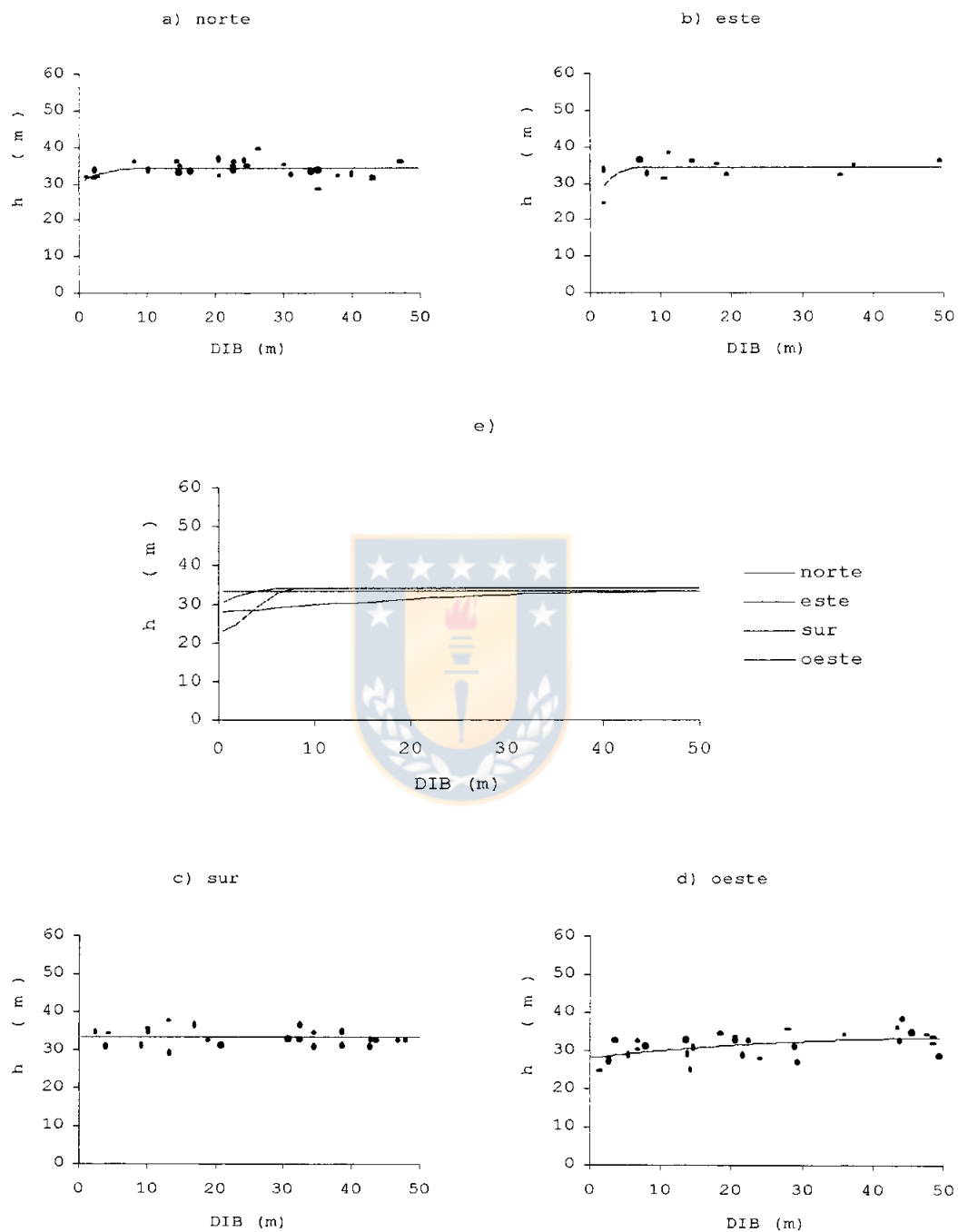


Figura 9. Efecto de borde sobre la altura total (h). Curvas ajustadas, valores observados (.) y estimados (-) por exposición, según distancia al borde (DIB).

