

## **Dinámica de crecimiento de *Alnus nepalensis* D. Don en el noroccidente de Ecuador continental**

### **Growth dynamics of *Alnus nepalensis* D. Don in northwestern continental Ecuador**

**Mario José Añazco Romero<sup>1</sup>**

**Hugo Vinicio Vallejos Álvarez<sup>2</sup>**

**María Isabel Vizcaíno Pantoja<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador. Correo electrónico: mjanazco@utn.edu.ec

<sup>2</sup>Ingeniero Forestal, Máster en Ciencias Forestales. Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador. Correo electrónico: hvvallejos@utn.edu.ec

<sup>3</sup>Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador. Correo electrónico: mivizcaino@utn.edu.ec

**Recibido:** 12 de julio de 2018.

**Aprobado:** 14 de septiembre de 2018.

---

#### **RESUMEN**

En este artículo, se estudió la dinámica de crecimiento de la especie *Alnus nepalensis*, localizada en la Zona de Intag, al Noroccidente del Ecuador Continental. Tomando datos de altura total y comercial, así como el diámetro a la altura de 1,30 m., durante los primeros 23 años de vida de especímenes distribuidos en un área de 127.8 hectáreas, se pudo analizar el ciclo silvícola de la especie en su totalidad. *Alnus nepalensis* resultó ser un árbol de rápido crecimiento. La altura y DAP máximos fueron 28,0 m. y 83,0 cm. respectivamente y fueron encontradas en especies de 22 años de edad, plantadas en sistemas agroforestales, asociadas con *Coffea arabiga*. La especie muestra un crecimiento precoz en altura durante su edad juvenil. A los tres años, registra su máximo incremento medio anual (IMA) de 2,73 m., mientras que en el período entre el tercer año y el séptimo presenta un crecimiento constante de 2,66 m/año. El mayor IMA de crecimiento diametral fue de 5,50 cm. durante el octavo año, lo cual coincide con la edad, donde el ritmo de incremento en altura empieza a desacelerarse. El análisis dasométrico permite concluir que el crecimiento de *Alnus nepalensis* en Ecuador es superior al alcanzado en otros países, incluido Nepal, de donde es originaria la especie.

**Palabras clave:** Aliso; dinámica de crecimiento.

---

## ABSTRACT

We investigate the growth dynamics of the *Alnus nepalensis* species located in the Intag Zone, Northwest of Continental Ecuador. By measuring the total and commercial height, as well as the diameter at 1.3 m during the first 23 years of age of specimens distributed over an area of 127.8 hectares, we were able to analyze the silvicultural cycle of the species. *Alnus nepalensis* turned out to be a fast growing tree. The maximum height and diameter were 28.0 m and 83.0 cm, respectively, found in 22 year-old specimens planted in agroforestry systems in association with *Coffea arabica*. The species shows a precocious growth in height during its juvenile age. At three years old, it registers its maximum annual average increase (IMA) in height of 2.73 m; while in the period between year three and year seven there is a constant growth of 2.66 m / year. The maximum IMA of diametral growth was 5, 50 cm during the eight year, which coincides with the age at which the rate of increase in height begins to slow down. The dasometric analysis allows us to conclude that the growth of *Alnus nepalensis* in Ecuador is higher than those in other countries, including Nepal, where the species originates.

**Keywords:** Aliso; growth dynamics.

## INTRODUCCIÓN

Ecuador ha sido sometido a un crucial proceso de deforestación en tres décadas, comprendidas entre 1958 y 1988. En el país, se deforestaron alrededor de 10 231 000 ha., donde la Región Costa fue la más afectada. Añazco, (2010); Sierra (1994); Dodson y Gentry (1991).

Con base al mapa de deforestación, elaborado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2012), entre 1990 y 2000, la tasa de deforestación fue de -0,71 %, que corresponde a 89 944 ha./año; para el período 2000-2008 se redujo la tasa a -0,66 %, que corresponde a 77 647 ha./año. La deforestación bruta del Ecuador continental, desde el período 2014-2016, tuvo un promedio de 94.353 ha./año y una tasa anual de deforestación bruta de -0,74 %. Ministerio del Ambiente, (2018).

