

TRABAJOS ORIGINALES

## Crecimiento de *Ocotea cernua* (Lauraceae) en bosques aluviales inundables de la Amazonía peruana

### Growth of *Ocotea cernua* (Lauraceae) in Peruvian Amazon floodplain forests

Juan Rommel Baluarte Vásquez<sup>1</sup> y Juan Gabriel Álvarez González<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Avenida 7 N° 229, Urb. Rinconada Baja, La Molina, Lima, Perú.

<sup>2</sup> Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela. 27002. Lugo, España.

Email Juan Baluarte: [jbaluarte@hotmail.com](mailto:jbaluarte@hotmail.com)

Email Juan Alvarez: [juangabriel.elvarez@usc.es](mailto:juangabriel.elvarez@usc.es)

#### Resumen

*Ocotea cernua* (Nees) Mez, "moena negra", es una especie comercial que se desarrolla en los bosques del llano aluvial inundable de la Amazonía peruana. Este estudio, proporciona información sobre su crecimiento, y que puede utilizarse en el manejo de la especie. Se analizó la abundancia y estructura de *O. cernua* en nueve parcelas permanentes (100 m x 100 m) y 24 transectos (40 m x 100 m). El análisis de los registros sobre crecimiento en diámetro, mostró que el incremento anual medio y el incremento anual máximo, alcanzan un valor máximo de 9.5 y 17.4 mm/año, ambos en la clase diamétrica de 25 a 30 cm. Tomando como base ambos incrementos, el tiempo necesario para que un árbol alcance diámetros >30 cm DAP, sería de 60 y 34 años, respectivamente. Basado en factores de competencia entre árboles, el modelo de crecimiento ajustado estima que la tasa máxima de crecimiento en diámetro anual es 2.10, 1.28 y 0.50 cm para árboles con baja, media y alta competencia. Esta tasa máxima de crecimiento ocurre cuando los árboles cuentan con DAP que oscilan entre 21.10, 20.28 y 20.50 cm, para baja, media y alta competencia, respectivamente; sin embargo, el tiempo que requiere un árbol para obtener dichos diámetros varía enormemente, con valores de 12.31 cm para baja competencia, 20.35 para media competencia y 54.51 años para alta competencia.

**Palabras clave:** Bosque tropical; dendroecología; crecimiento diamétrico; índice de competencia arboreo; *Basal area of largest trees*-BAL; bosque de la llanura aluvial; *Ocotea cernua*; Amazonía peruana.

#### Abstract

*Ocotea cernua* (Nees) Mez "moena negra" is a commercial species that thrives in alluvial floodplain forests in the Peruvian Amazon. This study presents information about diameter growth of *O. cernua* and provides useful information for its forest management. The stand density and structure was analysed in nine permanent sample plots (100 m x 100 m) and 24 transects (40 m x 100 m). Analysis of tree diameters at different time indicates maximum values of 9.5 and 17.4 mm/year for the average annual diameter increment and the maximum annual diameter increment respectively; both into 25 - 30 cm diameter classes. Considering this increments, a tree will reach a diameter higher than 30 cm DAP, in 60 to 34 years respectively. Estimations of the adjusted model showed the maximum annual growth increment estimated in 2.10, 1.28 and 0.50 cm for trees with low, medium and high competition, corresponding to trees with DBHs of 21.10, 20.28 and 20.50 cm for trees with low, medium and high competition, respectively. However, the time required to reach such diameters is highly variable with values of 12.31, 20.35 and 54.51 years, respectively.

**Keywords:** Tropical forest; Dendroecology; Tree diameter growth; Tree competition index; Basal area of largest trees-BAL; flood plain forests; *Ocotea cernua*; Peruvian Amazon.

#### Citación:

Baluarte Vásquez J.R. & J.G. Álvarez González. 2018. Crecimiento de *Ocotea cernua* (Lauraceae) en bosques aluviales inundables de la Amazonía peruana. Revista peruana de biología 25(1): 023 - 028 (Febrero 2018). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v25i1.14344>

**Presentado:** 09/03/2017

**Aceptado:** 19/01/2018

**Publicado online:** 27/02/2018

#### Información sobre los autores:

JRBV realizó el análisis, interpretación y redacción; JGAG procesamiento, análisis y revisión de los resultados. Todos los autores revisaron y aprobaron el manuscrito.

Los autores no incurrir en conflictos de intereses.

**Journal home page:** <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/index>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Peruana de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citadas. Para uso comercial, por favor póngase en contacto con [editor.revperubiol@gmail.com](mailto:editor.revperubiol@gmail.com).