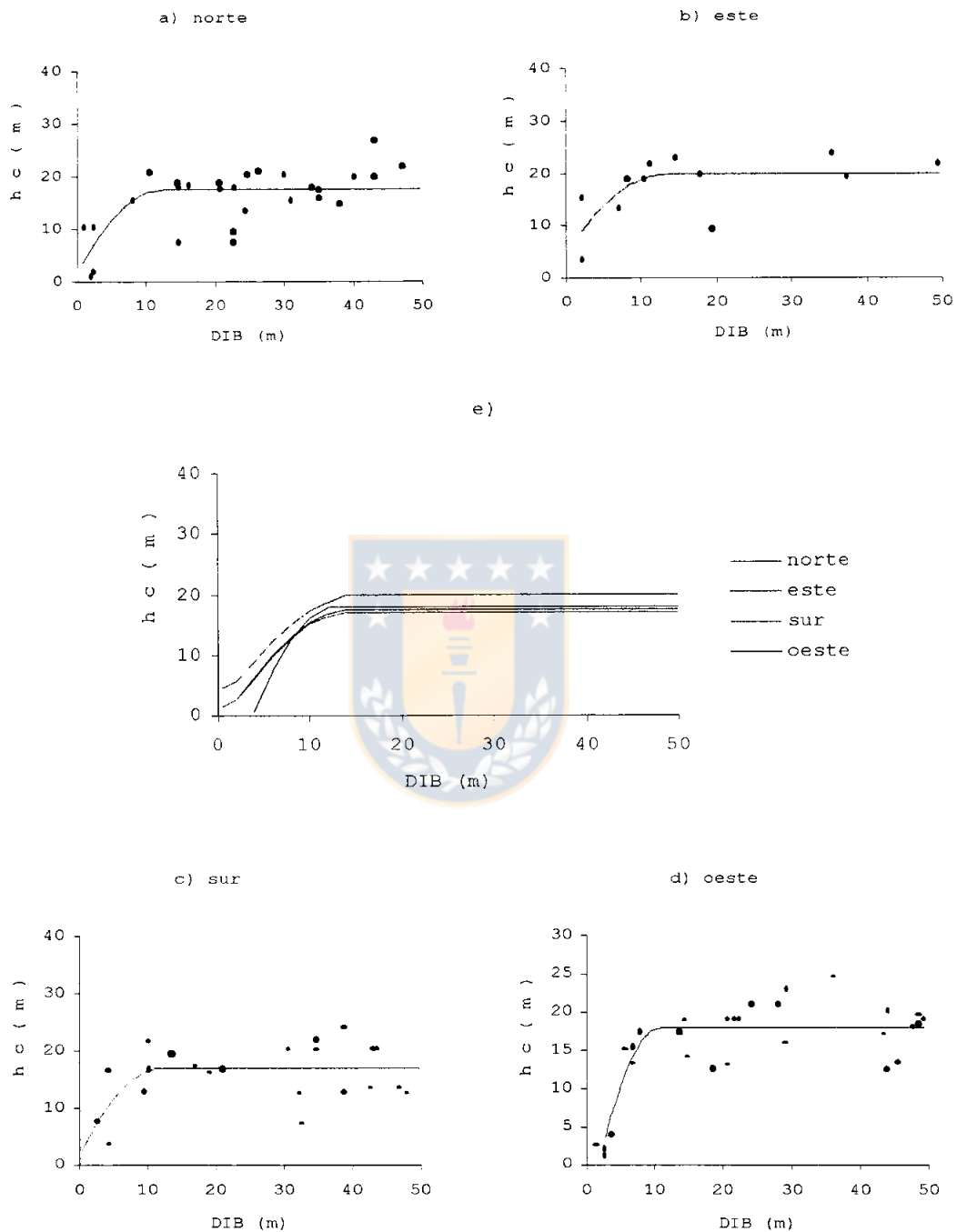


Figura 10. Efecto de borde sobre la altura de copa viva (hc). Curvas ajustadas, valores observados (.) y estimados (-) por exposición, según distancia al borde (DIB).

Los árboles de borde presentan alturas de inicio de copa viva más bajas que aquellos que se encuentran al interior del rodal. Esto se debe a que éstos están más expuestos a la luz solar directa, teniendo mayor actividad fotosintética, dando como resultado un mayor volumen de copa viva (Figura 11).