Un análisis multitemporal, realizado por Sierra, (2013), sostiene que la mayor deforestación ocurrió en la década de los años 90; cerca del 70 % del área deforestada ocurrió en este periodo de tiempo, antes señalado, con una deforestación anual neta de 129 150 ha. En la región andina, la vegetación natural ha sido casi totalmente reemplazada por cultivos agrícolas, pastos y asentamientos urbanos; en las estribaciones internas de las cordilleras, solamente se encuentran pequeños remanentes de vegetación natural.

La deforestación dio paso para que en distintas épocas se diseñaran y ejecutaran planes, programas y proyectos de forestación, reforestación, restauración y conservación; así en el año 1995, en la Zona de Intag, ubicada en la estribación occidental de la Cordillera de los Andes, en la Provincia de Imbabura, se ejecutó el Programa SUBIR (Uso Sostenible de los Recursos Biológicos); en el marco de este, se introdujo la especie *Alnus nepalensis*; las primeras semillas fueron importadas desde Nepal a través de Setropa Seeds The Root Of Man-Made Forests (SETROPA).

Los agricultores de la zona de Intag encontraron en *A. nepalensis* una especie aliada para hacer sostenibles sus sistemas de producción agrícola, ganaderos y silvícolas.

La especie permite recuperar tierras degradadas a través de los aportes en materia orgánica, puesto que produce abundante biomasa. Según España, (2016) a los tres años, produjo 37,53 t/ha.

Fija el nitrógeno atmosférico, al respecto, Farinango, (2018) encontró concentraciones de nitrógeno en el suelo de 0,31 % cerca de la especie y de 0,07 % en áreas sin la especie; mediante pruebas bioquímicas de laboratorio determinó que la especie posee una simbiosis con la bacteria filamentosa del género *Frankia*, la cual sería la causante de la fijación biológica de nitrógeno. Otros servicios ambientales son la sombra que provee, fijación de carbono, hospedero de aves e insectos y protección de riberas de los ríos.

Desde la óptica socioeconómica, *A. nepalensis* ha permitido que los agricultores incrementen sus ingresos por la venta de la madera, semillas y plántulas de vivero.

Un árbol de *A. nepalensis* a los nueve años de edad es vendido en forma de tablones en USD 240.00; cada familia posee un promedio de 30 árboles.

Los viveros que se dedican a producir plántulas producen alrededor de 100 000 plántulas/año, a un precio de venta de USD 0.25 c/u.

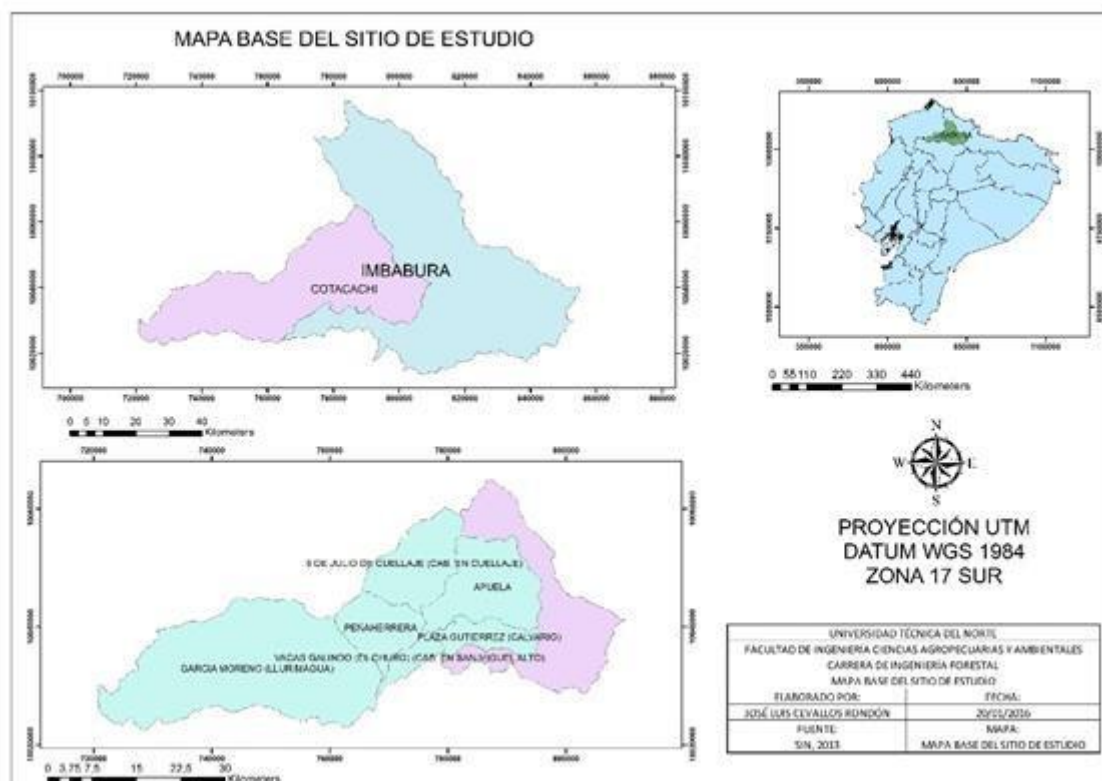
El kilogramo de semilla es comercializado en la zona a un precio de USD 100 (la mejor semilla se cosecha de árboles cuya edad fluctúa entre seis y ocho años donde se obtienen los mejores porcentajes de germinación).