## Introducción

Cerca de 73% de la madera que procesa el parque industrial maderero en el departamento de Loreto procede de los bosques del llano inundable, lo que demuestra que estos bosques están dentro de los más importantes proveedores de madera de la región, debido a su fácil acceso, bajos costos de extracción y moderada abundancia de especies valiosas (Nebel 1999); sin embargo, la continua y permanente extracción de las especies valiosas causa la disminución de las poblaciones naturales y empobrecimiento de los bosques. Esta situación ha acentuado la necesidad de introducir el manejo de los bosques del llano inundable, lo que requiere entre otras cosas, de información actualizada sobre los fundamentos ecológicos (fenología, regeneración, etc.) y el crecimiento de los árboles. El conocimiento sobre la ecología y desarrollo de estas especies de valor comercial es de vital importancia como fundamento de un manejo sostenible.

Una de esas especies de interés comercial es *Ocotea cernua* (Nees) Mez, especie arbórea perteneciente a la familia Lauraceae y conocida localmente como “moena” o “moena negra”. La madera de esta especie tiene una densidad de 0.320 g/cm<sup>3</sup> (Chave et al. 2009) y es utilizada como aserrada en la construcción de exteriores e interiores de viviendas rurales y en canoas (Kvist et al. 2001); además, la industria de transformación de madera en la zona también suele procesar la madera de esta especie. En las estadísticas oficiales aparece, junto con otras especies del grupo de las “moenas”, en el puesto 9 de madera para aserrío explotadas a nivel nacional con un volumen de madera aserrada en el periodo de 2000 a 2010 de más de 260.000 m<sup>3</sup>, siendo las cortas de madera aserrada en el Departamento de Loreto de algo más de 17000 m<sup>3</sup> en el mismo periodo (Ministerio de Agricultura 2012).

Son muy escasos los estudios sobre el crecimiento diamétrico de esta especie y entre ellos destaca el estudio realizado por Dauber et al. (2005) en los bosques tropicales de Bolivia. En dicho estudio se considera al género *Ocotea* como de crecimiento diamétrico rápido, con valores medios que van desde 0.338 cm/año en la Amazonía hasta 0.503 cm/año en los bosques húmedos de transición entre la Chiquitania y la Amazonía.

Teniendo en cuenta lo mencionado, el presente estudio aporta información sobre el crecimiento en diámetro de esta especie forestal del llano inundable y que podrá conllevar a un manejo adecuado. Por otro lado, el desarrollar un modelo de crecimiento en diámetro permitirá una estimación más fiable del incremento de esta especie comercial, lo cual facilitará la gestión sostenible de estos bosques tropicales, estableciendo por ejemplo, el turno de corta óptimo y las pautas para el manejo de su regeneración natural, asegurando así la reposición natural del bosque sin que afecte sus funciones básicas y la producción futura de madera y servicios ambientales.

## Material y métodos

**Descripción de la especie de estudio.-** *Ocotea cernua* está largamente distribuida en toda la cuenca amazónica. En el Perú, se la encuentra entre 0 – 1500 m de altitud en los departamentos de Amazonas, Cusco, Huánuco, Loreto, Pasco, Puno y San Martín (Brako & Zarucchi 1993). En Loreto esta especie se encuentra en los bosques del llano aluvial inundable. Una descripción detallada de la especie se puede encontrar en Baluarte Vásquez (2012).

Torres (2001) realizó observaciones fenológicas que cubrieron un periodo de tres años y que revelan que los árboles de *Ocotea cernua* muestran un patrón fenológico bimodal. Este autor añade que el periodo reproductivo ocurre en dos temporadas, la primera en abril y la segunda entre noviembre y diciembre. Este periodo, se inicia durante la época de sequía y concluye en la de lluvias, cuando el nivel del río empieza a incrementarse. Mientras que, la fructificación ocurre entre diciembre y mayo pero con mayor suceso en marzo, abril y mayo, en plena estación lluviosa. En el mismo trabajo, también se observó que de 40 a 50% de individuos fértiles superan el tamaño mínimo registrado para arboles fértiles de 22.9 cm DAP.

**Área de estudio.-** El estudio se llevó a cabo en los bosques inundables de Braga-Supay, Lobillo e Iricahua en las cercanías del centro poblado Jenaro Herrera (coordenadas UTM X -73.650777; Y -4.898929), localizado en el departamento de Loreto, en la selva baja de la Amazonía peruana. Las descripciones de las condiciones especiales del bosque del llano inundable e información detallada de las zonas de estudios son proporcionadas por Nebel (1999).

