

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**MODELAMIENTO Y REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA ESTIMAR
LA ALTURA COMERCIAL EN PLANTACIONES DE *Guadua angustifolia*
Kunth EN EL DISTRITO DE ARAMANGO, PROVINCIA BAGUA -
AMAZONAS**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER
EDWIN PACHAMORA TORRES

Ing. M. Sc. German Pérez Hurtado
ASESOR

Jaén - Perú
2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley N° 14015 del 13 de Febrero de 1,962

"Norte de la Universidad Peruana"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

SECCIÓN JAÉN

Bolívar N° 1342 – Plaza de Armas – Telfs. 431907 - 431080
JAÉN – PERÚ

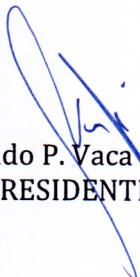


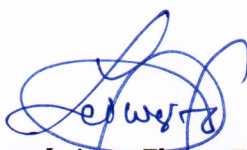
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

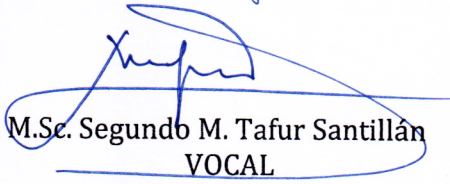
En la ciudad de Jaén, a los veintiún días del mes de Diciembre del año dos mil dieciocho, se reunieron en el Ambiente del Auditorio Auxiliar de la Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 449-2017-FCA-UNC, de fecha 06 de Diciembre de 2017, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado **“MODELAMIENTO Y REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA ESTIMAR LA ALTURA COMERCIAL EN PLANTACIONES DE *Guadua angustifolia* Kunth EN EL DISTRITO DE ARAMANGO, PROVINCIA DE BAGUA-AMAZONAS”**, ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales don **EDWIN PACHAMORA TORRES**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

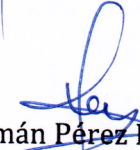
A las once horas y cinco minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Terminado el acto de sustentación el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de quince **(15)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para que inicie los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las doce horas y treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.


Dr. Segundo P. Vaca Marquina
PRESIDENTE


Ing. Leiver Flores Flores
SECRETARIO


Ing. M.Sc. Segundo M. Tafur Santillán
VOCAL


Ing. Germán Pérez Hurtado
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico esta investigación principalmente a Dios, nuestro creador y dador de toda sabiduría, por iluminarme y estar a mi lado en todo momento de mi vida universitaria.

A mis padres: Cebastian Pachamora Sanchez y Purificación Torres Delgado, por haberme apoyado de una u otra manera inculcándome valores y concederme así la oportunidad de culminar mis estudios y poder desarrollarme profesionalmente.

A mis hermanos: Vilmer, Elisandro, Silder, Eny, Wilhem, Vladimir, Danuiler, Shunelli y Nardely, que con sus consejos me han sabido orientar por el sendero de la superación.

Mil Gracias...

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, por ser la guía principal en mi vida.

A mis padres y hermanos por la ayuda desinteresada brindada en cada obstáculo que en mi vida se presenta, gracias a sus paradigmas hoy he llegado a cumplir una de mis metas.

A mis docentes a quien debo gran parte de mis conocimientos y a esta prestigiosa universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como yo, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como profesionales con sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico.

A mi asesor Ing. Germán Pérez Hurtado, por la paciencia en la dirección de este proyecto y por haber confiado en mi persona, por el sostén y el ánimo que me brindó en todo el proceso de elaboración del presente trabajo.

A mis amigos y a todas las personas que de una u otra manera siempre me han brindado su apoyo incondicional

¡Gracias Dios... Gracias a todos!

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	08
ABSTRACT	09
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes	12
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1 Los bambús en el mundo y Sudamérica	13
2.2.2 Especie de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.	14
2.2.3 El bambú y su impacto ambiental	14
2.2.4 Requerimientos ambientales	15
2.2.5 Crecimiento del bambú	16
2.2.6 Desarrollo y productividad del bambú	17
2.2.7 Medidas comerciales y calidad de bambú estructural	18
2.2.8 Modelación matemática	20
2.2.9 Método de los mínimos cuadrados	21
2.2.10 Redes Neuronales Artificiales (RNA)	22
2.2.11 Función de activación de una red neuronal artificial	24
2.2.12 Clasificación de una red neuronal artificial	25
2.2.13 Algoritmo de las redes neuronales artificiales	26
2.2.14 Funcionalidad y aplicación de las redes neuronales artificiales	26
2.2.15 Software Statistica	28
2.2.16 Software Neuroforest	29
2.2.17 Conceptos generales utilizados en la aplicación de redes neuronales artificiales	30
2.2.18 Conceptos generales de la validación estadística	33

III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. Ubicación de la investigación	35
3.2. Características del lugar y calidad de sitio	35
3.3. Identificación de la especie <i>Guadua angustifolia</i> Kunth	36
3.4. Materiales	37
3.4.1. Materiales y equipos	37
3.5. Metodología	37
3.5.1. Fase de campo	37
3.5.2. Fase de gabinete	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. RESULTADOS	41
4.1.1. Pruebas estadísticas	41
4.1.2. Estimación de la altura comercial con modelamiento	42
4.1.3. Estimación de la altura comercial con Redes Neuronales Artificiales (RNA)	44
4.2. DISCUSIÓN	55
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. CONCLUSIONES	57
5.2. RECOMENDACIONES	58
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXO	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estados de desarrollo del bambú	18
Figura 2. Estructura típica de una Neurona Biológica	23
Figura 3. Esquema de una Red Neuronal Artificial	24
Figura 4. Principales funciones de activación en las redes neuronales artificiales	25
Figura 5. Conexiones de redes feedforward y feedback	25
Figura 6. Proceso de funcionalidad matemática de una red neuronal artificial	27
Figura 7. Mapa de ubicación de la parcela evaluada	35
Figura 8. Correlación de la altura comercial observada y estimada con Modelamiento	39
Figura 9. Residuos de los datos de la altura comercial observada	40
Figura 10. Frecuencia por clase de datos de la altura comercial con Modelamiento	41
Figura 11. Correlación de la altura comercial observada y estimada del primer entrenamiento con Redes Neuronales Artificiales	42
Figura 12. Residuos de los datos de la altura comercial observada del bambú del primer entrenamiento de Redes Neuronales Artificiales	42
Figura 13. Frecuencia por clase de datos de la altura comercial del primer entrenamiento con Redes Neuronales Artificiales	43
Figura 14. Correlación de la altura comercial observada y estimada del segundo entrenamiento con Redes Neuronales Artificiales	44
Figura 15. Residuos de los datos de la altura comercial observada del bambú del segundo entrenamiento de Redes Neuronales Artificiales	45
Figura 16. Frecuencia por clase de datos de la altura comercial del segundo entrenamiento con Redes Neuronales Artificiales	45
Figura 17. Correlación de la altura comercial observada y estimada del tercer entrenamiento con Redes Neuronales Artificiales	46

Figura 18.	Residuos de los datos de la altura comercial observada del bambú del tercer entrenamiento de Redes Neuronales Artificiales	47
Figura19.	Frecuencia por clase de datos de la altura comercial del tercer entrenamiento con Redes Neuronales Artificiales	48
Figura 20.	Correlación de la altura comercial observada y estimada del cuarto entrenamiento con Redes Neuronales Artificiales	49
Figura 21.	Residuos de los datos de la altura comercial observada del bambú del cuarto entrenamiento de Redes Neuronales Artificiales	49
Figura 22.	Frecuencia por clase de datos de la altura comercial del cuarto entrenamiento con Redes Neuronales Artificiales	50
Figura 23.	Correlación de la altura comercial observada y estimada del quinto entrenamiento con Redes Neuronales Artificiales	51
Figura 24.	Residuos de los datos de la altura comercial observada del bambú del quinto entrenamiento de Redes Neuronales Artificiales	52
Figura 25.	Frecuencia por clase de datos de la altura comercial del quinto entrenamiento con Redes Neuronales Artificiales	53

LISTA DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1.	Variabes biométricas y proporción de aprendizaje con la técnica de Redes Neuronales Artificiales	37
Tabla 2.	Estadística para las técnicas de estimación de modelamiento y redes neuronales artificiales	38