Una de las razones esgrimidas por los agricultores locales para adoptar la especie *A. nepalensis* es su rápido crecimiento; esta percepción constituye la fuente de inspiración para realizar un estudio, que desde el análisis dasométrico permita validar o invalidar la versión emitida por los agricultores de la Zona de Intag.

El objetivo del presente estudio fue determinar la dinámica de crecimiento de la especie *Alnus nepalensis*, localizada en la Zona de Intag, Noroccidente del Ecuador Continental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Zona de Intag, perteneciente al Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura, Noroccidente de Ecuador Continental (Figura 1); tiene las siguientes características agroclimáticas: altitud promedio 1 200 msnm; precipitación promedio anual 1 300 mm.; humedad relativa 80 %; temperatura media 22 °C; zona de vida b.s.T; suelos representativos areno arcillosos Vallejos, (2004).



**Fig. 1.** Mapa base de ubicación del sitio de estudio

Fuente: Cevallos, (2017).

El presente estudio se inscribe en el marco de una investigación descriptiva, exploratoria y de campo porque analiza el crecimiento de la especie en diferentes altitudes sobre el nivel del mar, en distintas edades y en varios tipos de prácticas agroforestales asociadas a los parámetros edáficos y microclimáticos.

La población fue de 242 predios que abarcan un área de 127,8 ha.; todos están geo referenciados; en estos, se encuentran árboles de todas las edades, comprendidas entre uno y 23 años; para el cálculo de la muestra, los predios fueron subdivididos en tres estratos con diferentes altitudes sobre el nivel del mar y en cada altitud, se consideraron cuatro tipos de prácticas agroforestales: linderos, bosquetes, silvopasturas y plantación en la riberia de ríos, con una fracción muestral del 7,02 %.

Las variables dasométricas utilizadas para analizar la dinámica del crecimiento fueron altura (m.), diámetro a 1,30 m. de altura (cm.), área basimétrica (m<sup>2</sup>) y volumen (m<sup>3</sup>).

Se realizaron análisis de correlación y regresión con el fin de determinar el grado de asociación entre las variables dasométricas y la tendencia de crecimiento; para el caso de la regresión, se emplearon los modelos lineal y logístico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan a continuación en función del crecimiento de las cuatro variables analizadas: altura total y comercial, diámetro a 1,30 m., área basimétrica y volumen.

