

# Simulación del Crecimiento en Plantaciones de *Pinus ponderosa* (Dougl) Laws de la Empresa CORFONE S.A. Mediante el Uso del Simulador Piltriquitrón de INTA

Letourneau F.J. \* Roccia A. † Andenmatten E. \* Oliva E. † Casado J.P. † Del Vas J.

\*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA Bariloche, and †Corporación Forestal Neuquina S.A. Pcia. del Neuquén, Argentina

Trabajo presentado en el IV Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Iguazú, Misiones, Argentina, 23-27 Septiembre de 2013

El manejo forestal sustentable requiere de una correcta planificación, para esto es imprescindible anticipar el rendimiento de los rodales. El simulador Piltriquitrón permite predecir el crecimiento de las principales especies forestales cultivadas en la región Andino Patagónica de las provincias de Chubut, Río Negro y Neuquén. Se presentan los resultados de una validación de la simulación del crecimiento de árboles en plantaciones de la empresa CORFONE S.A. Para esto se dispuso de una base de datos de 41 parcelas permanentes con un amplio rango de condiciones (19 a 35 años edad total, 210 a 1470 arb/ha, e índices de sitio de 12 m a 22.5 m). La validación se realizó mediante la prueba independiente de F para los coeficientes de ordenada y pendiente de la recta ajustada entre valores observados y estimados para un índice de densidad relativa de rodal y del área basal, para un período de proyección de 1 año. Del análisis surge que los errores en la proyección del crecimiento se distribuyeron normalmente, en el primer caso con un promedio y desvío estándar de 0,0 % (+/- 2%), con límites de confianza ( $p$ -valor=0,05) de los parámetros de la recta de 0,97 a 1,00 para la pendiente y -0,05 a 0,19 para la ordenada. Mientras que para el área basal el error fue de 0,0 % (+/- 3%), con límites de confianza de los parámetros de la recta de 0,95 a 1,0 y de -0,07 a 1,63 para pendiente y ordenada respectivamente. Esta validación permite disponer de una herramienta de muy bajo costo de implementación para la planificación del recurso forestal de la empresa.

modelo de simulación | índice de densidad de rodal

## Introducción

La producción forestal requiere de una correcta planificación para lograr un manejo forestal sustentable, para esto es necesario anticipar los niveles de rendimiento de cada rodal. La empresa CORFONE S.A. impulsa y lleva adelante la política forestal de la Prov. de Neuquén siendo la empresa forestal de mayor envergadura de la provincia y de la región patagónica tanto en lo silvícola como en la foresto-industria, con una superficie de aproximadamente 10.000 ha de plantaciones de coníferas, principalmente Pino ponderosa (Fig 1).

En este trabajo presentamos en forma resumida, una aplicación del simulador forestal Piltriquitrón v 1.0, que es el resultado de los trabajos realizados por el Grupo de Silvicultura de la EEA Bariloche de INTA. Permite estimaciones actuales y futuras en parcelas de muestreo, considerando situaciones con o sin raleo, con flexibilidad acorde a una gran cantidad de escenarios que pueden plantearse en el contexto del manejo forestal. Este simulador es eficiente en abordar muy distintas condiciones de las forestaciones debido a que no es la edad, sino el tamaño y su cambio lo que conduce al modelo. Esta característica es crucial, ya que permite agrupar una gran cantidad de situaciones, generadas por diferencias de crecimiento, edad, densidad, etc. Las simulaciones se basan en que el rendimiento es dependiente del tamaño, y no del tiempo que se requirió para alcanzarlo. Por ejemplo, en un sitio una

