

## 60. Respuesta del canopeo y crecimiento de *Nothofagus antarctica* bajo manejo silvopastoril

Ivancich, H.<sup>1</sup>, Martínez Pastur, G.<sup>1</sup>, Lencinas, V.<sup>1</sup>, Soler, E.R.<sup>1</sup>, Peri, P.L.<sup>2</sup>

### Resumen

En Tierra del Fuego existen 202 mil ha de bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire), de los cuales, aproximadamente el 70% presenta un uso silvopastoril. El objetivo fue analizar la respuesta del bosque de ñire (altura media dominante de 10,1 m y 48 años de edad) luego de un raleo con dos intensidades (18 y 12 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal) en Ea. San Pablo, Tierra del Fuego (54°15'45" S, 66°49'44" O), dejando un rodal como testigo. En cada tratamiento se analizó anualmente el crecimiento del bosque y se establecieron 5 puntos para la evaluación de la cobertura a partir de fotos hemisféricas. Las variables de crecimiento y de canopeo muestran una fuerte respuesta de los ñirantales a los raleos. El raleo de menor intensidad presentó una cobertura de copas de 66,5% luego del raleo y aumentó 4,5% un año después debido al cerramiento de las copas. El raleo de mayor intensidad presentó una cobertura de copas de 53,0% luego del raleo y aumentó 7,8% un año después. El crecimiento diamétrico aumentó 85% y 119% en los raleos de menor y mayor intensidad respectivamente en relación al testigo. Los resultados están en relación directa con las intensidades de las intervenciones observándose una mayor respuesta en el tratamiento de mayor intensidad. Estos resultados preliminares ponen en evidencia la elevada capacidad de respuesta del canopeo de *N. antarctica* ante las intervenciones silvícolas, y definen la necesidad de implementar tratamientos intermedios en períodos cortos de tiempo.

**Palabras clave:** fotos hemisféricas; radiación; manejo silvopastoril; cobertura.

## Response of canopy and growth of *Nothofagus antarctica* under silvopastoral management

### Abstract

In Tierra del Fuego (Argentina) there are 202 thousand ha of *Nothofagus antarctica* (ñire) forests. Approximately, 70% of those forests are used for silvopastoral purposes. The objective was to assess the response of canopy and forest growth after thinning. Two intensities were established (12 and 18 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> of basal area) in San Pablo Ranch, Tierra del Fuego province (54°15'45" S, 66°49'44" W), as well as a control treatment. The forest growth was analyzed annually in each treatment, and 5 points was established for evaluate the crown cover using hemispherical photographs. Growth and canopy variables were related to the forest structure variables and silvicultural treatments. The low intensity thinning treatment showed a crown cover of 66.5% after thinning and increased 4.5% one year after due to closing crown. The higher intensity thinning treatment showed a crown cover of 53.0% after thinning and increased 7.8% one year later. The diameter growth increased 85% and 119% in low and high intensity thinning respectively in relation to control treatment. The results are directly related with intensities of silvicultural treatments, where high intensity treatment was the best treatment in absolute and relative values. These preliminary results demonstrate the high capacity of response of *N. antarctica* canopy in front the silvicultural treatments, and define the needs the implementation of intermediate treatments in short periods of time.

**Keywords:** hemispherical photographs; radiation; silvopastoral management; crown cover.

## Introducción

Históricamente, la actividad forestal en Tierra del Fuego se concentró sobre los bosques de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser (lenga) y esporádicamente sobre *N. betuloides* (Mirb.) Oersted (guindo). Los bosques de *N. antarctica* (Forster f.) Oersted (ñire) fueron relegados por ser considerados de escasa productividad industrial, siendo solo utilizados para uso ganadero (Peri, 2005). En el marco de la Ley 26.331 (Presupuestos Mínimos Ambientales para el Ordenamiento de Bosques Nativos) se exige la presentación de planes de manejo para el uso sustentable de estos bosques. La propuesta de manejo silvopastoril en bosques de ñire incluye la implementación de raleos por lo bajo que disminuyen la cobertura arbórea con el fin de aumentar la producción de forraje para el ganado (ovino y vacuno) (Peri, 2006). Es escasa la información acerca de la respuesta de los bosques de ñire ante la realización de raleos. Hasta el momento se han publicado resultados de ensayos