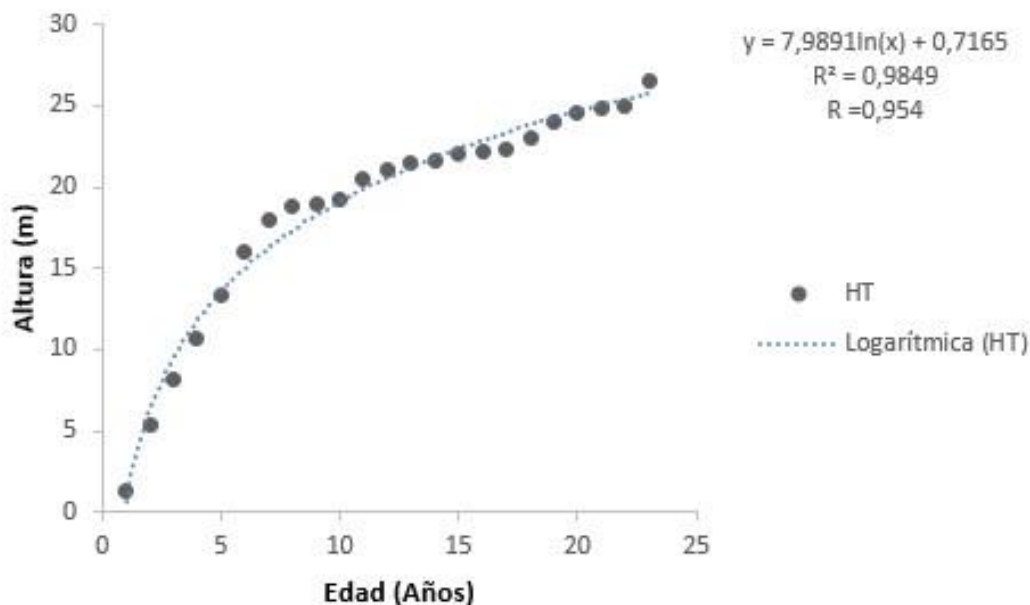
### Crecimiento en altura

*Alnus nepalensis* es un árbol de rápido crecimiento que alcanza una altura total promedio de 26,5 m. a los 23 años. La altura total máxima encontrada fue a los 22 años, con 28 m., plantado en sistemas agroforestales en asociación con *Coffea arabica*. La especie presenta un crecimiento acelerado en altura total hasta los tres años donde reporta el máximo incremento medio anual (IMA) de 2,73 m.

La representación gráfica del crecimiento en altura, señalado en la figura 2, se asemeja a la forma típica de la curva de crecimiento de un árbol, conocida como curva sigmoideal o curva en «S», en la cual se distinguen tres fases: juvenil, madura y senil.

La edad juvenil comprende desde el momento de la plantación hasta los tres años, donde presenta un crecimiento rápido, alcanzando 8,3 m. de altura a esta edad. Entre el año tres y el año siete, se presenta un crecimiento constante de 2,66 m. /año, que representa la edad madura. A partir del octavo año, el crecimiento en altura empieza a disminuir, mostrando una suerte de «asíntota de la curva», correspondiendo a la etapa senil.

En términos generales, la altura comercial presenta una tendencia similar a la altura total, no obstante, el mayor IMA de la altura comercial se registra a los ocho años cuando la altura total inicia su decrecimiento. En el periodo comprendido del décimo al décimo quinto año, el Incremento Periódico Anual (IPA) de la altura comercial (1,74 m.) es superior a la altura total (1,20 m.); posterior a esta edad los valores son iguales (Figura 2).