**Diseño del muestreo.-** Individuos de *Ocotea cernua* con diámetro igual o mayor a 10 cm fueron evaluados dentro de nueve parcelas permanentes de muestro (PPM) de una hectárea cada una, y los individuos de sotobosque de más de 1.5 m de altura hasta 10 cm de DAP fueron evaluados en 24 subparcelas de 16 x 16 m (0.61 ha). Estas parcelas fueron establecidas en 1993 en tres tipos de bosque del llano inundable: tres parcelas en la restinga alta, tres parcelas en la restinga baja y tres en tahuampa; mientras que las subparcelas de sotobosque se establecieron solamente dentro de las parcelas establecidas en los bosques de restinga alta y baja.

La definición de cada tipo de bosque se basa en la clasificación propuesta por Kvist y Nebel (2000), según la cual los bosques de restinga alta se ubican sobre unas áreas relativamente grandes y planas originadas por los depósitos en las márgenes de los ríos y se inunda por un periodo máximo de 1 mes por año; se encuentran en la última etapa de la sucesión cerca a la etapa preclimácica, son de gran altura, cerrados y diversos. Por su parte, los bosques de restinga baja se forman sobre un terreno creado por los depósitos en los canales, son de forma típica de curva de meandro compuesto por crestas largas y delgadas interrumpidas por las depresiones, soporta inundación anual por espacio de 1 a 3 meses; este tipo de bosque está en una etapa de sucesión más temprana que los tipos de bosque de restinga alta. Por último, el bosque de tahuampa se sitúa en terreno más bajo que la restinga, con una duración anual promedio de inundación de 3 a 6 meses, aunque usualmente se drena muy bien durante los restantes meses del año.

El diámetro y la altura total de todos los individuos de todas las especies fueron evaluados durante el primer censo en 1993 y en los siguientes años: 1994, 1995, 1997, 1998, 1999 y 2001 solo se midió del DAP. A través de una encuesta realizada a los pobladores de Jenaro Herrera, se seleccionaron 21 especies forestales de valor comercial, las mismas que se volvieron a medir en 1998.

Para poder incrementar el número de individuos evaluados de *O. cernua*, en 1996/1997 se establecieron en los bosques de restinga alta 24 transectos adicionales de 40 m de ancho por 100 m de longitud (9.6 ha). Se monitorearon por un periodo

de tres años todos los individuos de todas las especies de más de 1.5 m de altura. Los registros incluyeron las mediciones de DAP, coordenadas, proyección de la copa en dos direcciones perpendiculares, las alturas totales y comerciales; además de las observaciones fenológicas (Nebel 1999).

En total se midieron 22 individuos de *Ocotea cernua* con diámetros superiores a 10 cm y 136 individuos de altura superior a 1.5 m y diámetro inferior a 10 cm. Teniendo en cuenta los diferentes inventarios, se obtuvieron un total de 202 valores de crecimiento diamétrico de los árboles mayores de 10 cm.

**Procesamiento de variables**

Se calcularon variables estructurales de abundancia, frecuencia por clase diamétrica, área basimétrica y de competencia entre árboles, para posteriormente modelar el crecimiento en diámetro de *O. cernua*.

**Área basimétrica.**- El área basimétrica se calcula trasladando a valores por hectárea la suma de las secciones normales de todos los árboles censados de todas las especies presentes en las parcelas permanentes de muestreo. Este valor engloba la sección aportada por todos los individuos que se encontrasen vivos en el momento de realizar el censo.

$$G = \frac{\pi}{4} \cdot \sum_{i=1}^n d_i^2 \cdot \frac{10000}{S}$$

Donde *G* es el área basimétrica (m<sup>2</sup>/ha), *d<sub>i</sub>* el diámetro normal, en metros de cada árbol con las características comentadas anteriormente y *S* la superficie en proyección horizontal de la parcela en m<sup>2</sup>.

**Área basimétrica de los árboles más grandes (Basal area of largest trees-BAL).**- *BAL* es un índice de competencia entre árboles, y evalúa la situación de competencia de un individuo concreto con otros árboles. Este índice se ha calculado exclusivamente para los individuos de *O. cernua*, y su valor se obtiene como la suma de las secciones normales de todos los individuos de *O. cernua* cuyo diámetro es mayor que el del árbol analizado, referido a una superficie de una hectárea.

$$BAL_i = \frac{\pi}{4} \cdot \sum_{j=1}^n d_j^2 \cdot \frac{10000}{S} \quad \forall d_j > d_i$$

Donde *BAL<sub>i</sub>* está expresado en metros cuadrados por hectárea y *d* es el diámetro de los árboles de *Ocotea cernua* expresado en metros.