sobre bosques de ñire en las provincias de Chubut y Santa Cruz (Peri, 2006; Sarasola *et al.*, 2008). Mientras que en Tierra del Fuego solo se cuenta con un antecedente donde se evalúa el crecimiento de un rodal un año después del raleo (Ivancich *et al.*, 2010). Estos trabajos destacan la respuesta positiva de estos bosques ante las intervenciones silvícolas, pero principalmente en referencia al crecimiento diamétrico de los individuos. Sin embargo, se desconoce la respuesta del canopeo y la influencia que este tiene sobre la radiación solar que efectivamente llega al nivel del sotobosque. Entender estas relaciones es clave en los sistemas silvopastoriles ya que determina la producción de las pasturas (Peri *et al.*, 2009). Es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del canopeo de un rodal de *Nothofagus antarctica* ante la práctica de raleos de distinta intensidad. Asimismo, se analiza el efecto que los distintos tratamientos tienen sobre el crecimiento del rodal.

## Materiales y Métodos

En invierno del año 2009, se estableció un ensayo en la Ea. San Pablo (54°15'46"S 66°59'41"O) en la provincia de Tierra del Fuego, aplicando dos intensidades de raleo: un raleo fuerte (RF) dejando un área basal (AB) remanente de 12 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, y un raleo suave (RS) donde el AB remanente fue de 18 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. El ensayo abarcó una superficie total de 5 hectáreas (2 has para cada intensidad de raleo y 1 ha que se dejó como testigo (T)). Antes del raleo se establecieron 5 parcelas permanentes por cada tratamiento (n=15), con forma circular de 7 m de radio (153 m<sup>2</sup>), donde se midió la estructura forestal original. Para determinar la estructura post-raleo se usó un radio de parcelas de 10 m (314 m<sup>2</sup>) para RS y 12 m (452 m<sup>2</sup>) para RF. En cada parcela, se determinó el diámetro a 1,30 m de altura (DAP) mediante una cinta diamétrica y la altura total (Ht) mediante un hipsómetro láser (TruPulse 200 de Laser Technology) de todos los individuos. La altura de medición del DAP, fue señalizada mediante un clavo de acero en aquellos individuos que no fueron raleados, con el fin de repetir anualmente las mediciones del diámetro sobre la misma zona del fuste. Una vez realizado el raleo, se obtuvieron 5 rodajas por parcela de árboles dominantes para la determinación de la edad al DAP. A partir de los datos, se calculó el diámetro cuadrático medio (DCM), la densidad (N), el área basal (AB) y el volumen total con corteza (VTCC) a partir de una ecuación local previamente ajustada (Ivancich *et al.*, 2010). También se

calculó la altura dominante y el índice de sitio con edad base 50 años (IS<sub>50</sub>) que permitió determinar la clase de sitio de cada parcela (Ivancich *et al.*, 2011). No fue posible determinar la edad y el IS<sub>50</sub> en las parcelas testigo, debido a que en ese tratamiento no se aparearon individuos para la obtención de rodajas y su posterior medición de anillos.

En los dos años posteriores a la intervención, se volvió a medir el DAP. Estos datos permitieron obtener valores de crecimiento en diámetro, área basal y volumen por hectárea. Las variables obtenidas fueron analizadas mediante análisis de la varianza simples (ANOVA) y test de comparación de medias (Tukey) con una significancia del 5% utilizando el software Statgraphics 5.1. Paralelamente, en cada parcela, se tomaron fotos hemisféricas, usando un lente ojo de pez marca Sigma (Japón), del canopeo forestal a 1 m de altura desde el nivel del piso forestal, siguiendo la metodología propuesta por Martínez Pastur *et al.* (2008). Dichas fotos fueron tomadas durante el mes de enero de 2010 y enero del 2011 (n = 30). A partir del procesamiento de las fotos, mediante el software Gap Light Analyzer v.2.2, se obtuvieron las variables cobertura de copas (CC), índice de área foliar (IAF), radiación directa, difusa y global. Dichas variables fueron evaluadas mediante un análisis de medidas repetidas y test de comparación de medias (Tukey) con una significancia del 5% utilizando el software Statistica 7.0.