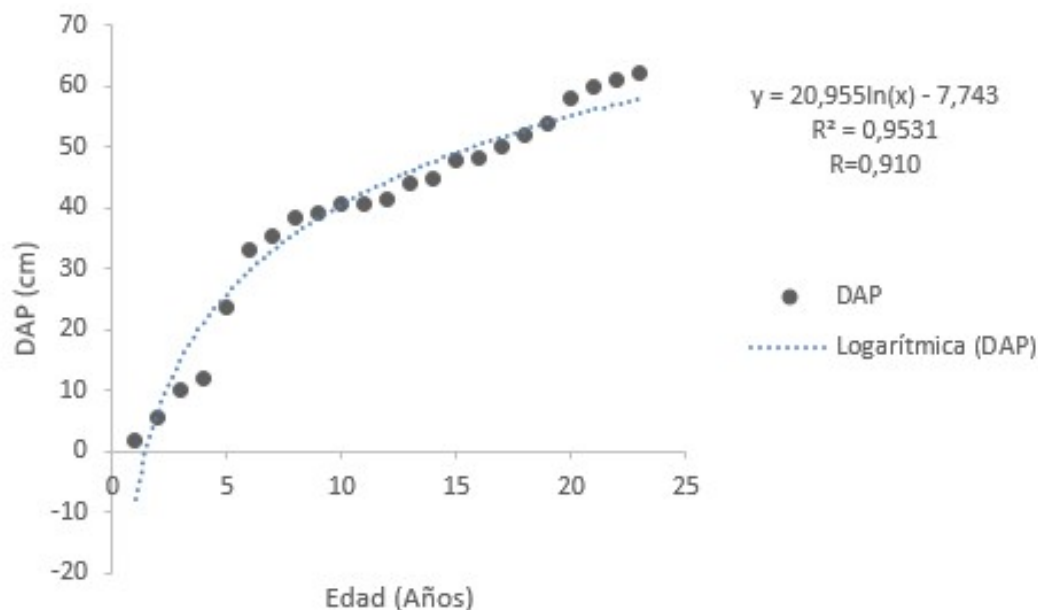


**Fig. 2.** Crecimiento en altura de *A. nepalensis*

Se registró una altura promedio de 17,88 m., equivalente aproximadamente a los 9 (8,57) años, lo que afirma la mayor tendencia de crecimiento en edades tempranas, con su posterior desaceleración; el coeficiente de correlación indica la esperada relación de proporcionalidad entre edad y altura, mientras que el coeficiente de determinación de la regresión, muestra un excelente ajuste a la curva de regresión e indica que la ecuación resultante permitirá estimar valores de altura en función de la edad.

### Crecimiento en diámetro

La especie muestra un importante crecimiento diametral; se encuentran árboles con 83 cm. de diámetro a los 22 años en sistemas agroforestales con café. El crecimiento en diámetro se acentúa a partir del tercer año (Figura 3); el mayor IMA se registra en el octavo año con 5, 50 cm., coincidiendo con la edad, donde el ritmo de incremento en altura empieza a desacelerarse.

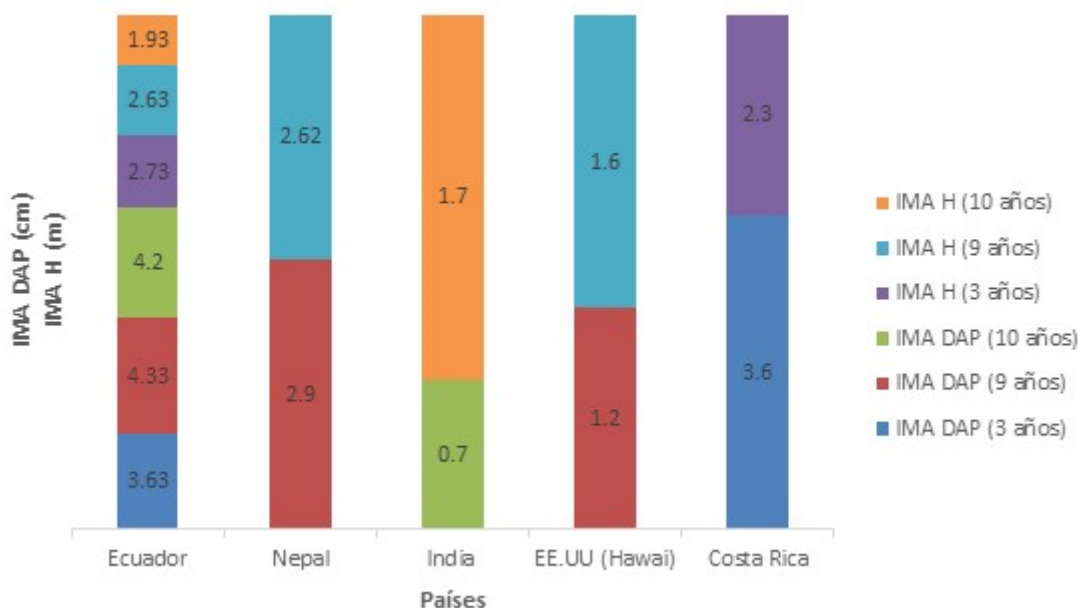


**Fig. 3.** Crecimiento en diámetro a 1,30 m. de *A. nepalensis*

Se determinó un diámetro promedio de 37,65 cm., equivalente aproximadamente a los 9 (8,73) años; se evidencia un similar comportamiento con la variable altura; cabe recalcar que, si bien los valores de los coeficientes R y  $R^2$  son relativamente inferiores que los registrados en altura, la ecuación resultante también permitirá estimar valores de DAP en función de la edad.