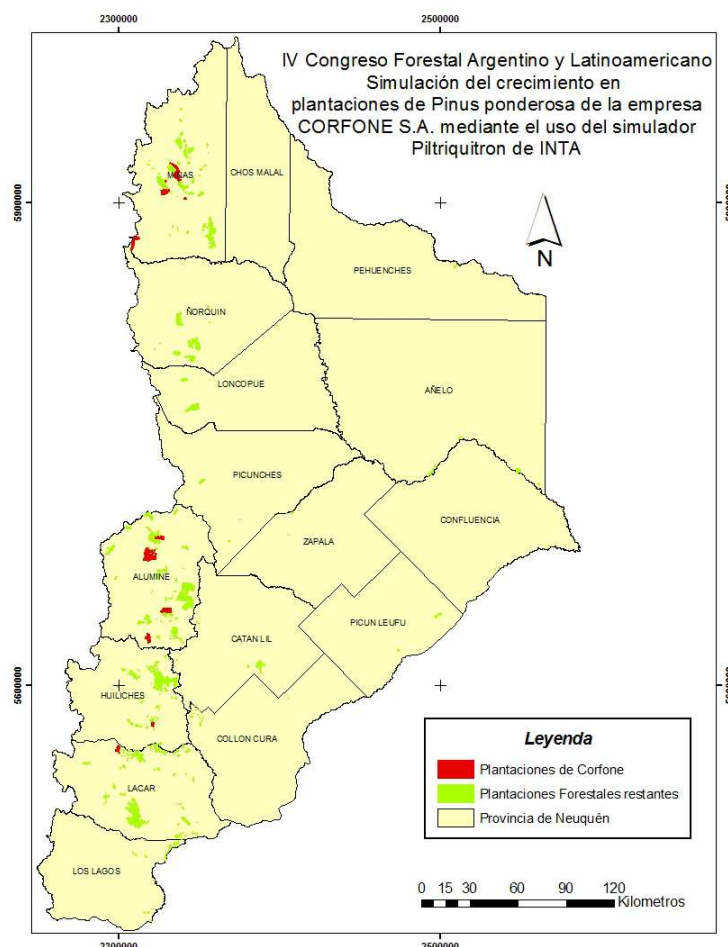


Fig. 1. Mapa de forestaciones de la Prov. del Neuquén y CORFONE S.A.

altura de 15 m puede implicar un tiempo de 17 años, y en otro sitio alcanzar esa altura puede implicar un tiempo de 23 años. Lo que se indica, es que el resultado será el mismo, ya que depende de la altura alcanzada (15 metros). Además debido a la forma de realizar las proyecciones es posible modelar por períodos de distinta cantidad de años (1 año, 5 años, 10 años, etc).

La proyección del crecimiento en altura se basa en el Índice de Sitio y edad de la parcela. Para definir el Índice de sitio, se recurre a una función que utiliza la altura dominante inicial y la edad que le corresponde, o bien a una alternativa que es

aplicar una función de intercepción del crecimiento (Andenmatten y Letourneau, 1997). El simulador emplea el vínculo entre dos índices de densidad que expresan la relación tamaño-densidad, siendo estos, los índices densidad relativa (DR, Curtis, 1982) y factor de altura (FH). El Factor de altura FH es modelado a partir del crecimiento en altura y con esto se obtiene el valor de Densidad Relativa de Curtis (1982) equivalente al índice de rodal de Reineke, luego por deducción matemática permite establecer el valor de área basal (G) para mayores detalles en relación a los algoritmos del simulador se puede consultar Andenmatten y Letourneau (2003). El objetivo de este trabajo fue evaluar la precisión del simulador Piltriquitrón v 1.0 para la estimación del crecimiento de un año, en forestaciones de la empresa CORFONE S.A.

### Materiales y Métodos

Para este trabajo se utilizó información de las bases de datos para el revalúo de las plantaciones de la Empresa CORFONE S.A., cuyos principales parámetros de la masa se presentan en la Tabla 1. Esta información es brindada por una red de parcelas permanentes con un amplio rango de edades, densidades y calidades de sitio.

La bondad de las proyecciones de crecimiento se probó mediante el ajuste de la recta de datos observados contra estimados, que prueba con significación estadística si el valor de la pendiente se puede considerar 1 (uno) y su ordenada 0 (cero), esta prueba es utilizada para la validación de modelos de aplicación forestal (Weiskittel et al, 2011 ). Además se analizó la normalidad de los residuos mediante el Test de normalidad de Lilliefors (1967), ambos test fueron realizados utilizando el software de programación numérica MATLAB licencia Nro. 319452.

### Resultados y Discusión

Las proyecciones realizadas muestran que tanto para la densidad relativa (DR), como el área basal (G), los errores,  $((\text{valores observados} - \text{estimados}) / \text{valores observados} \times 100)$ , se encontraron dentro del intervalo de  $\pm 10\%$  del valor observado, además los errores se distribuyeron normalmente, siendo el error promedio y desvío estándar =  $0,0\%$  ( $\pm 2\%$ ) para DR, y de  $0,0\%$  ( $\pm 3\%$ ) para G. La validación mediante la recta de pendiente 1 y ordenada 0 (Fig. 1) presentaron límites de confianza (95%) de 0,97 y 1,0 para la pendiente; y de -0,05 y 0,19 para la ordenada en el caso de la proyección de DR. Mientras que para la proyección de G los límites de confianza fueron de 0,97 y 1,0 para la pendiente, y de -0,07 y 1,63 para la ordenada. Cuando los límites de confianza contienen al valor de la recta de referencia (pendiente 1, ordenada 0) entonces la prueba de correspondencia entre valores observados y estimados es aceptada.