## Resultados

La estructura original fue similar entre tratamientos, sin diferencias significativas para ninguna variable (Cuadro 1). La edad promedio fue de 48 años al *DAP*. La altura dominante fue de 9,9 m, 11,6 m y 8,8 m para *RS*, *RF* y *T* respectivamente. Y el  $IS_{50}$  fue de 10,2 y 12,3 en *RS* y *RF* respectivamente, pertene-

ciendo en ambos casos a la mejor clase de calidad de sitio según Ivancich *et al.* (2011). Después del raleo, la estructura forestal se diferenció de acuerdo a la intensidad de las intervenciones, presentando diferencias significativas para todas las variables.

Cuadro 1: Valores promedio de variables de estructura forestal antes e inmediatamente después del raleo.

Tratamiento	Antes del raleo				Después del raleo			
	N (ind.ha <sup>-1</sup> )	DCM (cm)	AB (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	VTCC (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	N (ind.ha <sup>-1</sup> )	DCM (cm)	AB (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	VTCC (m <sup>3</sup> . ha <sup>-1</sup> )
RS	2793,3a	13,4a	38,7a	190,5a	681,2b	18,3a	18,1b	100,7b
RF	2182,7a	14,3a	34,3a	171,6a	344,8a	21,2b	12,0a	67,9a
T	2845,3a	12,4a	34,0a	163,0a				
F	1,78	2,39	0,65	0,65	88,58	9,00	10,27	5,58
(p)	(0,21)	(0,13)	(0,54)	(0,54)	(<0,01)	(0,02)	(0,01)	(0,05)

Donde: N: densidad; DCM: diámetro cuadrático medio; AB: área basal; VTCC: volumen total con corteza; RS: raleo suave; RF: raleo fuerte; T: testigo; F: test de fisher; (p): nivel de probabilidad. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

En el primer período posterior al raleo (2009-2010) el Incremento del DCM (Inc DCM) fue significativamente superior en *RS* y *RF* respecto de *T* (Cuadro 2). Mientras que el incremento del AB (Inc AB) y del VTCC (Inc VTCC) fue significativamente superior en *T* respecto de *RS* y *RF* que no se diferenciaron entre sí. Para el siguiente período (2010-2011) el Inc DCM aumentó para todos los tratamientos respecto del período anterior, 129% en *RS* 148% en *RF* y 100% en

*T* manteniendo la misma diferenciación estadísticas que en 2009-2010. Por otro lado, el Inc AB e Inc VTCC también aumentaron de manera desproporcionada entre tratamientos respecto del período anterior. El Inc VTCC de 2010-2011 representó un aumento del 98%, 151% y 48% en *RS*, *RF* y *T* respectivamente en comparación con el período 2009-2010. El aumento en ambas variables en *RS* y *RF* condujo a una desdiferenciación estadística entre los tres tratamientos.

Cuadro 2. Incrementos anuales en diámetro, área basal y volumen para los dos periodos posteriores al raleo.