En lo referente a la relación del diámetro con la altura, esta se produce con un incremento de hasta 0,72 m. por cada cm. de diámetro, correspondiente a la edad juvenil del árbol. Cuando los árboles adquieren más de 40 a 50 cm. de DAP, el incremento en altura disminuye a 0,5 m. por cada cm. de diámetro, lo que evidencia que el árbol se encuentra probablemente en la fase madura de crecimiento.

Los valores de IMA que se producen en Ecuador en diferentes edades son superiores a los de otros países, incluido Nepal, de donde son originarios (Figura 4).



**Fig. 4.** Incremento Medio Anual en diámetro a 1,30 m. (DAP) y altura (H) en diferentes países

**Fuente:** Nitrogen Fixing Tree Association, (1990); Lamichaney, (1984)

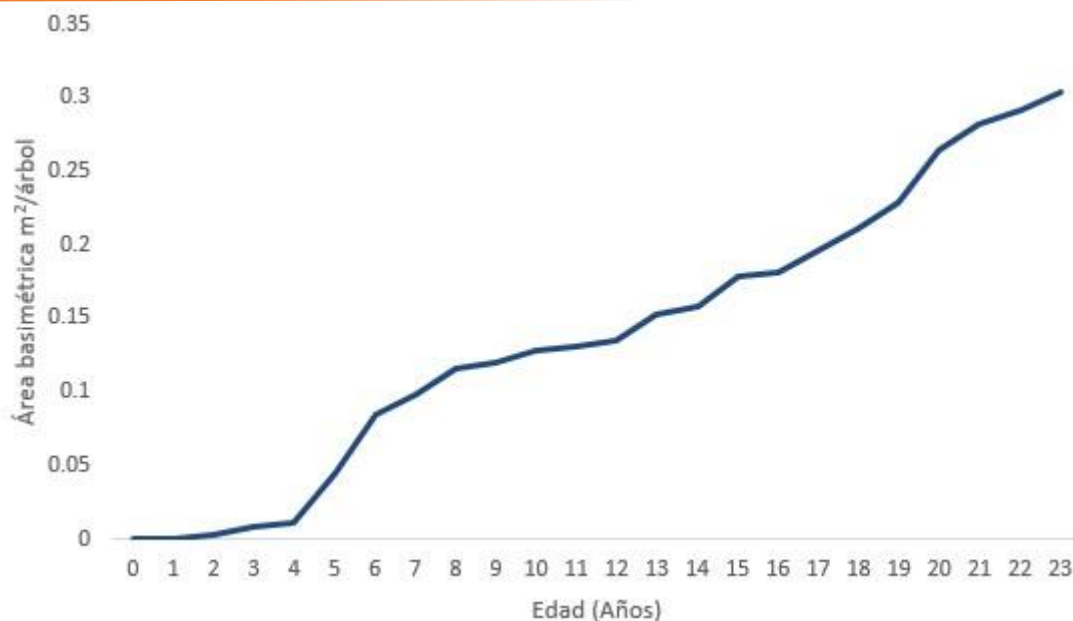
Comparando el incremento medio anual con *Alnus acuminata* en un lindero de cinco años, se obtuvo que esta especie nativa de los andes americanos presenta valores de IMA en DAP de 3,5 cm. y altura 1,82 m., mientras *A. nepalensis* registra IMA de 4,76 cm. en DAP y 2,66 m. en altura. Añazco, (1996).

### Crecimiento en área basimétrica

El análisis comparativo revela que hubo un paulatino incremento del área basimétrica durante el periodo de 23 años, de lo cual se colige que el crecimiento diamétrico siempre estuvo incrementándose (Figura 5).

La cantidad mayor de individuos de grandes dimensiones se encuentra entre los 10 y 15 años y entre los 21 y 23 años, cualquier intervención silvicultural deberá tener en cuenta este parámetro para guiar y distribuir las cortas entre los diferentes tamaños.