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue estimar la altura comercial en plantaciones de *Guadua angustifolia* Kunth, con técnicas de modelamiento y redes neuronales artificiales en el distrito de Aramango, provincia de Bagua, región de Amazonas. Se aplicó un muestro al azar simple (MAS), con varas de bambú de diferentes clases diamétricas para una muestra de 200 varas aleatorias por hectárea. Las variables consideradas fueron el diámetro a la altura del cuello (DAC) entre $06 \text{ cm} < \text{DAC} < 16 \text{ cm}$ y altura comercial (H). Los datos recolectados en campo se insertaron a una planilla digitalizada para la estimación de la altura comercial del bambú con el uso de las técnicas de modelamiento matemático y redes neuronales artificiales, estableciendo 5 entrenamientos, que consistieron que variar la proporción de aprendizaje con tamaño de muestra que varió de 70 % a 30 % para el proceso de entrenamiento y generalización, donde cada estimativa se evaluó y analizó con parámetros estadísticos con sus respectivas gráficas. Los resultados indican que el entrenamiento 3, que consistió en procesar los datos al 50 % para el entrenamiento y 50 % de generalización, presenta mejores estimativas que los demás entrenamientos empleados con la técnica de redes neuronales artificiales para la estimación de la altura comercial, mientras que la regresión matemática con sistema de ecuaciones es ineficiente para la estimación de la altura comercial del bambú indicando bajo grado de confiabilidad en los datos estimados; concluyéndose que el uso de la técnica de redes neuronales artificiales presenta óptimos resultados en los parámetros estadísticos, estableciendo mejores estimaciones de la altura comercial de la *Guadua angustifolia* Kunth que utilizando la técnica de modelamiento matemático.

Palabras clave: Redes neuronales artificiales, modelamiento, *Guadua angustifolia* Kunth.

ABSTRACT

The goal of this research is estimate the commercial height on the *Guadua angustifolia* Kunth plantations, with modeling techniques and artificial neural networks at Aramango district, Bagua Province, Amazonas region. Simple random sampling (SRS) was applied, with bamboo rods of different diametric classes for a sample of 200 random rods per hectare. The variables considered were the diameter at neck height (DNH) between 06 cm < DNH <16 cm and commercial height (H). The data collected in the field was inserted into a digitalized form for the estimation of the commercial height of bamboo with the use of mathematical modeling techniques and artificial neural networks, setting 5 trainings, which consisted that in varying the ratio of learning with sample size that varied from 70 % to 30 % for the training and generalization process, where each estimate was evaluated and analyzed with statistical parameters with their respective graphs. Results indicate that training 3, which consisted of processing the data at 50 % for training and 50 % generalization, presents better estimated results than the other trainings used with the technique of artificial neural networks for estimation commercial height, whereas mathematical regression with system of equations is inefficient for estimation commercial height of the bamboo indicating a low degree of reliability in the estimated data; concluding that the use of artificial neural network technique presents optimal results in the statistical parameters, setting better estimates commercial height of *Guadua angustifolia* Kunth than using the mathematical modeling technique.

Key words: Artificial neural networks, modeling, *Guadua angustifolia* Kunth.

I. INTRODUCCIÓN

La Amazonia peruana alberga un gran número de especies de bambúes y otras gramíneas bambusiformes de la familia Poaceae y subfamilia Bambusoideae, que se agrupa en la mayoría de las plantas leñosas, con tallo rígido, que pueden formar bosques de bambúes sin ninguna presencia de árbol (Olivier 2008). La reforestación con bambú puede ser significativa en la contribución urgente de problemas ambientales por ser un gran productor de oxígeno y un gran retenedor de dióxido de carbono (Torres y Uribe 2003) citado por (Delgado et al. 2013). Los bambúes son plantas de rápido crecimiento, representando un recurso natural renovable y de alto rendimiento. En América Latina ocupan 10 millones de hectáreas, es decir el 28% del área total de bambú en el mundo. Existen cerca de 270 especies distribuidas en 18 géneros (Chaowana 2013), dentro de estas la más conocida es la *Guadua angustifolia* Kunth, siendo la más utilizada en las industrias (Mognon et al. 2014) y la más importante del mundo (Camargo et al. 2010). Sin embargo, cuando se busca un producto de dimensiones adecuadas para su uso estructural, es decir, con buen diámetro y longitud y de adecuado estado fitosanitario, es necesario aplicar prácticas de manejo silvicultural acorde a ese objetivo de producción (Giraldo y Sabogal 1999). De esta forma, se buscan alternativas para aplicar estas técnicas de manejo de las plantaciones de bambú, al igual que una plantación de producción maderera, para la intervención a campo es necesario modelar la plantación. La utilización de estos modelos para representar o explicar una realidad es una estrategia muy utilizada en varios campos de la ciencia, que son presentaciones simplificadas de una realidad, en que el grado de detalle de los datos de entrada limita el detalle de los resultados (Hasenauer 2000), específicamente en el sector forestal, los modelos matemáticos son utilizados en el planeamiento de las actividades forestales presentes y futuras (Chiari et al. 2008). Sin embargo, para obtener una mejor planificación, rentabilidad y sustentabilidad de una plantación, la utilización de herramientas de inteligencia artificial como las redes neuronales artificiales (RNA), vienen siendo utilizadas en el sector forestal, en sustitución a los modelos de regresión, presentando superioridad de precisión de las estimaciones

(Gorgens 2006; Silva et al. 2009), siendo una alternativa de reducción de costos (Zheng y Lu 2012; Binoti 2012). Una RNA es un sistema computacional paralelo constituido de varias unidades de procesamiento simples conectadas entre sí de una manera específica para desempeñar una determinada tarea (Bullinaria 2014). El uso de RNA es cada vez más común en los negocios y se ha extendido a otras aplicaciones, como la estimación de la densidad de la madera, la evaluación y el crecimiento de la biodiversidad, incluyendo los efectos de suelo, climáticas y las variables fisiográficas. Los investigadores de diferentes universidades, entre ellos Campos y Leite (2013) y Binoti (2010) del Departamento de Ingeniería Forestal de Universidad Federal de Viçosa – Brasil, han publicado importantes avances científicos, y la inclusión de estas variables nos permite evaluar diferentes escenarios, lo que contribuye a los estudios sobre el desarrollo sostenible, por lo que en la presente investigación estableció el uso de estas técnicas como alternativa de manejo, teniendo en cuenta que esta ciencia ha influenciado para el cambio de pensar de algunos expertos en la medición de bosques y plantaciones. En tal sentido, el objetivo de la investigación fue estimar la altura comercial en plantaciones de *Guadua angustifolia* Kunth, con técnicas de modelamiento y redes neuronales artificiales en el distrito de Aramango, provincia de Bagua de la región de Amazonas y los objetivos específicos fueron:

- Comparar las técnicas de modelamiento y sistemas computacionales en la estimación de altura comercial de *Guadua angustifolia* Kunth.
- Analizar estadísticamente las estimaciones de las técnicas de modelamiento y sistemas computacionales en las estimaciones de la altura comercial de *Guadua angustifolia* Kunth.

II. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Antecedentes

La situación existente del Bambú en Perú se encuentra en proceso de investigación, es un material que se encuentra subutilizado y muy mal gestionado en su aprovechamiento de los bosques naturales presentes en este país. La cantidad de plantaciones naturales de Bambú, son pocas en comparación con sus países vecinos, además el desconocimiento general hacia esta planta y sus aplicaciones comerciales, inciden en la falta de promoción para su reforestación y manejo adecuado (Rodríguez 2013). La diversidad de bambúes ha llegado a ser tan alta que hasta el momento se han registrado un total de 90 géneros y 1100 especies en el mundo; siendo América el continente que alberga a casi la mitad de la diversidad mundial, con un total de 41 géneros y 451 especies (Judziewicz et al. 1999). Entre las diversas especies de bambú destaca la *Guadua angustifolia* Kunth por su resistencia físico- mecánica, versatilidad, peso liviano, flexibilidad, fácil manejo, rápido crecimiento y capacidad de autorrenovarse. Estas características presentan a la Guadua como una especie forestal que ofrece diversos beneficios (Cruz 2009). Sin embargo en el Perú existe escasa información sobre la biología, propiedades y potencial de aprovechamiento de esta especie vegetal, así como un limitado conocimiento de las técnicas de manejo sustentable de la misma (Villanueva 2014). Hasta el momento existen aplicaciones de estimaciones de altura y diámetro de la especie de bambú, hasta de biomasa utilizando regresiones. Estudios de Mognon (2015) relaciona variables biométricas como el diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro del cuello y altura total de la planta para estimar la biomasa seca total obteniendo diferentes ecuaciones, entre ellas: $(\ln ps = -3,05431 + 1,79888 \ln dcuello - 0,54992 \ln dap^2 + 0,5093 \ln (dap * h^2))$. Calderón (2012) estima la altura y diámetro del tallo en tiempo real, evaluando el desarrollo a partir de brotes de las especies *Gigantochloa apus* y *G. verticillata*, obteniéndose como resultado que estadísticamente para la altura existió diferencia significativa coeficiente de variación del 17.73 % y no existió diferencia significativa para la variable diámetro de tallo coeficiente de variación del 17.23 %. Pereira y Garbino 2003, estudia la producción del bambú gigante (*Dendrocalamus giganteus*) observándose un