Tratamiento	2009-2010			2010-2011		
	Inc DCM (cm.año <sup>-1</sup> )	Inc AB (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )	Inc VTCC (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )	Inc DCM (cm.año <sup>-1</sup> )	Inc AB (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )	Inc VTCC (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )
RS	0,21b	0,41a	2,62a	0,48b	0,78a	5,20a
RF	0,23b	0,27a	1,78a	0,57b	0,66a	4,47a
T	0,13a	0,69b	3,93b	0,26a	1,01a	5,80a
F	12,80	18,28	12,65	7,51	2,75	1,17
(p)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(0,10)	(0,34)

Donde: Inc DCM: incremento anual del diámetro cuadrático medio; Inc AB: incremento anual del área basal; Inc VTCC: incremento anual del volumen total con corteza; RS: raleo suave; RF: raleo fuerte; T: testigo; F: test de fisher; (p): nivel de probabilidad. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A partir del análisis de las fotos hemisféricas se determinó un promedio para la temporada de crecimiento (octubre-marzo) de la radiación global (*RG*) sobre el canopy de 38,7 W.m<sup>-2</sup> compuesta por una

radiación directa (*Rdir*) de 6,8 W.m<sup>-2</sup> y una radiación difusa (*Rdif*) de 31,9 W.m<sup>-2</sup>. En el análisis factorial de medidas repetidas de las variables de canopy y de radiación (Cuadro 3) se observaron diferencias

significativamente entre años para todas las variables, determinándose un aumento en la CC y el IAF desde el año 2010 hasta el 2011 y una disminución de las radiaciones para dicho periodo. Al comparar

las variables entre las distintas intensidades de raleo (Factor B), también se registraron diferencias significativas para todas las variables y entre todos los niveles de dicho factor (Cuadro 3).

Cuadro 3: Valores promedio de variables de canopy y de radiación uno y dos años después de las intervenciones para las distintas intensidades de raleo.

Factor	Tratamiento	CC (%)	IAF	% Rdir (%)	% Rdif (%)	% RG (%)
A	2010	67,1a	1,2a	45,7b	41,7b	42,4b
	2011	71,4b	1,3b	40,9a	38,1a	38,6a
	F (p)	30,78 (<0,01)	7,00 (0,02)	36,22 (<0,00)	15,50 (<0,01)	17,18 (<0,01)
B	RS	68,7b	1,1b	41,1b	40,7b	40,8b
	RF	56,9a	0,7a	61,6c	55,3c	56,4c
	T	82,0c	1,8c	27,1a	23,8a	24,4a
	F (p)	127,71 (<0,01)	57,56 (<0,01)	11,09 (<0,01)	168,72 (<0,01)	128,21 (<0,01)
A x B	F (p)	6,99 (<0,01)	1,67 (0,23)	11,54 (<0,01)	3,37 (0,07)	5,77 (0,02)

Donde: CC: cobertura de copas; IAF: índice de área foliar; %Rdir: porcentaje de la radiación directa; %Rdif: porcentaje de la radiación difusa; %RG: porcentaje de la radiación global; RS: raleo suave; RF: raleo fuerte; T: testigo. F: test de fisher; (p): nivel de probabilidad. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos y años según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

De todas las variables analizadas, solo se registraron interacciones para la CC, Rdir y RG. La CC presentó un aumento en todos los tratamientos desde el 2010 al 2011, pero la magnitud de este aumento fue mayor en RF respecto de RS y mayor en RS respecto de T (Gráfico 1). Por otro lado, la Rdir disminuyó en RF

y RS de 2010 a 2011 mientras que en T se observó un leve aumento. La RG mostró un comportamiento similar a la Rdir, presentando una disminución entre años para RF y RS mientras que el tratamiento T se mantuvo constante.