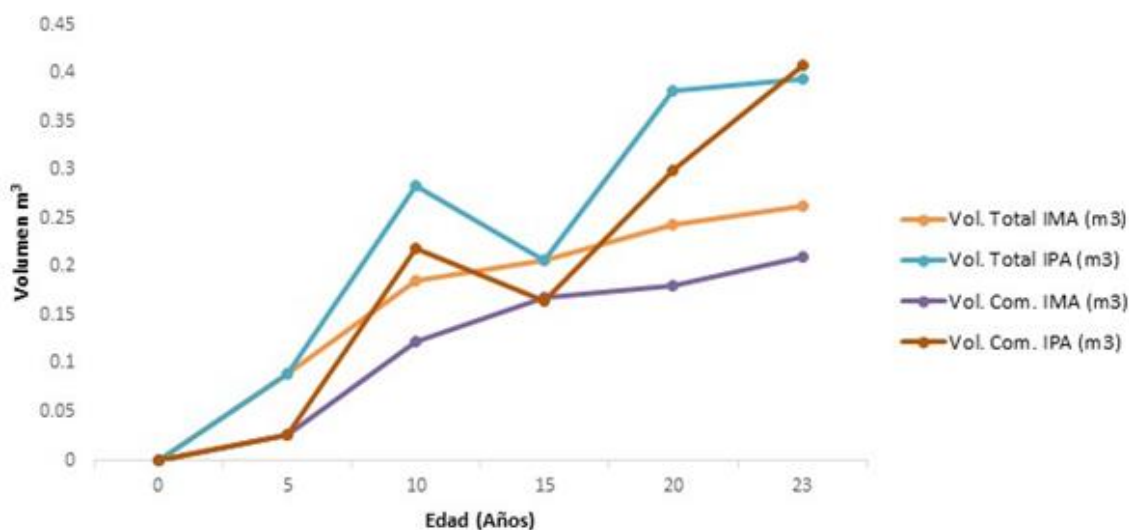


**Fig. 5.** Área basimétrica/árbol en diferentes edades

De la figura 5, se colige que la clase diamétrica (60-65 cm.) es donde se concentra la mayor área basal con 0,88 m<sup>2</sup>; la clase diamétrica (40-45 cm.) contiene el mayor número de árboles (21,74 %) que en conjunto tienen un área basal de 0,70 m<sup>2</sup>.

### Crecimiento volumétrico

Se encontró que el IMA y el IPA se interponen tempranamente a los cinco años, a un valor en volumen total de 0,089 m<sup>3</sup>/árbol. La edad de culminación biológica se obtuvo a partir del punto de encuentro de la curva del IMA y del IPA, que fue a los 15 años (Figura 6).



**Fig. 6.** Crecimiento en volumen (m<sup>3</sup>) de *A. nepalensis*.

En cuanto al volumen comercial, las curvas del IMA e IPA se interceptan a los 15 años; este cruce determina la edad de la rotación comercial del rodal forestal, la misma que presenta valores de 0,20 m<sup>3</sup>/árbol en volumen total y 0,17 m<sup>3</sup>/árbol en volumen comercial.

Las curvas se interceptan a los 15 años, lo que indica una culminación temprana del crecimiento; a partir de esta edad se registran los máximos valores hasta los 23 años.

*Alnus nepalensis* presenta un rápido crecimiento en altura en su etapa juvenil, desacelerándose a partir del octavo año, edad en la cual el incremento medio anual en diámetro registra su mayor crecimiento; el coeficiente de correlación señala una relación de proporcionalidad entre la edad y las variables altura y diámetro a 1,30 m.

El ciclo de corta, con fines de obtener madera comercial, empieza entre los 10 y 14 años, puesto que a estas edades se registra el mayor número de árboles en la clase diamétrica 40-45 cm. y las curvas de IMA e IPA volumétrico se interceptan a los 15 años.