incremento medio de 14.2 % para el DAP y de 14.4 % para la altura. En el sector peruano, en el sector del Muyo, región de Amazonas, se monitorearon 4 parcelas con un total de 1700 tallos de bambú por hectárea, obteniéndose una media de 9.5 cm de DAP con una variabilidad de 2 cm hasta 18 cm de conformidad con la curva de distribución de frecuencias de clases diamétricas donde perciben una tendencias de distribución normal o curva de Gauss, que en el caso particular corresponde a una ecuación múltiple con un factor de R^2 igual a 0.82, es decir una gran correlación entre las frecuencias de individuos por diámetros, lo cual es típico de rodales homogéneos, coetáneos así como de como las plantaciones, donde la mayor concentración de frecuencias esta alrededor del promedio (en este caso 9.5 cm) y un bajo número de individuos en los dos extremos, inferior y superior de diámetros (PERUBAMBÚ 2009).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Los bambús en el mundo y Sudamérica

Ximena Londoño (2002), señala que en el mundo existe un total de 90 géneros y 1100 especies de bambú que se distribuyen desde los 51° de latitud Norte hasta los 47° de latitud Sur y desde el nivel del mar hasta los 4,300 metros de altura. En América, existen 41 géneros y 451 especies, casi la mitad de la diversidad mundial, los cuales se distribuyen desde los Estados Unidos con *Arundinaria gigantea*, hasta el sur de Chile, con *Chusquea culeo*. Se reconoce como el área de mayor grado de endemismo y diversidad de bambúes a la "mata littoranea" del sur de Bahía, Brasil, con presencia del 48 % (22 géneros) de todos los géneros americanos, cinco de los cuales son endémicos. Le sigue en diversidad la cordillera de los Andes desde Venezuela hasta Bolivia, y la parte sur de Mesoamérica. Según Judziewicz et al. (1999) citado por Deras (2003), los bambúes toleran temperaturas bajo 0 °C y hasta 26 °C, aunque se conocen casos de temperaturas más altas. En términos de precipitación se desarrollan en zonas desde 1,000 hasta 5,000 mm al año. Lo anterior muestra un amplio rango de hábitat en los cuales el bambú se desarrolla.

2.2.2. Especie de *Guadua angustifolia* Kunth.

Pertenece a la división Angiospermae, clase monocotiledónea, orden Poales, familia Poaceae, subfamilia Bambusoideae, tribu Bambuseae, a la Subtribu Guaduinae, y al género *Guadua* (Zea 2013). Los bambúes son consideradas las gramíneas más grandes del mundo, se caracterizan por su larga duración en el tiempo con sistema radicular bien desarrollado, poseen cañas macizas en su mayoría hueca (Marín y Correa 2010). Se le considera un cultivo forestal y su explotación depende del manejo que es una oportunidad económica y ambiental; es un buen medio para la conservación del suelo y el agua, sus raíces son fuertes, fibrosas; reduce la erosión de cuencas hidrográficas y protege riberas de los ríos (INBAR 2012).

Clasificación taxonómica (Cronquist, 1981)

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Subdivisión	: Angiosperma
Clase	: Liliopsida
Subclase	: Commelinidae
Orden	: Cyperales
Familia	: Poaceae
Subfamilia	: Bambusoideae
Género	: <i>Guadua</i>
Especie	: <i>Guadua angustifolia</i> Kunth 1922.

2.2.3. El bambú y su impacto ambiental

Un impacto ambiental es el daño que se puede causar sobre la flora o la fauna, el suelo, el agua, el aire o el clima y sobre el hombre mismo, incluido sus componentes culturales o económicos (NC 521 2007).

El bambú desempeña un papel vital para la vida socio-económica de las comunidades que se benefician de su utilización y un impacto ambiental en el devenir de las mismas: es un recurso natural renovable a corto plazo con relación

a otras maderas, biodegradable, con más de un millar de usos, con una enorme diversificación de productos: entre ellos como recurso de decoración y paisajismo; recuperador, conservador y estabilizador de suelos; regulador de sistemas hídricos; herramientas agrícolas; fuente de alimentación para seres humanos y animales; preservativo de alimentos e inhibidor de crecimiento bacteriano; desodorante ambiental; fijador de dióxido de carbono; purificador de agua; deshumidificador; combustible vegetal, entre muchos otros (Scaglione 2004)

Las plantaciones de bambú ayudan a la conservación de cuencas hidrográficas al regular los caudales de agua con una cubierta protectora y una capa de residuos orgánicos, producto de la caída del follaje, lo mismo reduce la escorrentía superficial, evitando la erosión. Un tallo de bambú posee alrededor de 73 entrenudos con una capacidad para almacenar alrededor de cuarenta litros de agua y una hectárea puede almacenar hasta treinta mil trescientos setenta y cinco litros de agua (Torres 2010).

Las formaciones de bambú, además de los beneficios que provee al medio ambiente por la capacidad de su sistema radicular, conjuntamente con las hojas que aportan material vegetal al suelo, de formar suelos de mejor textura y capacidad de retención de agua, regulando la escorrentía y los caudales de los cuerpos de agua, en cuyos márgenes crecen normalmente. Las raicillas con el rizoma forman un sistema entretrejido, dando la apariencia de una malla, los cuales amarran fuertemente el suelo, permitiendo su desarrollo en pendientes pronunciadas, evitando así la degradación y erosión del suelo (PERUBAMBÚ 2007).

2.2.4. Requerimientos ambientales

El bambú se desarrolla en una extensa distribución geográfica debido a su gran adaptabilidad a diferentes condiciones de clima y suelo, es decir, se adapta a diferentes condiciones ecológicas y ambientales.

A continuación se describen algunos parámetros ambientales para el establecimiento de su cultivo:

Régimen pluviométrico: El rango de requerimiento pluviométrico promedio anual del bambú va desde un mínimo de 1.000 mm hasta más de 4.000 mm. Se requiere que lluevan al menos 100 mm/mes durante 6 meses para garantizar el desarrollo mínimo del bambú. El desarrollo y emergencia de los brotes requiere de al menos 100 mm y los rizomas crecen con 200 mm o más al final del verano. En los bosques húmedos subtropicales se dan estas condiciones hídricas (Mercedes. 2006).

Humedad relativa: El mejor crecimiento y desarrollo de la especie se da en lugares con elevadas humedades relativas (80 %), es decir, en zonas con bajo déficit en contenido de vapor de agua atmosférico.

Régimen térmico: Se adapta a un amplio margen térmico (9° a 36 °C), sin embargo su temperatura óptima de desarrollo vegetativo se sitúa entre los 20° y 26 °C (Calderón. 1979; Liese. 1985).

Suelos: Prefiere suelos aluviales y bien drenados. No resiste suelos salinos. Algunas especies de bambú pueden crecer en suelos con pH de hasta 3.5, pero en general el pH óptimo se encuentra entre 5.0 y 6.5 (Liese. 1985).

Irradiación: Las plantas de bambú exigen abundante luz al inicio de su desarrollo (Mercedes. 2006). Por eso prefieren los terrenos llanos donde pueden recibir una radiación solar más uniforme.

2.2.5. Crecimiento del bambú

Otra de las cualidades que tiene el bambú es su rápido crecimiento. Según datos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE 2004), su tasa de crecimiento durante los primeros 30 días alcanza 4 a 6 cm de altura en 24 horas, el 60% de este crecimiento es durante la noche; después de los 90 cm de altura, el promedio de crecimiento es de 9 a 11 cm por cada 24 horas. Esto implica una gran actividad fisiológica que hace que los bambúes sean considerados como un elemento de notable importancia para el balance de oxígeno y dióxido de carbono en la atmósfera.

2.2.6. Desarrollo y productividad del bambú

Dado el hábito perenne del bambú y a que su manejo productivo está basado en el desarrollo de sus tallos, estos tienen un ciclo de vida de 4 a 7 años y se pueden considerar las siguientes etapas, según Mercedes (2006):

- a) **Fase de renuevo o brotación:** Es aquella en la que los culmos, cogollos o brotes están emergiendo, los entrenudos no se han elongado o estirado y están presentes las hojas caulinares. Temporalmente corresponde a edades menores de 180 días.