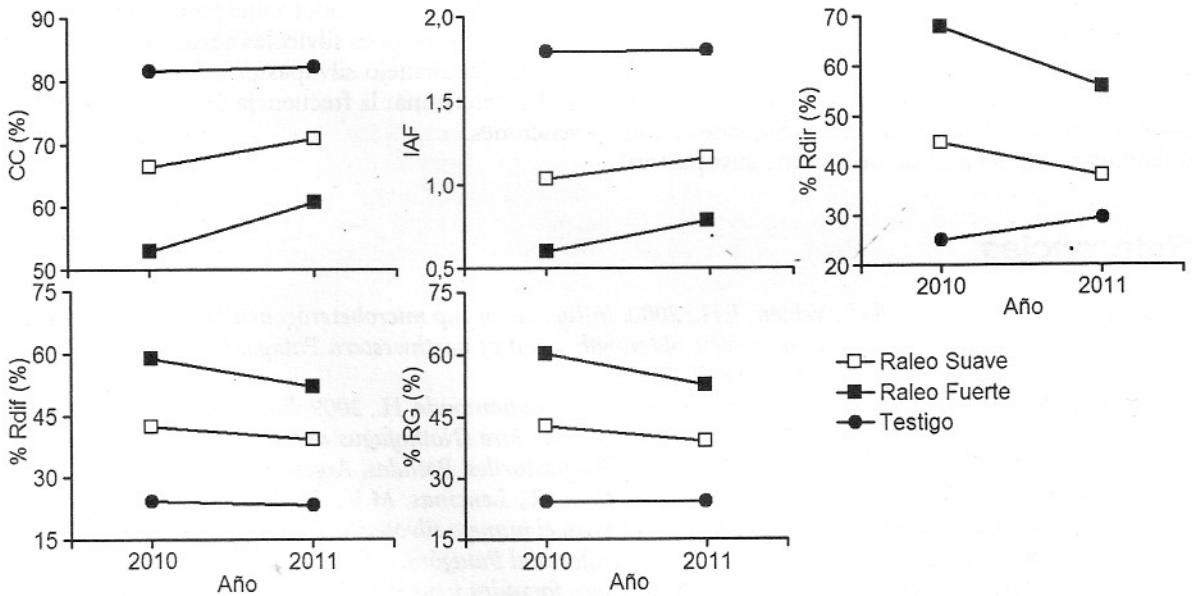


Gráfico 1. Interacciones entre los factores tratamiento y año. Donde: CC: cobertura de copas; IAF: índice de área foliar; %Rdir: porcentaje de la radiación directa; %Rdif: porcentaje de la radiación difusa; porcentaje de la radiación global.



## Discusión

La estructura original presentó características similares a las de un bosque secundario con una CC coincidente a la registrada en el centro de Tierra del Fuego (CC = 85 %) (Soler Esteban *et al.*, 2010). La intensidad de los raleos fue inferior a lo sugerido para este tipo de bosques dejando una CC remanente en RF y RS de 53% y 66% respectivamente. De acuerdo a Peri *et al.* (2009), en sitios con regímenes hídricos favorables, se recomienda la aplicación de raleos intensos que dejen una CC remanente de 30-40% para maximizar la producción de pastizal del sotobosque.

La respuesta en crecimiento del bosque de ñire estuvo en relación directa con la intensidad de las intervenciones ensayadas, siendo RF el tratamiento que presentó el mayor Inc DCM luego del raleo. EL aumento del incremento diamétrico luego del raleo fue menor al registrado por Sarasola *et al.*, (2008) en un ensayo en la provincia de Chubut, esto puede deberse a la baja densidad relativa que presentaba inicialmente el rodal (Ivancich *et al.*, 2010). Mientras que los mayores incrementos de AB y VTCC por hectárea que fueron registrados en los tratamientos T y RS respecto de RF quedan explicados por la mayor den-

sidad de árboles que presentan estos tratamientos. Los cambios en la cobertura producidos por los raleos, modificaron el nivel de radiación que llega al suelo, siendo esta, una de las principales variables que determinan el desarrollo del sotobosque (Heinemann *et al.*, 2000, Lencinas *et al.*, 2011). Por otra parte, así como sucede con el incremento diamétrico, nuestros resultados evidencian una rápida respuesta del canopeo a las intervenciones silvícolas. Dicha respuesta fue significativamente mas importante en RF donde la CC aumentó un 7,8 % un año después del raleo asemejándose a los valores iniciales de CC del RS. Asociado a este aumento progresivo de la CC, está relacionada la disminución de la radiación que penetra el canopeo. Este cerramiento de copas y su consiguiente disminución de la radiación influye fuertemente sobre la producción de biomasa de las pasturas así como también en la diversidad de la vegetación de sotobosque (Soler Esteban *et al.*, 2008). Según Peri *et al.* (2009) un raleo que deje una CC del 50-60% determinaría un aumento en la pastura de  $300 \pm 150 \text{ Kg MS} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$  partiendo de un bosque cerrado con un 80-90 % de cobertura.