La percepción de los agricultores de la Zona de Intag-Noroccidente del Ecuador, respecto al rápido crecimiento de la especie *Alnus nepalensis*, es corroborada por los resultados obtenidos a partir del análisis dasométricos, utilizando las variables altura, diámetro a 1,30 m., área basimétrica y volumen.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AÑAZCO, M., 1996. *El Aliso*. Proyecto Desarrollo Forestal Campesino en los Andes del Ecuador, (DFC). Quito - Ecuador.
- AÑAZCO R., M., 2010. *Sector forestal ecuatoriano: propuestas para una gestión forestal sostenible* [en línea]. Quito: Programa Regional para la Gestión Social de Ecosistemas Forestales Andinos ECOBONA. [Consulta: 12 julio 2018]. Serie Investigación y sistematización. ISBN 978-9942-9966-3-3. Disponible en: <https://search.library.wisc.edu/catalog/9912418056302121>. SD165. A53 2010
- CEVALLOS RONDÓN, L.J., 2017. Determinación de la ubicación geográfica de *Alnus nepalensis* D. Don en la zona de Intag noroccidente del Ecuador. *Universidad Técnica del Norte Ibarra Ecuador* [en línea], pp. 11. [Consulta: 12 julio 2018]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7001/2/ART%c3%8dCULO.pdf>.
- DODSON, C.H. y GENTRY, A.H., 1991. Biological Extinction in Western Ecuador. *Annals of the Missouri Botanical Garden* [en línea], vol. 78, no. 2, pp. 273-295. [Consulta: 12 julio 2018]. ISSN 0026-6493. DOI 10.2307/2399563. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/2399563>.
- ESPAÑA BENAVIDES, F.R., 2016. Construcción de modelos alométricos para la determinación de biomasa aérea en aliso de nepal (*Alnus Nepalensis* D. Don) en la zona de Intag, Andes del Norte del Ecuador. *Universidad Técnica del Norte Ibarra Ecuador* [en línea], [Consulta: 12 julio 2018]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5728/2/03%20FOR%2036%20ARTICULO%20PERIODISTICO.pdf>.
- FARINANGO LEÓN, F.C., 2018. Fijación de nitrógeno en nódulos de raíces de *Alnus nepalensis* D. Don en linderos a diferentes edades en la zona de Intag, Noroccidente del Ecuador. *Universidad Técnica del Norte Ibarra Ecuador* [en línea], [Consulta: 12 julio 2018]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8076>.
- LAMICHHANEY, B.P., 1984. *Variation of Alnus nepalensis D. Don in Nepal* [en línea]. Oxford: Trinity College (TC). Disponible en: [http://nkcs.org.np/dfrs/cfl//opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=33](http://nkcs.org.np/dfrs/cfl//opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=33).
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE), 2018. Estado de los bosques en el Ecuador. Presentación en Powerpoint de Directora Nacional Forestal. Quito-Ecuador.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE), 2012. *Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental*. 2012. S.l.: Autor.
- NITROGEN FIXING TREE ASSOCIATION, 1990. *Alnus nepalensis: a multipurpose tree for the tropical highlands* [en línea]. 1010 Holomua Rd, Paia, Hawaii 96779-9744, USA: Autor. Disponible en: <http://www.nzdl.org/gsd/mod?e=d-00000-00-off-0hdi-00-0-0-10-0-0-direct-10-4-0-11-en-50-20-about-00-0-1-00-0-4-0-0-11-10-outfZz-8-00&a=d&c=hdi&cl=CL2.14.7&d=HASH011ec19a37bb817d72319187.17>.

SIERRA, R., 1994. *Land uses strategies of household based enterprises, the market forces, national policies, and local condition*. Tesis de Doctorado. EUA: The Ohio State University Ohio.

SIERRA, R., 2013. Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años. *For. Trends Int. Conserv. Ecuador* [en línea], pp. 57. Disponible en: [https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2013/03/rsierra\\_deforestacionecuador1950-2020\\_180313-pdf.pdf](https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2013/03/rsierra_deforestacionecuador1950-2020_180313-pdf.pdf).

VALLEJOS, H., 2004. *Diseño de agroecosistemas sustentables para la Zona de Intag*. Tesis de Maestría. Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Sede Ibarra «PUCESI».



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-  
NoComercial 4.0 Internacional.  
Copyright (c) Mario Jose Añazco Romero, Hugo Vinicio Vallejos Alvarez, Maria  
Isabel Vizcaino Pantoja