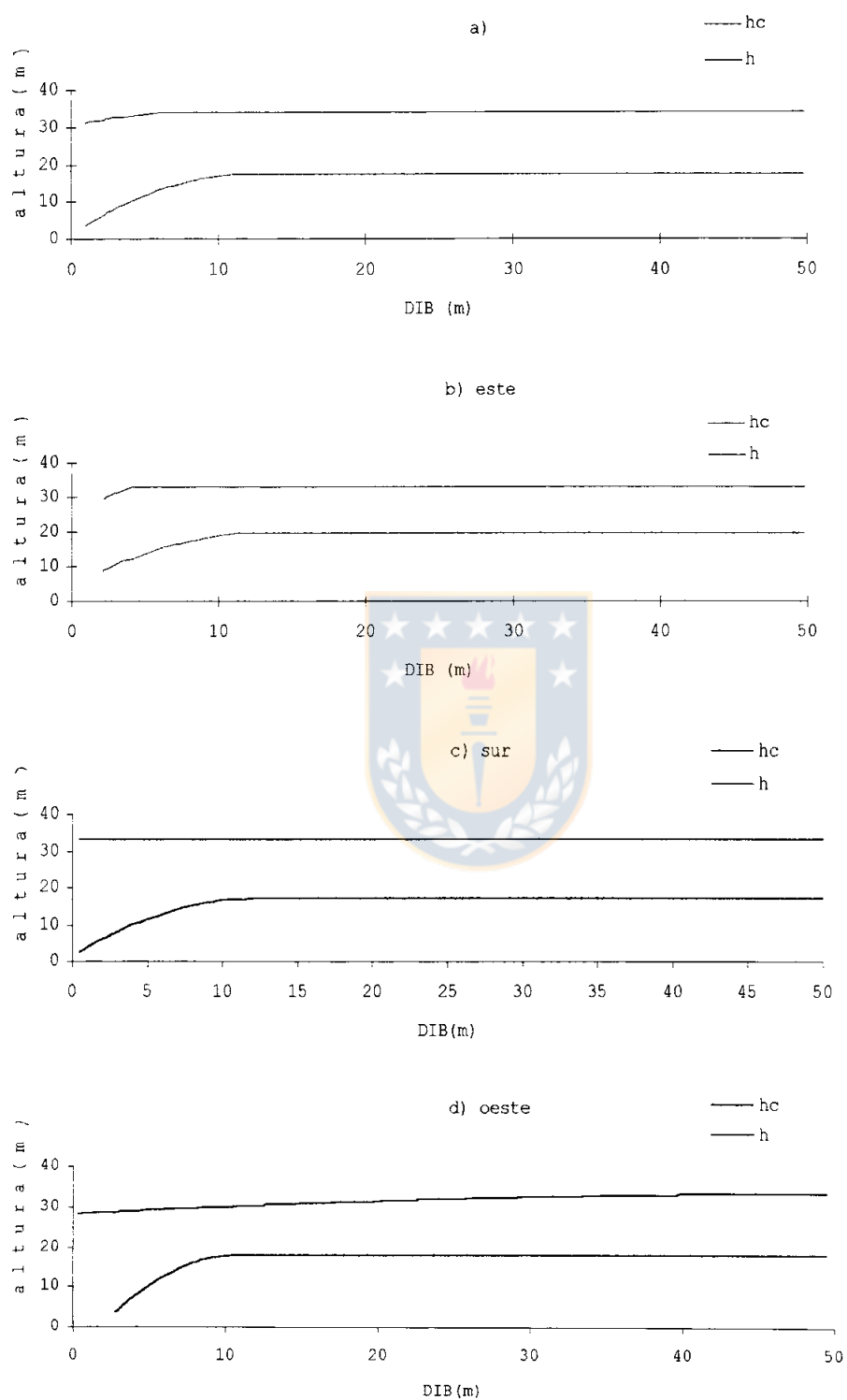


Figura 11. Efecto de borde sobre la altura de copa viva (hc) y altura total(h). Curvas ajustadas por exposición.

IV CONCLUSIONES

El efecto de borde se presenta sobre el dap, área basal promedio, área basal acumulada y altura de copa viva, en las cuatro exposiciones.

El número de árboles es mayor en el borde que en el interior del rodal en tres de las cuatro exposiciones. En el Norte no se detectó efecto

El efecto en el dap promedio se encontró sólo en tres de las exposiciones (Norte, Este y Sur).

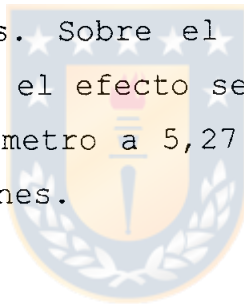
Se determinó efecto para el diámetro a 5,27 m en la exposición Norte y Oeste, en cambio en el Este y Sur no se detectó efecto.

El efecto en la variable altura total se manifestó en tres de las cuatro exposiciones. En el Sur no se registró efecto.

V RESUMEN

Se evaluó el efecto de borde en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don con borde creciendo sin competencia. Se determinó la profundidad e intensidad del efecto de borde sobre el dap, altura total, altura de inicio de copa viva, diámetro a 5.27 m, dap promedio, área basal promedio, área basal acumulada y número de árboles por hectárea.