**Basal area of largest trees modificado – BALmod.**- *BALmod* es el cociente entre la suma de las secciones normales de todos los individuos de *O. cernua* cuyo diámetro es mayor que el del árbol analizado y el área basimétrica total de los individuos de dicha especie, ambos valores referidos a una superficie de una hectárea.

$$BALmod_i = \frac{BAL_i (m^2/ha)}{G (m^2/ha)}$$

Donde *BALmod<sub>i</sub>* es el *BAL* modificado, *BAL<sub>i</sub>* es el Basal área of largest trees del árbol *i*-ésimo y *G* es el área basimétrica de la especie, ambos expresado en metros cuadrados por hectárea.

**Índice de valor de importancia.**- El índice de valor de importancia (IVI) es la suma de las densidades relativas, frecuencias

relativas y dominancias relativas de la especie, cuyas fórmulas se presentan a continuación.

$$Densidad\ relativa = \frac{n^\circ\ de\ individuos\ de\ la\ especie}{n^\circ\ de\ individuos\ de\ la\ muestra} \cdot 100$$

$$Frec.\ rel. = \frac{n^\circ\ de\ unid.\ muestra\ que\ contienen\ a\ la\ sp.}{unid.\ de\ muestra\ para\ todas\ las\ spp} \cdot 100$$

$$Dominancia\ relativa = \frac{\área\ basal\ de\ la\ especie}{\área\ basal\ total} \cdot 100$$

Fue formulado inicialmente por Curtis y McIntosh (citado en Nebel et al. 2000). Su valor se calculó tanto en el estrato superior (árboles de más de 10 cm de DAP) como en el sotobosque (árboles de más de 1.5 metros de altura y DAP menor de 10 cm) para las parcelas individuales, para cada tipo de bosque, así como para todas las parcelas juntas.

Dado que, tanto la suma de las densidades relativas, como la suma de las frecuencias relativas o de las dominancias relativas para todas las especies es 100, la suma de los IVIs para todas las especies debe ser igual a 300.

**Procesamiento de datos.**- A partir de los datos observados de crecimiento en diámetro se procedió a ajustar un modelo que estima el crecimiento diamétrico anual mediante el paquete estadístico SAS STAT™ (SAS Institute 2004) empleando el diámetro actual del árbol (*d<sub>1</sub>*) y el índice de competencia *BALmod* como variables independientes:

$$d_2 = d_1 \cdot \exp(a_0 + a_1 \cdot \sqrt{d_1})^{(1-BALmod)}$$

Siendo *d<sub>2</sub>* y *d<sub>1</sub>* el DAP del árbol al cabo de un año y el DAP actual, respectivamente, expresados en centímetros y *BALmod* es el cociente entre la suma de las secciones normales de todos los árboles cuyo diámetro es mayor que el del árbol analizado y el área basimétrica total de los individuos, ambos valores referidos a una superficie de una hectárea.

La bondad de ajuste del modelo evaluado se ha basado en el análisis de dos estadísticos obtenidos a partir de los residuos: el error medio cuadrático y el coeficiente de determinación. La precisión del modelo se valora cuando el error medio cuadrático es lo más próximo a cero, mientras que el coeficiente de determinación debe estar lo más cercano a uno. Las expresiones matemáticas de los estadísticos antes comentados son las siguientes:

Error medio cuadrático (*EMC*):

$$EMC = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}$$

Coficiente de determinación (*R<sup>2</sup>*):

$$R^2 = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \right)$$

Donde *y<sub>i</sub>*, *y<sub>i</sub>* e *y<sub>i</sub>* son los valores observados, predichos y promedio, respectivamente, de la variable dependiente; *n* es el

número total de datos usados en el ajuste del modelo y  $p$  es el número de parámetros a estimar (en este caso 2,  $a_0$  y  $a_1$ ).

**Resultados**

**Densidad de *Ocotea cernua***

La densidad de árboles de la especie fue alta en los bosques de restinga alta (56.67 árboles/ha) y restinga baja (19.61 árboles/ha), bosques ambos con corto periodo de inundación (máximo tres meses al año); mientras que casi no estuvieron presentes en el tipo de bosque de tahuampa, con un periodo de inundación más prolongado de entre 3 y 6 meses (Tabla 1).