## Conclusiones

Los bosques de *N. antarctica* presentan una gran capacidad de respuesta ante los raleos. Esta respuesta se manifiesta tanto en el crecimiento diamétrico como en el aumento de tamaño de las copas. La modificación de las características del canopeo es clave para el entendimiento de las interrelaciones de los diferentes componentes de un sistema silvopastoril.

Conocer la dinámica del canopeo del bosque resulta indispensable para poder determinar la intensidad de las intervenciones silvícolas a realizarse dentro de un plan de manejo silvopastoril, así como también poder determinar la frecuencia de este tipo de intervenciones.

## Referencias

- Heinemann, K., Kitzberger, T.H., Veblen, T.H., 2000. Influences of gap microheterogeneity on the regeneration of *Nothofagus pumilio* in a xeric oldgrowth forest of northwestern Patagonia, Argentina. *Canadian Journal of forest Research* 30:25-31.
- Ivancich, H., Soler Esteban, R., Martínez Pastur, G., Peri, P., Bahamonde, H., 2009. Índice de densidad de rodal aplicado al manejo silvopastoril en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur. *Actas I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*. Posadas, Argentina, pp. 245-250.
- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Peri, P., Soler Esteban, R., Lencinas, M.V., 2010. Primeros resultados de raleos bosques de *Nothofagus antarctica* para el manejo silvopastoril en Tierra del Fuego (Argentina). *Actas I Congreso Internacional Agroforestal Patagónico*. Coyhaique, Chile, pp. 298.
- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Peri, P., 2011. Modelos forzados y no forzados para el cálculo del índice de sitio en bosques de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur. *Bosques*. 32(2),135-145.

- Lencinas, M.V, Martínez Pastur, G, Gallo, E, Cellini, J.M., 2011. *Alternative silvicultural practices with variable retention to improve understory plant diversity conservation in southern Patagonian forests.* *Forest Ecology and Management* 262, 1236-1250.
- Martínez Pastur, G., Cellini, J.M., Lencinas, M.V., Peri, P., 2008. *Potencialidad de la cosecha y rendimiento industrial de bosques de Nothofagus antarctica en Tierra del Fuego (Argentina).* *Actas IV congreso Chileno de Ciencias Forestales Talca, Chile, pp. 48.*
- Peri, P.L., 2005. *Sistemas Silvopastoriles en Ñirantales.* *IDIA XXI Forestal* 5(8), 255-259.
- Peri, P.L., 2006. *Sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire de Patagonia Sur.* *SAGPyA Forestal* 38.
- Peri, P., Hansen, N., Rusch, V., Tejera, L., Monelos, L., Fertig, M., Bahamonde, H., Sarasola, M., 2009. *Pautas de manejo de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de Nothofagus antarctica (ñire) Patagonia.* *Actas I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Posadas, Argentina, pp.151-155.*
- Soler Esteban, R.M., Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Bassino, E., 2008. *Valor de conservación de plantas del sotobosque en bosques de Nothofagus antarctica bajo manejo silvopastoril.* *Actas III Congreso Nacional de Conservación de la Biodiversidad. Buenos Aires, Argentina, pp. 339.*
- Soler Esteban, R., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Peri, P., 2010. *Flowering and seeding patterns in primary, secondary and silvopastoral manager Nothofagus antarctica forest in South Patagonia.* *New Zealand Journal of Botany*, 48(2),63-73.
- Sarasola, M., Fernández, M.A., Gyenge, J., Peyrou, C. 2008. *Respuesta de los ñires al raleo en la cuenca del Río Foyel.* *EcoNothofagus 2008 Segunda Reunión sobre Nothofagus en la Patagonia. Esquel, Argentina, pp. 47.*