- b) **Fase juvenil:** También es llamada biche o verde. En ella las hojas caulinares están parcialmente caídas, las ramas empiezan a desarrollarse, el color de los brotes es de un verde intenso. La mayoría de los entrenudos se han desarrollado en tanto que los nudos comienzan a presentar una coloración blancuzca.

- c) **Fase madura, adulta o comercial:** Los tallos se tornan a verde pálidos, las ramas están totalmente desarrolladas, la madera se torna resistente y si la zona es relativamente húmeda los tallos presentan algunos líquenes.

- d) **Fase de sazónamiento o seca:** La madera empieza a perder resistencia y se va llenando de líquenes. El follaje es poco denso y el color de los tallos es verde-pálido y amarillento.

- e) **Fase sobremadura o vieja:** Se empiezan a notar signos de degradación en los culmos (quebraduras o rajaduras en los tallos). Hay poco follaje en las ramas y da la apariencia y sensación de estar seco.



Figura 1. Estados de desarrollo del bambú (Mercedes 2006)

2.2.7. Medidas comerciales y calidad de bambú estructural

a) Características técnicas para el bambú estructural

En la Norma Técnica E-100, se describe los lineamientos técnicos que se deben seguir para el diseño y construcción de edificaciones sismorresistentes con bambú: *Guadua angustifolia* Kunth, donde un bambú estructural cumple los siguientes requisitos:

- La edad de cosecha del bambú estructural debe estar entre los 4 y los 6 años.
- El contenido de humedad del bambú estructural debe corresponderse con el contenido de humedad de equilibrio del lugar. Cuando las edificaciones se construyan con bambú en estado verde, el profesional responsable

debe tener en cuenta todas las precauciones posibles para garantizar que las piezas al secarse tengan el dimensionamiento previsto en el diseño.

- El bambú estructural debe tener una buena durabilidad natural y estar adecuadamente protegido ante agentes externos (humos, humedad, insectos, hongos, etc.).
- Las piezas de bambú estructural no pueden presentar una deformación inicial del eje mayor al 0.33 % de la longitud del elemento. Esta deformación se reconoce al colocar la pieza sobre una superficie plana y observar si existe separación entre la superficie de apoyo y la pieza.
- Las piezas de bambú estructural no deben presentar una conicidad superior al 1.0 %.
- Las piezas de bambú estructural no pueden presentar fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro del elemento. En caso de tener elementos con fisuras, estas deben estar ubicadas en la fibra externa superior o en la fibra externa inferior.
- Piezas de bambú con agrietamientos superiores o iguales al 20 % de la longitud del tronco no serán consideradas como aptas para uso estructural.
- Las piezas de bambú estructural no deben presentar perforaciones causadas por ataque de insectos xilófagos antes de ser utilizadas.
- No se aceptan bambúes que presenten algún grado de pudrición.

b) Medidas comerciales y calidad de bambú estructural

De acuerdo a la entrevista personal realizada con los empresarios de los distritos de Aramango e Imaza, provincia Bagua-Amazonas, los señores: Holmer Perez Hurtado, Jaime Reaño Canario, Norbil Bazan Monteza, Amelia Reaño Canario y el señor Salvador Quiróz Guerra (presidente de la Asociación de Productores de Bambú Rio Marañón de Aramango), asimismo la opinión de la empresa Producción e Industrialización de Bambú del Perú para el mundo S.A.C.

(PRIBAMBUPE SAC) y de la Asociación de Productores de Bambú Cuenca del Huayllabamba de Jaén, se llegó a la conclusión de que ellos comercializan bambú estructural de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, a nivel nacional, con las medidas comerciales y calidades que a continuación se detallan:

Medidas comerciales: desde los 4 metros hasta los 12 metros

Calidades:

Primera: Varas con mínima presencia de rajaduras, sin fisuras, rectas, con diámetros superiores a 3.5 pulgadas en la parte apical

Segunda: Puede ser gruesa y curva o sinuosa (para esterilla), con perforaciones de aves como el carpintero, también delgadas y rectas con diámetros en el parte apical mínimo de 2.5 pulgadas

Tercera: Varas con diámetros entre 2.5 y 1.5 Pulgadas

Cuarta: Cañas con diámetros inferiores a 1.8 pulgadas en la parte apical.

2.2.8. Modelación matemática

Los modelos por lo general, constan de una forma polinomial y sus parámetros pueden ser derivados directamente de datos empíricos mediante un análisis de regresión (Hairiah et al. 2001).

La ecuación es de la forma:

$$Y = ax + b$$

Las ecuaciones por lo general se utilizan en las siguientes tres formas:

Lineal (con error aditivo) $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_j X_j + \epsilon$

No lineal (multiplicativa) $Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_j^{\beta_j} \epsilon$

Dónde: Y = biomasa total o del componente, X_j = variable de dimensión del árbol, β_j = parámetro del modelo y ϵ = término de error.

El modelo lineal con error aditivo produce regresiones múltiples lineales que pueden ser ajustadas mediante el procedimiento de estimación de los mínimos cuadrados. El modelo no lineal con error aditivo produce ecuaciones de regresión no lineales que requieren el uso de procesos iterativos para la estimación de sus parámetros; para ambos modelos es necesario obtener la mínima varianza. Mientras que, para el tercer modelo, las ecuaciones usualmente son transformadas a su forma lineal a través de logaritmo natural y los parámetros así pueden ser estimados mediante el procedimiento de los mínimos cuadrados (Parresol. 1999).

2.2.9. Método de los Mínimos Cuadrados

Es un procedimiento de análisis numérico en la que, dados un conjunto de datos (pares ordenados y familia de funciones), se intenta determinar la función continua que mejor se aproxime a los datos (línea de regresión o la línea de mejor ajuste), proporcionando una demostración visual de la relación entre los puntos de los mismos. En su forma más simple, busca minimizar la suma de cuadrados de las diferencias ordenadas (llamadas residuos) entre los puntos generados por la función y los correspondientes datos. Este método se utiliza comúnmente para analizar una serie de datos que se obtengan de algún estudio, con el fin de expresar su comportamiento de manera lineal y así minimizar los errores de la data tomada. La creación del método de mínimos cuadrados generalmente se le acredita al matemático alemán Carl Friedrich Gauss, quien lo planteó en 1794 pero no lo publicó sino hasta 1809. El matemático francés Andrien-Marie Legendre fue el primero en publicarlo en 1805, este lo desarrolló de forma independiente.

Su expresión general se basa en la ecuación de una recta $y = mx + b$. Donde “m” es la pendiente y “b” el punto de corte, y vienen expresadas de la siguiente manera:

$$m = \frac{n \cdot \sum(x \cdot y) - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - [\sum x]^2}$$

$$b = \frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum(x \cdot y)}{n \cdot \sum x^2 - [\sum x]^2}$$

Σ Es el símbolo sumatoria de todos los términos, mientras (x, y) son los datos en estudio y n la cantidad de datos que existen.

El método de mínimos cuadrados calcula a partir de los N pares de datos experimentales (x, y), los valores “m” y “b” que mejor ajustan los datos a una recta. Se entiende por el mejor ajuste aquella recta que hace mínimas las distancias de los puntos medidos a la recta.

Teniendo una serie de datos (x, y), mostrados en un gráfico o gráfica, si al conectar punto a punto no se describe una recta, debemos aplicar el método de mínimos cuadrados, basándonos en su expresión general:

$$y = \left(\frac{n \cdot \sum(x \cdot y) - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - [\sum x]^2} \right) \cdot x + \left(\frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum(x \cdot y)}{n \cdot \sum x^2 - [\sum x]^2} \right)$$

Cuando se haga uso del método de mínimos cuadrados se debe buscar una línea de mejor ajuste que explique la posible relación entre una variable independiente y una variable dependiente. En el análisis de regresión, las variables dependientes se designan en el eje “y” vertical y las variables independientes se designan en el eje “x” horizontal. Estas designaciones formarán la ecuación para la línea de mejor ajuste, que se determina a partir del método de mínimos cuadrados.