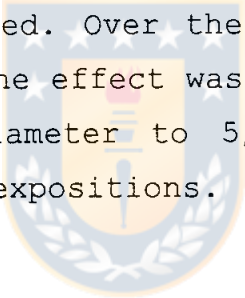
Se detectó efecto de borde sobre el dap, área basal promedio, área basal acumulada y altura de copa viva, en las cuatro exposiciones. Sobre el número de árboles, dap promedio y altura total el efecto se detectó en tres de las exposiciones. En el diámetro a 5,27 m el efecto se observó en dos de las exposiciones.



VI SUMMARY

In this study the border effect in plantations of *Pinus radiata* D. Don with border growing without competition was evaluated. Border effect depth and intensity on dbh, total height, living cup beginning height, diameter to 5.27 m (Girard shape class), mean dbh, mean basal area, accumulated basal area and the numbers of trees per hectare, was determined.

The border effect over dbh, mean basal area, accumulated basal area and living cup beginning height, in four expositions, was detected. Over the number of trees, mean dbh and total height, the effect was detected in three of the expositions. In the diameter to 5,27 m, the effect was observed in two of the expositions.



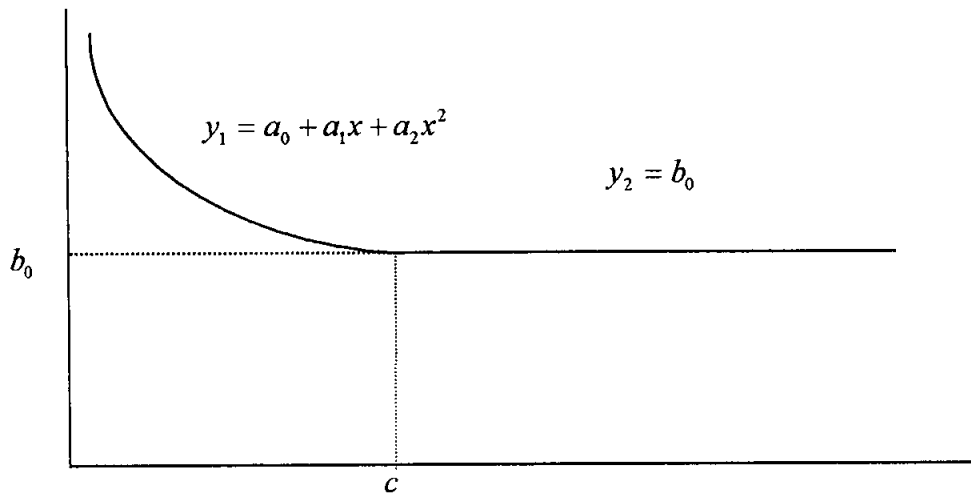
VII BIBLIOGRAFIA.

1. Belsky, A.J.; Canham, Ch. D. 1994. Forest gaps and isolated Savanna trees. An application of patch dynamics in two ecosystems. *BioScience*, 44(2):77-84.
2. Daniel, T.W.; Helms, J.A.; Backer, F.S. 1982. Principios de Silvicultura. Tr. Ramón Elizondo Mata. McGraw-Hill, México, 492p
3. Hunter Jr, M. L. 1990. Wildlife, Forests, and Forestry. Principles of Managing Forests for Biological Diversity. Prentice Hall, N.J.
4. Husch, B., Miller, C.I. y T.W. Beers. 1982. Forest mensuration. (3° ed) John Wiley and sons. New York.USA.
5. Loetsch, F., Zöhrer, F. and Haller, K. 1973. Forest inventory. Vol.II. Pag.326-327.
6. Malcolm, J. R. 1994. Edge effects in Central America amazonian forest fragments. *Ecology* 75(8):2438-2445.

7. Mayaka, T. B. 1994. A family of segmented polynomial functions for modelling the border effect on the diameter growth of Ayous (*Triplochiton scleroxylon* K. Schum). For. Ecol. Manage., 70:275-283.
8. Oliver, Ch., D.; Larson, B. C. 1990. Forest Stand Dynamics. McGraw-Hill. 467p.
9. Williams-linera, G. 1991. Los bordes de selvas y bosques. Ciencia y Desarrollo 27(97): 65-71.
10. Smith, D.M. 1986. The Practice of Silviculture. N.Y., John Wiley and sons, 8° Ed. 527p.



VIII APENDICE .