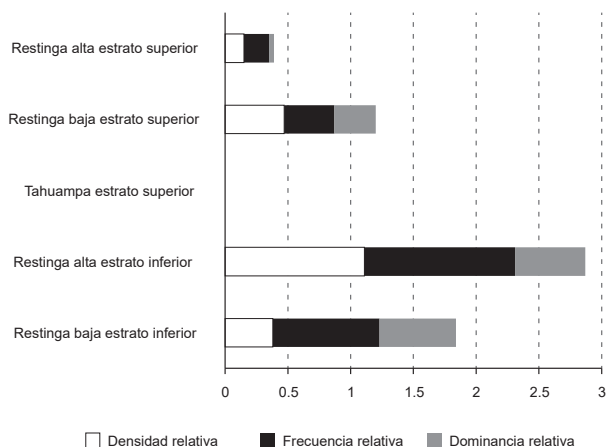
En la Figura 1 se muestran los valores de densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa en cada uno de los tipos de bosque muestreados. *Ocotea cernua* es frecuente en los bosques aluviales de restinga alta y baja de corta inundación del Perú. A pesar de no contar con grandes densidades de ocurrencia en el bosque de individuos grandes, su inclusión dentro de las especies de interés comercial, respalda la necesidad de proporcionar información sobre su ecología y crecimiento, así como para dar pautas en el manejo sostenible de esta especie. Además, asegurar la supervivencia de *O. cernua* en la Amazonía peruana es también de importancia ecológica debido a que durante la

estación lluviosa, los frutos, que contienen una sola semilla, sirven de alimento a los tucanes que, a su vez, promueven la diseminación de la semilla debajo del árbol semillero.

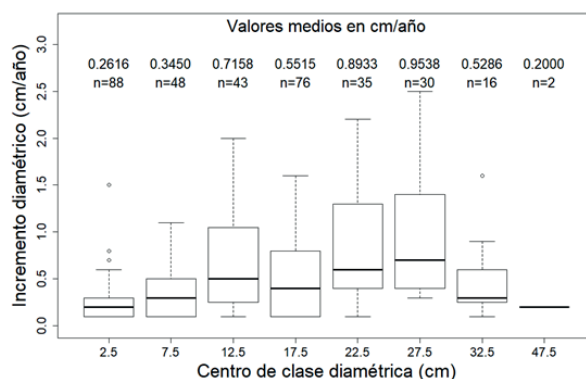
Esta información permite inferir que la regeneración natural es escasa y suelen encontrarse en algunos claros del bosque adyacente, lo cual indica que la especie no se regenera muy bien en condiciones de poca luz.

**Incremento diamétrico de *Ocotea cernua*.**- El incremento diamétrico medio anual de los individuos de *O. cernua* presenta una tendencia creciente en las distintas clases diamétricas evaluadas, mostrando el valor más alto en la clase diamétrica de 25 – 30 cm donde alcanza 0.95 cm/año. Considerando solamente el incremento diamétrico máximo, los árboles de *O. cernua* logran 1.74 cm/año de incremento en la misma clase diamétrica (Figura 2).

Teniendo en cuenta los incrementos anteriores, el tiempo que necesita un árbol de *O. cernua* para llegar a la clase diamétrica máxima de los árboles registrados en las parcelas de crecimiento (>30 cm) es de 74 y 38 años, para un crecimiento similar al valor medio y máximo observado, respectivamente (Figura 3).



**Figura 1.** Índice de valor de importancia de *Ocotea cernua* en el estrato superior y sotobosque en los diferentes tipos de bosques estudiados.



**Figura 2.** Gráfico de cajas del incremento diamétrico anual por clases diamétricas de todos los individuos de *Ocotea cernua*.  $n$  es el número de observaciones de cada clase diamétrica.

**Tabla 1.** Densidad por clase diamétrica de individuos de *Ocotea cernua* en los bosques de restinga y tahuampa de los llanos inundables. Entre paréntesis figura la superficie muestreada en cada tipo de bosque y el número de individuos muestreados.