2.2.10. Redes Neuronales Artificiales (RNA)

El desenvolvimiento del área de Redes Neuronales Artificiales (RNA), es motivado por la manera de como el cerebro humano procesa informaciones, siendo capaz de organizar sus neuronas para determinados procesamientos, como reconocimiento de padrones, mucho más rápido y eficiente que una computadora convencional (Haykin 2001). La neurona biológica (Figura 1), puede ser dividida en tres partes: el cuerpo celular, las dendritas y el axón. Las dendritas son ramificaciones que reciben las informaciones en la forma de impulso nervioso, oriundas de otras neuronas y las conduce para el cuerpo celular; este procesa las informaciones generando nuevos impulsos nerviosos

que son transmitidos a través del axón a los dendritas de otras neuronas (Silva et al. 2010).

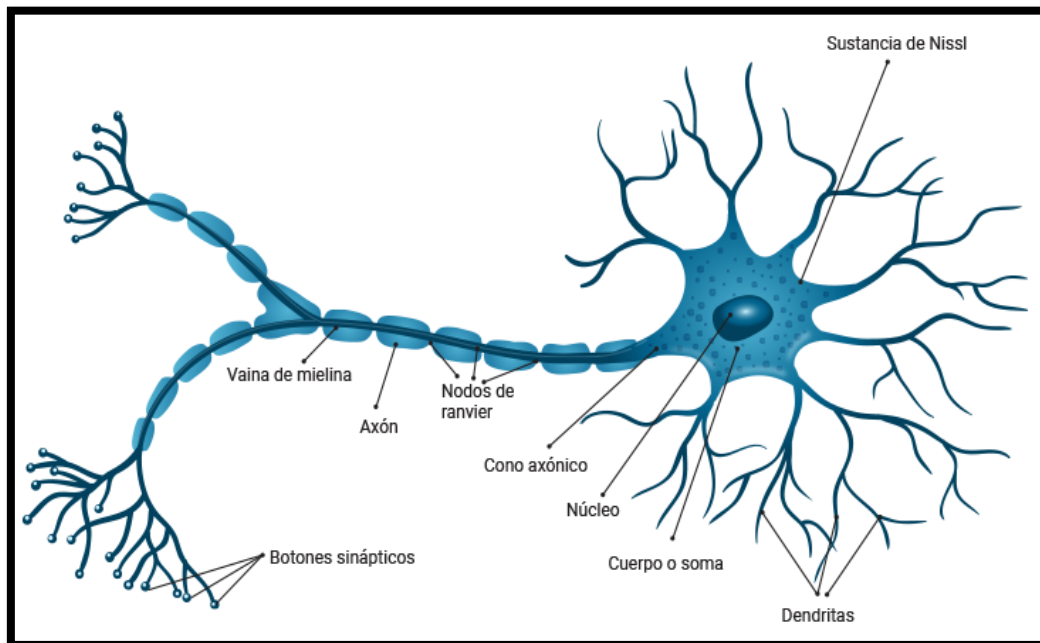


Figura 2. Estructura típica de una neurona biológica (Alcantara 2015)

Bullinaria (2014), el RNA son redes de neuronas artificiales distribuido en paralelo (en capas) y conectadas entre sí de una manera específica para ejecutar una determinada tarea. Una RNA consigue detallar más y con mayor precisión la productividad media de grandes áreas de que un modelo tradicional; que permiten la utilización de un gran número de variables, entre ellos, edáfico, climático y fisiográfico, en una misma red, dando un alto interés para pronósticos de crecimiento y producción. Dependiendo del alcance de muestreo, este enfoque también permite simular el efecto de déficit hídrico o sequías (Alcântara 2015). Desde el punto de vista práctico, una RNA es apenas un sistema computacional paralelo compuesto por muchos elementos de procesamiento simples ligados entre si de una manera específica, a fin de ejecutar una tarea (Kosko 1992).

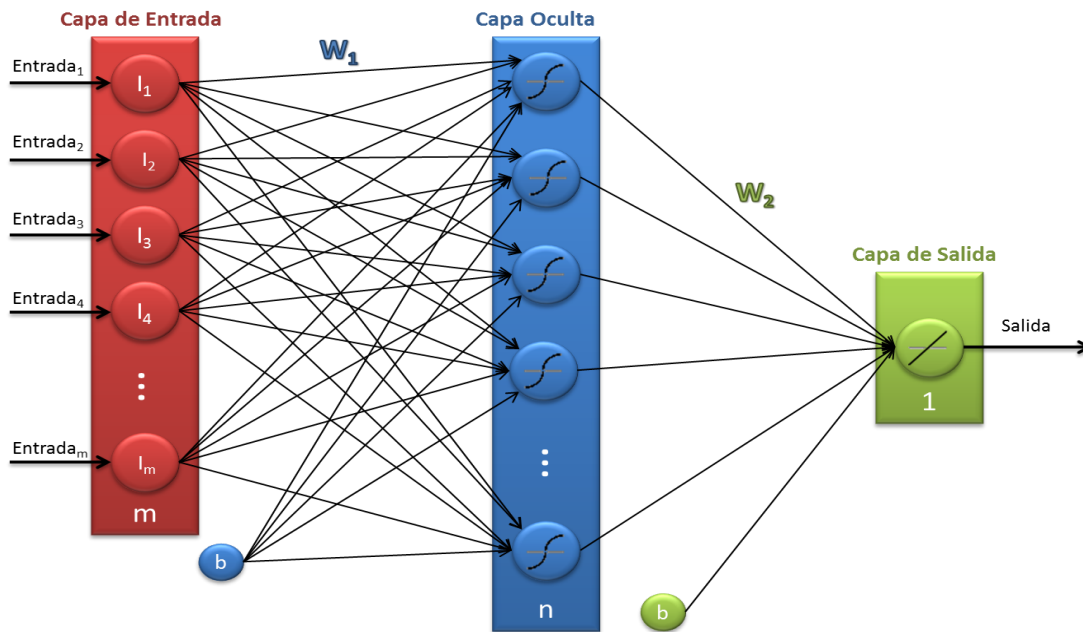


Figura 3. Esquema de una Red Neuronal Artificial (Alcantara 2015)

2.2.11. Función de activación de una red neuronal artificial

Conforme Haykin (2001), la función de activación es una función matemática que aplicada a la combinación lineal entre las variables de entrada y los pesos que llegan a la neurona, retorna a la variable de salida (Figura 3). La función de activación limita las entradas a una amplitud finita, la cual generalmente ocurre dentro del intervalo de 0 a 1. Existen cuatro tipos básicos de función de activación:

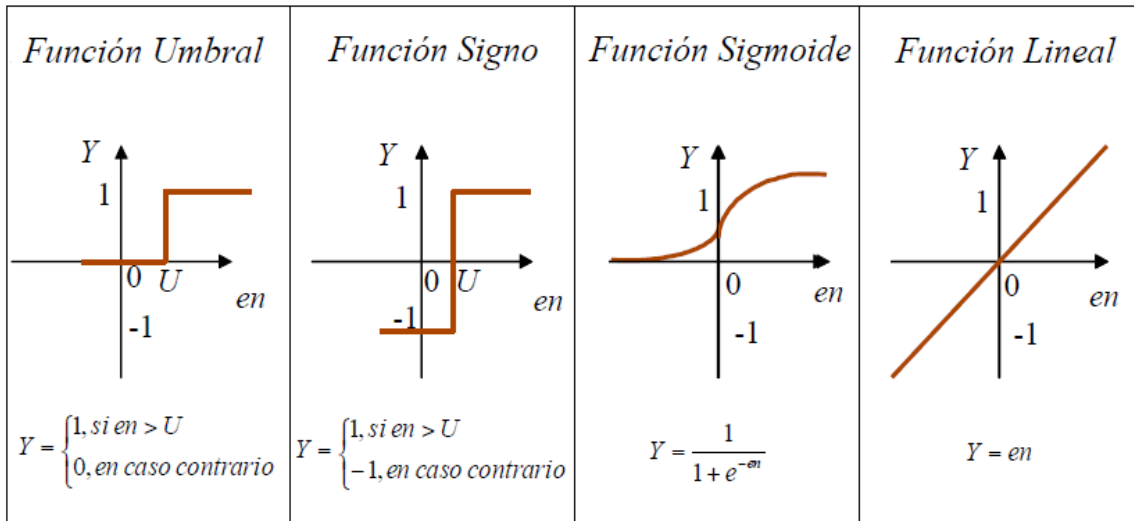


Figura 4. Principales funciones de activación en las redes neuronales artificiales (Alcantara 2015)

2.2.12. Clasificación de una red neuronal artificial

Las redes neuronales artificiales pueden ser clasificadas en cuanto al número de capas: redes de capas únicas (presentan una capa de neurona de procesamiento) y redes de múltiples capas (presentan una o más capas de neuronas intermediarias). En cuanto al tipo de conexiones: red de tipo feedforward (redes acíclicas) o feedback (cíclicas) (Figura 4). En cuanto a la conectividad: red totalmente conectada (cada neurona de una capa está conectado a todas las neuronas de la capa siguiente) y red parcialmente conectada (falta alguna conexión en la red)