Igualdad de pendiente en c

$$\frac{\partial y_1}{\partial x} = \frac{\partial y_2}{\partial x} \quad a_1 + 2a_2c = 0 \Rightarrow \quad a_1 = -2a_2c$$

Continuidad en c

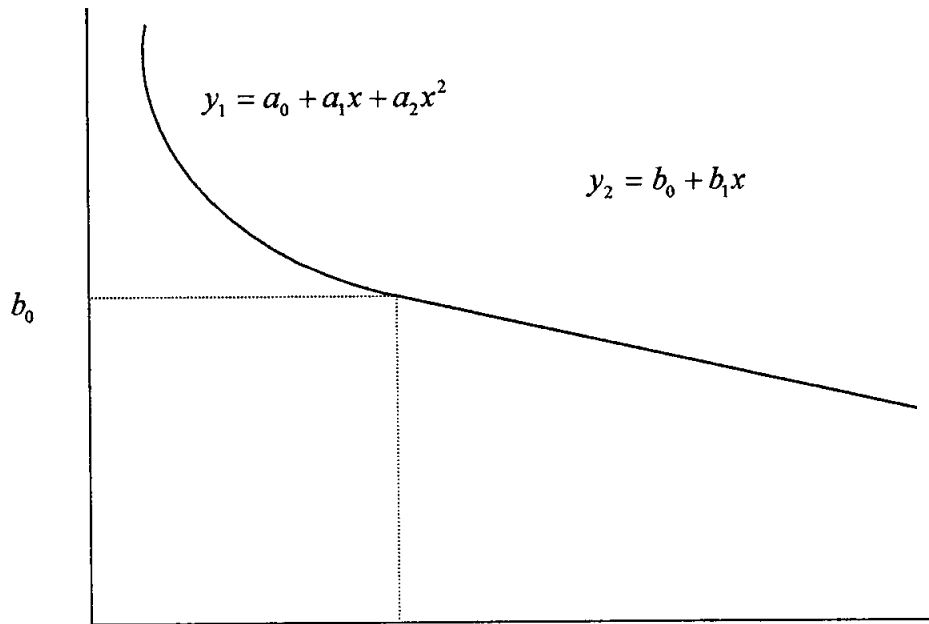
$$\begin{aligned}
 y_1 = y_2 \quad & a_0 + a_1c + a_2c^2 = b_0 \\
 & a_0 = b_0 - a_1c - a_2c^2 \\
 & a_0 = b_0 - (-2a_2c)c - a_2c^2 \\
 & a_0 = b_0 + 2a_2c^2 - a_2c^2 \\
 & a_0 = b_0 + a_2c^2
 \end{aligned}$$

Reemplazando a_0 y a_1 en y_1

$$\begin{aligned}
 y_1 &= b_0 + a_2c^2 - (2a_2c)x + a_2x^2 \\
 y_1 &= b_0 + a_2c^2 - 2a_2cx + a_2x^2 \\
 y_1 &= b_0 + a_2(c-x)^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{O sea} \quad y &= b_0 + a_2(c-x)^2 t & t=0 & ; \quad x \geq c \\
 & & t=1 & ; \quad x < c
 \end{aligned}$$

Fig.1 Injertación de modelo polinómico con una constante.



Igualdad de pendiente en c

$$\frac{\partial y_1}{\partial x} = \frac{\partial y_2}{\partial x}$$

$$a_1 + 2a_2c = b_1 \Rightarrow a_1 = b_1 - 2a_2c$$

Continuidad en c

$$a_0 + a_1c + a_2c^2 = b_0 + b_1c$$

$$a_0 = b_0 + b_1c - a_1c - a_2c^2$$

$$y_1 = y_2 \quad a_0 = b_0 + b_1c - (b_1 - 2a_2c)c - 2a_2c^2$$

$$a_0 = b_0 + b_1c - b_1c + 2a_2c^2 - a_2c^2$$

$$a_0 = b_0 + a_2c^2$$

Reemplazando a_0 y a_1 en y_1

$$y_1 = b_0 + a_2c^2 + (b_1 - 2a_2c)x + a_2x^2$$

$$y_1 = b_0 + a_2c^2 + b_1x - 2a_2cx + a_2x^2$$

$$y_1 = b_0 + b_1x + a_2(c^2 - 2cx + x^2)$$

$$y_1 = b_0 + b_1x + a_2(c-x)^2$$

$$\text{O sea } y = b_0 + b_1x + a_2(c-x)^2 \quad \begin{array}{l} t=0 ; x \geq c \\ t=1 ; x < c \end{array}$$

Si no hay gradiente $\Rightarrow b_1 = 0$

Fig.2 Injertación de modelo polinómico con una recta.