DAP (cm)	Restinga alta (3 ha)		Restinga baja (3 ha)		Tahuampa (3 ha)		Transectos R. Alta (9.6 ha)	
	Densidad (N°/ha)	Área basal (m²/ha)	Densidad (N°/ha)	Área basal (m²/ha)	Densidad (N°/ha)	Área basal (m²/ha)	Densidad (N°/ha)	Área basal (m²/ha)
0-5	48.83	0.0084	9.77	0.0097	0.00	0.0000	6.88	0.0042
5-10	7.18	0.0272	7.18	0.0244	0.67	0.0041	1.67	0.0073
10-15	0.67	0.0091	0.67	0.0102	0.00	0.0000	0.42	0.0048
15-20	0.00	0.0000	1.33	0.0328	0.00	0.0000	0.63	0.0161
20-25	0.00	0.0000	0.33	0.0114	0.00	0.0000	0.31	0.0120
25-30	0.00	0.0000	0.33	0.0208	0.00	0.0000	0.31	0.0185
30-35	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.21	0.0191
35-40	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000
40-45	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000
45-50	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.10	0.0169
Suma	56.67	0.0447	19.61	0.1093	0.67	0.0041	10.52	0.0988

**Modelo de crecimiento.**- El modelo de crecimiento diamétrico ajustado obtenido muestra que es importante considerar una variable relacionada a la competencia entre los individuos de la misma especie ( $EMC=0.2967$  y  $R^2Adj=0.9969$ ). Para el caso de incluir el *BALmod*, los parámetros estimados resultantes del modelo son:  $a_0=0.379906$  y  $a_1=-0.05705$ ; y la ecuación es:

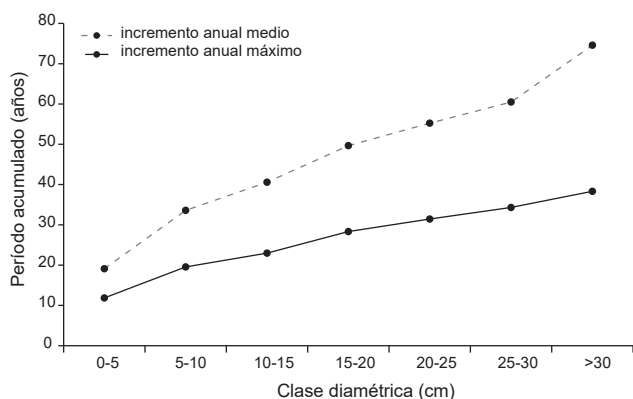
$$d_2 = d_1 \cdot \exp(0.3799 - 0.05705 \cdot \sqrt{d_1})^{(1-BALmod)}$$

donde  $d_2$  y  $d_1$  son el DAP final y el inicial, respectivamente, expresados en centímetros y *BALmod* es el índice de competencia calculado como el cociente entre la suma de las secciones normales de todos los árboles cuyo diámetro es mayor que el del árbol analizado y el área basimétrica total de los individuos, ambos valores referidos a una superficie de una hectárea.

De acuerdo con el modelo de crecimiento ajustado, el punto máximo en la actual tasa de crecimiento en diámetro anual para los árboles de *O. cernua* es 2.10 cm, 1.28 cm y 0.50 cm para árboles con baja, media y alta competencia entre árboles (valores del *BALmod* de 0.2, 0.5 y 0.8, respectivamente), lo que ocurre cuando los árboles cuentan con DAP de 21.10, 20.28 y 20.50 cm, respectivamente; sin embargo, el tiempo que requiere un árbol de *O. cernua* para alcanzar los diámetros indicados es muy variable, con aproximadamente 12.31, 20.35 y 54.51 años, respectivamente (Figura 4).

**Discusión**

**Densidad de *Ocotea cernua*.**- Los datos de densidad media en los bosques de restinga son elevados, siendo poco frecuentes para una sola especie de bosques húmedos tropicales valores de densidad de árboles por hectárea hasta de 57 individuos, representado mayormente en el sotobosque; sin embargo, la escasa presencia de individuos en las clases diamétricas superiores puede ser un indicador de que la especie no se está desarrollando bien en el bosque, lo que se refleja también en el Índice Valor de Importancia -IVI. Tanto en el estrato superior como en el sotobosque de la restinga alta, se observaron que los valores de abundancia relativa y frecuencia relativa fueron mayores que la dominancia relativa, lo que indica que los tamaños de los árboles de *O. cernua* fueron menores que el promedio de los demás árboles en los bosques (Figura 1).



**Figura 3.** Período acumulado para que un árbol de *Ocotea cernua* llegue al tamaño máximo de una clase diamétrica teniendo en cuenta el incremento diamétrico anual medio y el incremento diamétrico anual máximo.