### Conclusiones

El ejercicio de validación presentado muestra que las simulaciones fueron precisas e insesgadas. Si bien el lapso de proyección es pequeño, los resultados muestran que el simulador puede ser utilizado para las actividades de planificación y revalúo de la empresa, permitiendo un considerable ahorro en los costos de relevamiento del recurso forestal.

**Agradecimientos.** Este trabajo se realizó con los aportes de CORFONE S.A., y del Proyecto Nacional Forestal de INTA Nro. 1104074 Desarrollo de Modelos de Crecimiento y Producción Forestal, Caracterización de la Calidad de los productos forestales y Economía Forestal, mediante el convenio de Cooperación Técnica Número 20974.

1. ANDENMATTEN E. LETOURNEAU F.J. 1997. Funciones de intercepcin de crecimiento para prediccin de ndice de sitio en pino ponderosa de aplicacin en la regin andino Patagnica de Ro Negro y Chubut. Quebracho 5:5-9.
2. ANDENMATTEN E. LETOURNEAU F.J., 2003. Prediccin y proyeccin de pino ponderosa en las provincias de Chubut y Ro Negro, Argentina. Quebracho. Revista de Ciencias Forestales Vol 10 pp 14-25. ISSN 0328-0543.
3. ASSMANN E. 1970. The Principles of Forest Yield Study. Studies in the Organic Production, Structure, Increment and Yield of Forest Stands. Oxford: Pergamon Press. 506 pp.
4. CURTIS R.O., 1982 A Simple Index of Stand Density for Douglas-Fir. Forest Science., Vol 28. No. 1 pp 92-94.
5. LILLIEFORS, H. 1967. On the KolmogorovSmirnov test for normality with mean and variance unknown, Journal of the American Statistical Association, Vol. 62. pp. 399-402.
6. WEISKITTEL A.R; HANN D.W.; KERSHAW J.A.JR; VANCLAY J. 2011. Forest Growth and Yield Modelling. Wiley-Blackwell. 430 pp.

	N	G	Dg	DR	V	EDAD	FH	H100	IS
Promedio	610	37.7	29.0	7.0	253	28	3.6	15.5	15.3
Desvest	292	15.8	6.5	2.8	125	5	1.0	3.7	2.3
Máximo	1470	69.9	42.8	13.3	595	35	7.3	23.0	22.4
Mínimo	210	13.7	19.1	2.9	68	19	2.0	9.9	11.8
n	41	41	41	41	41	41	41	41	41

Donde: N: número de árboles vivos por hectárea. G: área basal en metros cuadrados por hectárea calculada en base a N. Dg: Diámetro medio cuadrático [cm]. DR: densidad relativa de Curtis (1982). V: volumen bruto de fuste [m3/ha]. EDAD: Edad total expresado en años, el simulador para su funcionamiento utiliza la edad a la altura del pecho, aquí se indica la edad total como referencia. FH: factor de espaciamiento de Hart Becking. H100: Altura dominante [m], calculado como el promedio de los 100 árboles más gruesos por hectárea, de acuerdo a Assmann (1970). IS20: índice de sitio, expresado en metros como la H100 cuando la plantación tiene 20 aos de edad al pecho.

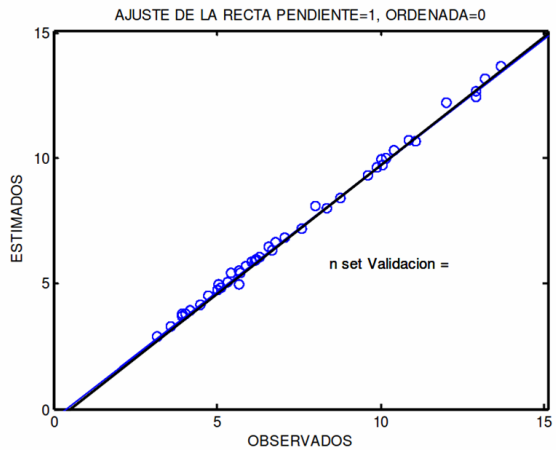


Fig. 2. DR observados vs DR estimados para 41 parcelas de Pino ponderosa, (Círculos vacíos). Recta de pendiente valor uno y ordenada cero (pasa por el origen).