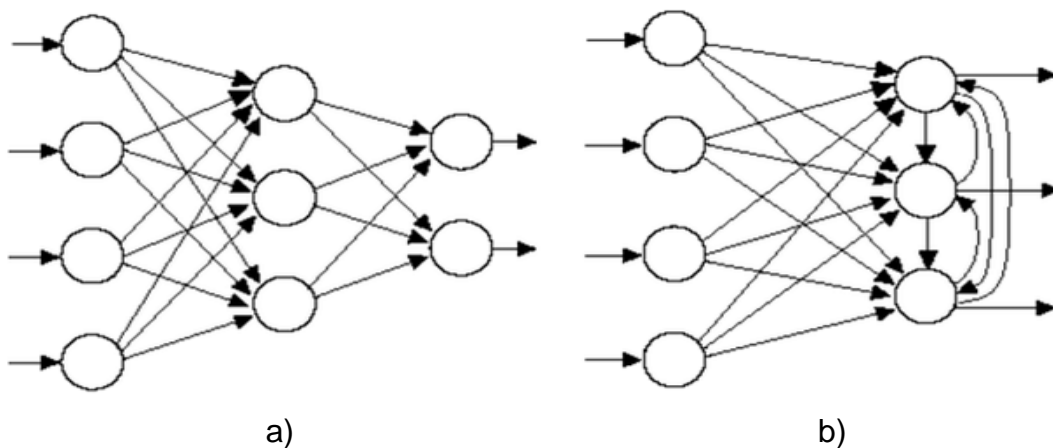


Figura 5. Conexiones de redes feedforward (a) y feedback (b) (Bullinaria 2014).

2.2.13. Algoritmo de las redes neuronales artificiales

Los principales modelos de RNA utilizados para fines de previsión de variables continuas son las redes MPL (Multiplayer Perceptron) (Haykin. 2001). Un Perceptron de múltiples capas (MLP) posee una o más capas ocultas intermediarias, además de la capa de entrada y salida.

El entrenamiento es del tipo supervisado con el algoritmo de retropropagación del error (ErroBackPropagation), con base en la regla de aprendizaje por corrección del error. Para Heaton (2011), el algoritmo de retropropagación (ErroBackPropagation) es el algoritmo más usado en el aprendizaje en RNA de múltiples capas. En la actualidad existen otros algoritmos desenvueltos para la solución de problemas, uno de ellos es el algoritmo Resilient Propagation (RPROP), que efectúa la adaptación directa del peso, que presenta un mejor desempeño que el algoritmo de retropropagación, pues este necesita de un número menor de interacciones para corregir una solución de una determinada tasa de error.

2.2.14. Funcionalidad y aplicaciones de las redes neuronales artificiales

En 1943, se expresa la primera neurona artificial matemáticamente propuesta por Warren McCulloch y por el matemático Walter Pitts:

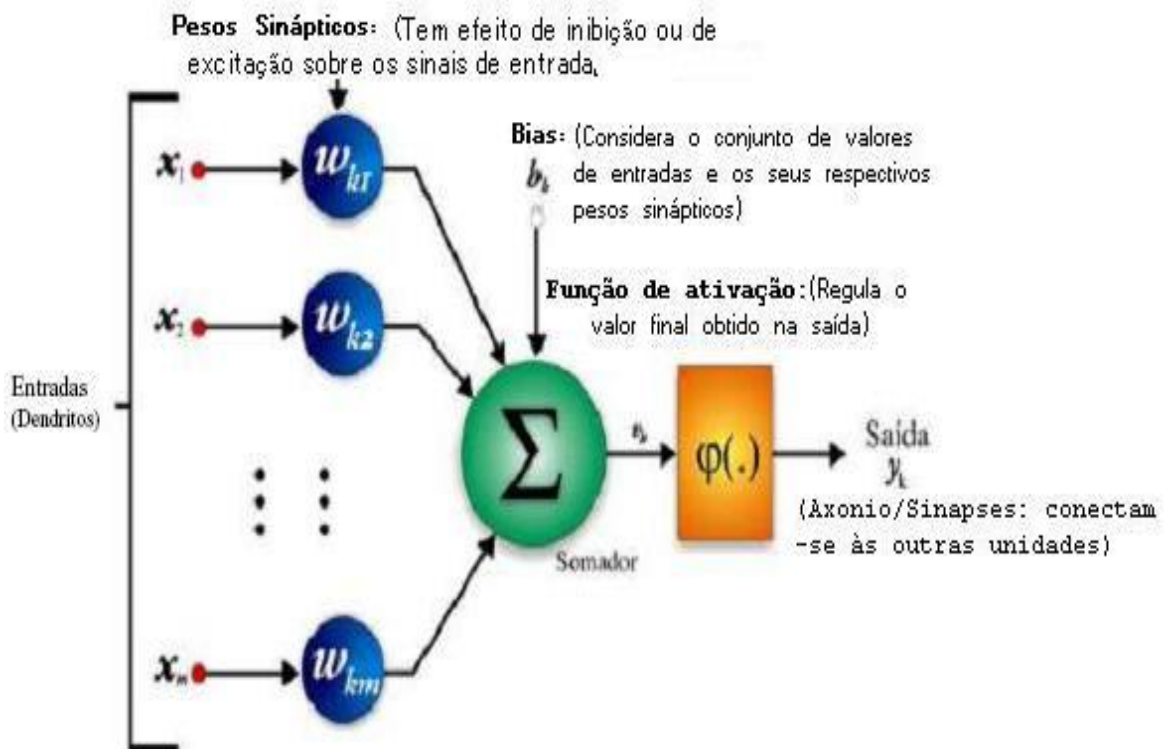


Figura 6. Processo de funcionalidade matemática de uma red neuronal artificial (Alcantara 2015)

Según Silva et al. (2010), el funcionamiento ocurre de la siguiente forma:

- La red recibe una señal (X_m) venido del medio externo y que presenta los valores asumidos por las variables de una aplicación específica.
- Cada una de las entradas (X_m) de la neurona es ejecutada por medio de sus multiplicaciones por los respectivos pesos sinápticos (W_{km}), permitiéndose cuantificar a sus relevancias en relación a la funcionalidad de la respectivo neurona.
- Todas las señales de entrada que fueron ponderados por los respectivos pesos sinápticos son agregados por la función aditiva a fin de producir un valor potencial de activación.
- El umbral de activación es una variable que específica cual será el aterrizaje apropiado para que el resultado producido por la función aditiva pueda generar un valor de disparo en dirección a la salida de la neurona.

- En seguida, es hecha la aplicación de una función de activación apropiada, teniéndose como objetivo limitar la salida de la neurona.
- Por último, ocurre la compilación de la salida a partir de la aplicación de la función de activación neuronal en relación a su potencial de activación (Figura 5).

Las Redes Neuronales Artificiales (RNAs) se han utilizado ampliamente en muchos campos de investigación, principalmente en la computación y neurofisiología. Recientemente se han usado en áreas como la biología y las ciencias ambientales, para predecir la distribución de las especies, la abundancia o la diversidad en función de variables ambientales (Lek-Ang et al. 1999; Manel et al., 1999) y para caracterizar los ecosistemas a partir de la interpretación de imágenes satelitales (Jensen et al. 1999; Paruelo & Tomasel 1997).

2.2.15. Software Statistica

Statistica es un paquete estadístico usado en investigación, minería de datos y en el ámbito empresarial. Lo creó StatSoft, empresa que lo desarrolla y mantiene.

El programa consta de varios módulos. El principal de ellos es la Base, que implementa las técnicas estadísticas más comunes. Éste puede completarse con otros módulos específicos tales como:

- Advanced: técnicas multivariantes y modelos avanzados de regresión lineal y no lineal
- QC: técnicas de control de calidad, análisis de procesos (distribuciones no normales, Gage R&R, Weibull) y diseño experimental
- Data Miner: minería de datos, análisis predictivos y redes neurales

El paquete puede ser extendido a través de una interfaz con el lenguaje R. Además, se pueden modificar y añadir nuevas librerías usando el lenguaje NET.