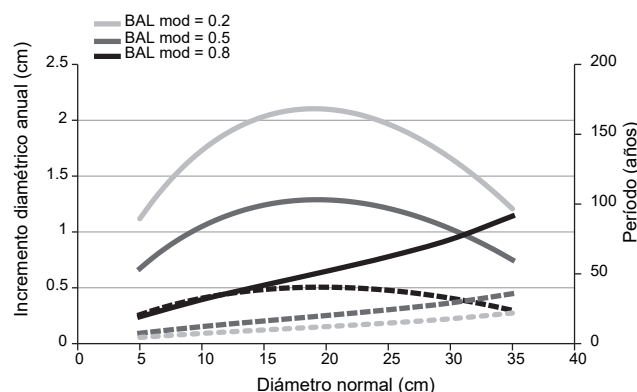
Desde el punto de vista de manejo forestal, la abundancia de los individuos del sotobosque en la restinga alta sugiere la posibilidad de implementar un sistema silvicultural monocíclico que se concentre en *O. cernua*.

**Crecimiento de *Ocotea cernua*.**- El crecimiento medio anual en la zona de estudio ha sido de 0.548 cm/año. Este valor es claramente más alto que cualquiera de los observados por Daubert et al. (2005) en los bosques tropicales de Bolivia para la misma especie (0.338 cm/año en la Amazonía; 0.368 cm/año en la zona Pre-Andina de la Amazonía y 0.503 cm/año en los bosques húmedos de transición).

Los valores medios y máximos de crecimiento por clase diamétrica observados en la zona de estudio están dentro del rango de valores observados por Nebel y Meilby (2005) para otras especies en las mismas parcelas. Por ejemplo, los crecimientos de *Hura crepitans*, *Minquartia guianensis*, *Virola pavonis*, *Virola elongata* y *Guarea macrophylla* son inferiores a los crecimientos observados en este trabajo para *O. cernua*, mientras que los de *Maquira coriácea* y *Terminalia oblonga* son algo superiores (Nebel y Meilby 2005).

Los cálculos del crecimiento observado en las parcelas de muestreo por clase diamétrica de *O. cernua* indicados en la Figura 2, podrían emplearse de forma apropiada para representar el crecimiento y rendimiento de esta especie; sin embargo, al compararlo con las predicciones del modelo de crecimiento desarrollado (Figura 4), los resultados del incremento diamétrico promedio por clase diamétrica observado es menor que las predicciones del modelo en el escenario de baja y media competencia, mientras que el incremento diamétrico máximo es superior a las predicciones del modelo en el escenario de media y alta competencia.

En general, los resultados del crecimiento con el modelo ajustado considerando la variable competencia parecen ser más promisorios, por ejemplo si consideramos el incremento corriente anual en diámetro en el escenario de media competencia entre árboles, los árboles de *O. cernua* llegan a obtener un DAP de 30 cm a la edad aproximada de 29 años, mucho más promisorio es el incremento en el escenario de baja competencia entre árboles, donde alcanza 30 cm de DAP muy temprano a la edad aproximada de 17 años. Hay que tener en cuenta que resulta poco



**Figura 4.** Incremento diamétrico anual (líneas continuas) y tiempo acumulado (líneas discontinuas) para que un árbol de *Ocotea cernua* llegue a un cierto diámetro con alta (línea negra), media (línea gris oscura) y baja (línea gris tenue) competencia entre individuos.

probable lograr un alto crecimiento dadas las condiciones de alta densidad de árboles en los bosques tropicales inundables entre 456 a 566 árboles  $\geq 10$  cm de DAP por hectárea en el bosque de restinga alta y baja, respectivamente (Nebel et al. 2000); sin embargo, el uso de esta variable nos da una idea de la posible tendencia del crecimiento de *O. cernua*.

**Recomendaciones de manejo de *Ocotea cernua*.**- Al igual que las otras especies forestales de la familia Lauraceae denominadas localmente como "moenas", *Ocotea cernua* es una especie susceptible a posibles cambios ambientales al mostrar perturbaciones en el ciclo reproductivo, como el periodo de esterilidad reportado entre enero de 1998 hasta diciembre de 1999. Por el contrario, en el año 2000 se observaron dos periodos de fructificación, uno más vigoroso que el otro. La testa leñosa de la semilla retarda la germinación y expone a las plantitas aún muy pequeñas a la inundación. Ante esta situación, sería recomendable coleccionar los frutos debajo del árbol semillero para producir plántulas en viveros temporales ubicados en tierras altas, luego en el siguiente periodo de vaciante serían trasplantados con tamaños que le permitan sobrevivir a la próxima creciente, puesto que la tolerancia a la inundación aumenta con el tamaño de los individuos (Gill 1970). Esta actividad debería ser complementada con la apertura de claros en el dosel superior y plateos alrededor de las plantas que facilite el ingreso parcial de luz y la eliminación de la competencia para favorecer el crecimiento de las plántulas, toda vez que se ha reportado importantes incrementos anuales en diámetro en el escenario de baja competencia entre árboles.