Los distintos módulos que conforman Statistica implementan las siguientes técnicas:

- Estadística básica
- Estadística descriptiva: análisis y representación de datos
- Regresión lineal
- ANOVA
- Tests de hipótesis
- Tests no-paramétricos
- Ajustes y distribuciones
- Estadística avanzada
- Análisis multivariante
- Análisis discriminante, factorial y de componentes principales
- Análisis de la fiabilidad, con aplicaciones industriales y teoría de la calidad
- Análisis de la correspondencia, tanto simple como múltiple
- Modelos discriminantes generalizados

STATISTICA dispone de un sistema propio de archivos. Los ficheros, o libros de trabajo, traducción del inglés WorkBooks, tienen extensión .sta. Los libros de trabajo son el tipo de documento predefinido para gestionar la entrada y salida de datos. En ellos se almacenan varios tipos de documentos, hojas de cálculo de STATISTICA, gráficos o documentos de Microsoft Word o Excel.

2.2.16. Software NeuroForest

NeuroForest 3.0 es un software interactivo de alto rendimiento orientado a la aplicación de redes neuronales artificiales. El sistema fue desarrollado por la asociación entre el proyecto NeuroForest y la empresa DAP Ingeniería Forestal y los profesores Helio García Leite de la Universidad Federal de Vicosa y Mayra Luiza M S Binoti de la Universidad Federal dos Vales de Jequitinhonha e Mearim. NeuroForest 3.0 permite construir redes neuronales totalmente personalizables o elegir entre varias arquitecturas de redes neuronales pre-construidas. Modificar

capas ocultas, el número de elementos de procesamiento y el algoritmo de aprendizaje.

Puede ser ejecutado en cualquier sistema operativo (Windows, Mac o linux) permite la portabilidad del sistema y el uso y resolución de RNAs robustas y no están limitados por las características del sistema operativo. Las soluciones desarrolladas se pueden implementar en otros sistemas, encapsulando la red neuronal en un archivo DLL e insertarla en un archivo de Excel o Access. El sistema tiene una integración completa con cualquier sistema de recolección de datos e inventario forestal.

El sistema está disponible gratuitamente para colaboradores en el sitio del proyecto neuroforest.ucoz.com o en la página web de la empresa DAP Ingeniería Forestal: www.dapflorestal.com.br.

Daniel Binoti, creador del sitio y del proyecto NeuroForest, se trata de un intento de aumentar la divulgación de los conocimientos en Inventario, Medición y Manejo Forestal en todo el mundo, a través de la divulgación de softwares gratuitos. Todas las versiones del sistema menor a 3.0 solo pueden utilizarse para fines no comerciales y operativos, el uso del mismo para estos fines solo es posible con la autorización de los desarrolladores durante el período vigente de contrato.

Actualmente existe la actualización del software Neuroforest 4.0, presenta un mejor rendimiento en gráficas y nuevos algoritmos; sin embargo, esta versión es pagada.

2.2.17. Conceptos generales utilizados en la aplicación de redes neuronales artificiales

Red Neuronal: Una red neuronal es un procesador paralelo que intenta reproducir el comportamiento de una neurona biológica. Cualquier modelo de red neuronal consta de dispositivos elementales de proceso, las neuronas. Cada neurona está caracterizada en cualquier instante por un valor numérico denominado valor o estado de activación; asociado a cada unidad, existe una función de salida o de transferencia, que transforma el estado actual de activación en una señal de salida.

Entrada: Es la variable independiente que puede ser cuantitativa o cualitativa para procesar un algoritmo computacional. Puede ser una o varias variables.

Salida: Es la variable dependiente cualitativa para procesar un algoritmo computacional, es decir, es la variable que se desea estimar. Siempre es una sola variable.

Mecanismo de aprendizaje: El aprendizaje es el proceso por el cual una red neuronal modifica sus pesos en respuesta a una información de entrada. Los cambios que se producen durante el proceso de aprendizaje se reducen a la destrucción, modificación y creación de conexiones entre las neuronas. En los sistemas biológicos existe una continua creación y destrucción de conexiones. En los modelos de redes neuronales artificiales, la creación de una nueva conexión implica que el peso de la misma pasa a tener un valor distinto de cero.

Entrenamiento: Proceso de aprendizaje del algoritmo empleado, se expresa cuantitativamente, generalmente en porcentaje. En ciencias de la computación se denomina la “memoria” del algoritmo empleado. Al configurar el algoritmo con mayor porcentaje tiende a memorizar los datos procesados.

Generalización: Proceso de aprendizaje del algoritmo empleado, se expresa cuantitativamente, generalmente en porcentaje. En ciencias de la computación se denomina la “razón” del algoritmo empleado. Al configurar el algoritmo con mayor porcentaje tiende a razonar los datos procesados, convirtiéndose el resultado obtenido en una probabilidad estimada.

Arquitectura: La arquitectura o topología de una red neuronal, consiste en la organización y disposición de las neuronas formando capas o agrupaciones de neuronas más o menos alejadas de la entrada y salida de la red.

Función de activación: Una función de activación, determina el nuevo estado de activación de la neurona, teniendo en cuenta la entrada total calculada.

Algoritmo: Conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problemas

Criterio de parada del entrenamiento: Hay varios métodos para determinar el momento en que el entrenamiento de una red neural debe ser cerrado. Una buena determinación de estos criterios es fundamental para un buen entrenamiento y consecuentemente una buena generalización. Los criterios de parada más utilizados que son:

Número de ciclos: Define el número de ciclos de entrenamiento, es decir, el número de veces en que el conjunto de entrenamiento se presenta a la red. Un número excesivo de ciclos puede llevar a la red a la pérdida del poder de generalización. Por otro lado, con un pequeño número de ciclos la red puede no llegar a su mejor rendimiento. Se sugiere un valor entre 500 y 3000 ciclos de entrenamiento.

Error: Consiste en cerrar el entrenamiento después de que el error promedio cuadrático esté por debajo de un valor α predefinido. Es importante recordar que un error medio cuadrático muy pequeño no implica necesariamente una buena generalización (es decir, un buen rendimiento con datos no vistos anteriormente). Este valor depende mucho del problema. Una sugerencia es establecer un valor de 0.01 en el primer entrenamiento y luego ajustarlo en función del resultado.

Validación: En la técnica de parada por la validación, el entrenamiento se interrumpe cada x ciclos y se realiza una estimación de error de la red sobre el conjunto de datos de prueba. A partir del momento en que el error medido en el conjunto de prueba presenta crecimiento, el entrenamiento se cierra. Lo que se desea con esta técnica es descubrir el momento exacto en que la red empieza a perder generalización.

2.2.18. Conceptos generales de la validación estadística

Coefficiente de determinación (R^2): se define como la proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión. El R Cuadrado, también llamado coeficiente de determinación, refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretender explicar.

$$R^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 * \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^{-2}$$

Coefficiente de correlación (R): Es el cociente entre la covarianza y el producto de las desviaciones típicas de ambas variables. Es una medida de regresión que pretende cuantificar el grado de variación conjunta entre dos variables.

$$R_{\hat{Y}Y} = \frac{n^{-1}(\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \hat{Y}_m) * (Y_i - \bar{Y}))}{\sqrt{(n^{-1} * \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \hat{Y}_m)^2) * (n^{-1} * \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^{-2})}}; \hat{Y}_m = n^{-1} * \sum_{i=1}^n \hat{Y}_i$$

Sesgo: En estadística se llama sesgo de un estimador a la diferencia entre su esperanza matemática y el valor numérico del parámetro que estima. Un estimador cuyo sesgo es nulo se llama insesgado o centrado. El no tener sesgo es una propiedad deseable de los estimadores. Una propiedad relacionada con esta es la de consistencia: un estimador puede tener un sesgo pero el tamaño de este converge a cero conforme crece el tamaño muestral.

$$Byas = n^{-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)$$

Raíz cuadrada del error medio (RQEM): Mide el promedio de los errores al cuadrado, es decir, la diferencia entre el estimador y lo que se estima. El ECM es una función de riesgo, correspondiente al valor esperado de la pérdida del error al cuadrado o pérdida cuadrática. La diferencia se produce debido a la aleatoriedad o porque el estimador no tiene en cuenta la información que podría producir una estimación más precisa.

$$RQEM = \sqrt{n^{-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}$$

Media de las diferencias absolutas (MDA): Es la distancia promedio entre cada valor y el promedio. La desviación media absoluta es una manera de describir la variación en un conjunto de datos. La desviación media absoluta ayuda a tener una idea de qué tan "extendidos" están los valores en un conjunto de datos

$$MDA = (n^{-1} \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|)$$

En que:

Y_i = Datos observados

\hat{Y}_i = Datos estimados

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la investigación

La investigación se realizó en una plantación de bambú de siete hectáreas, propiedad del señor Concepción Gamonal Núñez, en el caserío Chinganza, distrito de Aramango, provincia de Bagua, región Amazonas (Figura 7). Entre las coordenadas 5°24'59" Latitud Sur y 78°26'09" Latitud Oeste, con una altitud de 550 m s.n.m., temperatura media anual de 21 °C, humedad de 83 % y viento de 6 km/hora (Municipalidad Distrital de Aramango. 2018).