La alta presencia de individuos *O. cernua* en las clases diamétricas del sotobosque y los importantes incrementos diamétricos en los escenarios de baja y media competencia entre árboles la hace adecuada para implementar sistemas silviculturales monocíclicos que se concentre en las especies con características similares, como por ejemplo, las especies del grupo de moenas (*Aniba* sp. y *Endlicheria verticillata* Mez), esto permitiría además reducir los costos de extracción y transporte; atenuando al mismo tiempo la fuerte presión extractiva sobre las especies más valiosas del bosque.

El incremento moderado logrado por *O. cernua* en el escenario de media competencia entre árboles podría mejorarse si se practican liberaciones del dosel superior y raleos alrededor de los individuos adultos de *O. cernua* para reducir la competencia entre individuos, a fin de obtener árboles con diámetros de 30 cm de DAP en 17 años como ocurre en el escenario de baja competencia. La extracción de árboles con diámetros como el propuesto, no tendría repercusiones en la regeneración de *O. cernua* toda vez que se ha observado árboles con diámetros menores en plena fructificación.

### Agradecimientos

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP por proporcionar los datos de campo de las parcelas permanentes de muestreo ubicados en el campo experimental del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera. A Lars Peter Kvist y Gustav Nebel de la Royal Veterinary and Agricultural University de Dinamarca, a Luis Freitas del Instituto de Investigaciones

de la Amazonía Peruana. Los fondos para el establecimiento de las parcelas fueron proporcionados por la Agencia Danesa de Desarrollo Internacional (DANIDA) y el Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). En el procesamiento de los datos de campo de este estudio se contó con el apoyo del Programa Alβan (becas de alto nivel en Europa para estudiantes de postgrado de Latinoamérica) y de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (ITTO), en el marco de una pasantía de capacitación en *Modelos de crecimiento de especies forestales comerciales* (ITTO 065/09A), y realizado en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Santiago de Compostela – España.

### Literatura citada

- Baluarte Vásquez J.R. 2012. Modelización del crecimiento de quince especies forestales comerciales del bosque aluvial inundable de la Amazonía Peruana. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, España. 231 pp.
- Brako L. & J. Zarucchi. 1993. Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Missouri Botanical Garden, Monographs in Systematic Botany, 45. St. Louis, Missouri, USA. 1286 pp.
- Chave J., D. A. Coomes, S. Jansen, et al. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, 12(4): 351-366. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x>
- Dauber E., T. S. Fredericksen, M. Peña 2005. Sustainability of timber harvesting in Bolivian tropical forests. *Forest Ecology and Management*, 214(1-3): 294-304. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.04.019>
- Gill C.J. 1970. The flood tolerance of woody species – a review. *Forestry Abstracts*, 31(4): 671-688.
- Kvist L.P., G. Nebel 2000. Bosque de la llanura aluvial del Perú: Ecosistemas, habitantes y uso de los recursos. *Folia Amazónica* 10(1-2): 5-55.
- Kvist L., M. Andersen, J. Stagegaard, et al. 2001. Extraction from woody forest plants in flood plain communities in Amazonian Peru: use, choice, evaluation and conservation status of resources. *Forest Ecology and Management* 150:147-174. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00688-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00688-5)
- Ministerio de Agricultura, Dirección General Forestal y Fauna Silvestre. 2012. Estadística Forestal del Perú, 2000 – 2010. Lima. 201pp.
- Nebel G. 1999. Ecology and management of flood plain forests in the Peruvian Amazon. Ph. D. Thesis. Royal Veterinary and Agricultural University. Denmark. 179pp.
- Nebel G., L.P. Kvist, J. Vanclay, et al. 2000. Estructura y composición florística del bosque de la llanura aluvial en la Amazonía peruana: I. El bosque alto. *Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Folia Amazónica* 10(1-2): 91 - 150.
- Nebel G., H. Meilby 2005. Growth and population structure of timber species in Peruvian Amazon flood plains. *Forest Ecology and Management*, 215: 196-211. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.05.017>
- SAS Institute. 2004. SAS/STAT™. 9.1. User's Guide. Cary, NC.: SAS Institute Inc.
- Torres G. 2001. Avances sobre la fenología de 18 especies forestales en el bosque de la llanura aluvial inundable de Jenaro Herrera. Documento de Trabajo. IIAP Iquitos, Perú. 54 p.