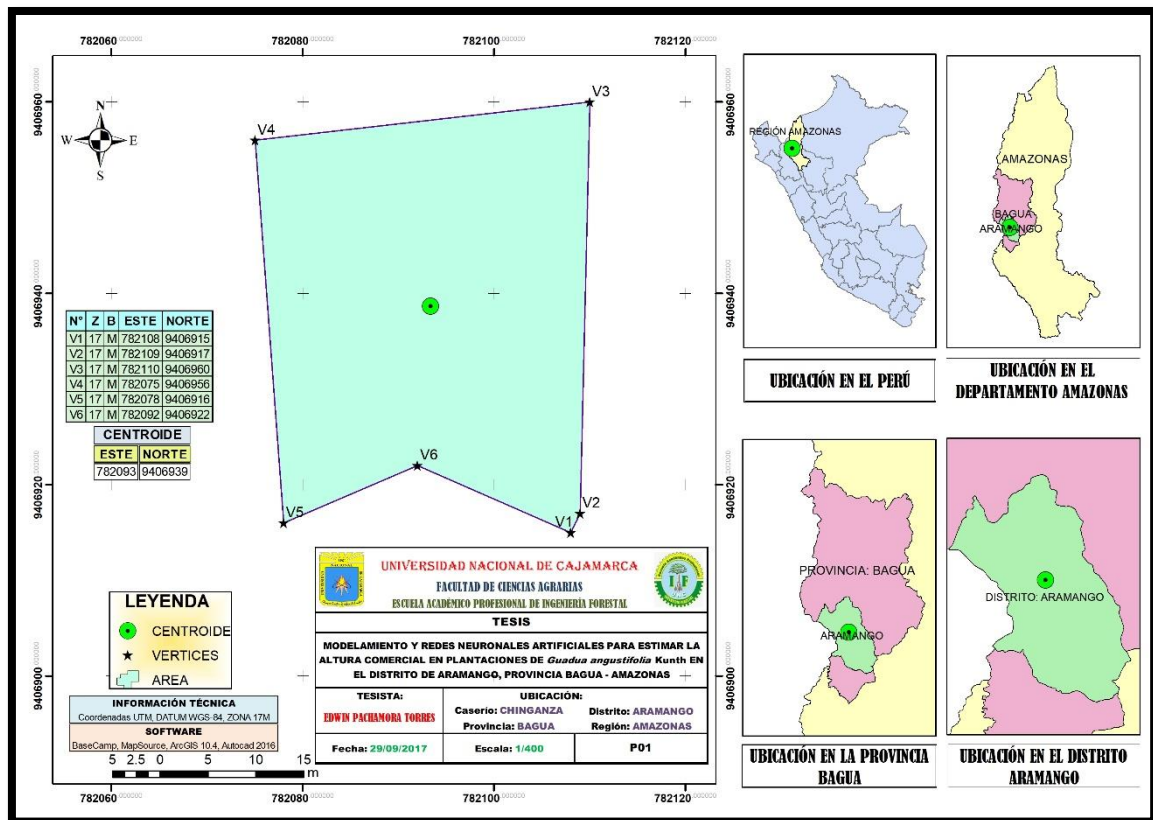


Figura 7. Mapa de ubicación de la parcela evaluada

3.2. Características del lugar y calidad de sitio

La parcela evaluada, es un terreno con poca pendiente promedio de 40 %, suelo profundo, con presencia de alta humedad relativa ya que colinda con el río marañón y totalmente productivo.

La plantación de bambú de la referida parcela cuenta con las mejores condiciones edafoclimáticas propias de los bambusales, incluyendo el buen manejo silvicultural, maximizando de esta manera la productividad durante el aprovechamiento o entresaca selectiva y por tanto generando una alta rentabilidad económica al productor.

De acuerdo a la entrevista hecha al propietario de la plantación, del área evaluada, cosecha 1500 tallos de bambú estructural por hectárea, en su mayoría de primera calidad, dándole un ingreso total de 20 000 nuevos soles por hectárea, ingreso muy importante que complementa a los ingresos económicos de su negocio, cultivo de plátano y crianza de animales menores. La especie de bambú que cultiva es *Guadua angustifolia* Kunth, según estudios de investigación que realizó PERUBAMBU en el distrito de Aramango en el año 2010.

3.3. Identificación de la especie *Guadua angustifolia* Kunth

X. Londoño, J. Takahashi & H. Panduro (2010), en el trabajo de investigación denominado “Identificación taxonómica de los bambúes de la región Noroccidental del Perú”, desarrollado en la localidad: PERÚ: AMAZONAS: Provincia Bagua, Distrito Aramango, aprox. 1 km vía Aramango-el Muyo. Cord. 5° 24'51.9" S; 78° 26'37.5" W. Elev. 456 msnm. Identificaron a la especie *Guadua angustifolia* Kunth., con las siguientes características:

Bambú recto, apicalmente-arqueado. Culmo cuando joven de color verde con rayas verdes más oscuras, luego cuando maduro verde amarillento; altura 15-20 m, diam. (-7) 13-14 cm. Región nodal con bandas blancas: superior 0.7-1cm, inferior 1.2–1.8 cm. Desarrolla muy pocas ramas basales con espinas, presencia de yemas atrofiadas o en forma de espinas gruesas y cortas en cada nudo del tercio medio y basal, en el tercio apical ramas con follaje. El follaje casi sin espinas, a veces una espina lateral robusta y corta, menor a 5 mm longitud. Nombre común: “guayaquil”.

Usos: vigas de techos, esterilla, corrales para animales menores, cercos, paredes de bahareque.

3.4. Materiales

3.4.1. Materiales y equipos

- **Material biológico:** Plantaciones de *Guadua angustifolia* Kunth.
- **Material de campo:** Cinta métrica, machete, formato y libreta de apuntes.
- **Informático:** Software Microsoft office 2016, Statistica 13 y NeuroForest® (versión 3.3).
- **Equipos:** Laptop, GPS GARMIN, impresora.

3.5. Metodología

3.5.1. Fase de campo

a) Muestreo e inventario forestal

Para el ajuste de las ecuaciones de regresión lineal y redes neuronales artificiales se aplicó un muestro al azar en una parte del bambusal de 7 hectáreas, tomando como muestra representativa a 200 individuos/ha de bambú estructural de diferentes alturas y clases diamétricas. Las variables a ser consideradas fueron: diámetro a la altura del cuello (DAC) entre $06 \text{ cm} < \text{DAC} < 16 \text{ cm}$ y altura comercial (HC) entre $4 \text{ m} < \text{HC} < 12 \text{ m}$, mediante estimación ocular (Fotos 1 y 2). Las coordenadas UTM de la parcela evaluada fueron:

	N°	ESTE	NORTE
1	782108	9406915	
2	782109	9406917	
3	782110	9406960	
4	782075	9406956	
5	782078	9406916	
6	782092	9406922	



Foto 1. Medición de los diámetros a la altura del cuello (DAC) en plantaciones de bambú



Foto 2. Estimación ocular de la altura comercial (HC) en plantaciones de bambú

3.5.2. Fase de gabinete

a) Ordenamiento y procesamiento de datos

Los datos colectados en campo, se insertaron en una planilla digital creada en Microsoft Excel, donde se acumularon y manipularon los elementos de datos para producir información informativa y distributiva.

b) Ajuste de ecuación hipsométrica

Para relacionar la altura de las varas de bambú con el Diámetro a la Altura del Cuello (DAC), se aplicó la siguiente ecuación de modelamiento:

$$\ln H = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{dac} + \varepsilon$$

En que:

\ln =Logaritmo neperiano

H =Altura Comercial, en m;

DAC =Diámetro a la altura del cuello, en cm;

β_i =Parámetro de regresión ($i=0, 1$); y

ε =Error aleatorio, considerado igual a 0.

c) Redes Neuronales Artificiales

Se procedió a entrenar y generalizar las redes neuronales artificiales. Para ello los datos son organizados por medición. El software utilizado fue Neuroforest® (versión 3.3), donde son entrenadas redes neuronales artificiales para estimación actual de la altura comercial del bambú.

La configuración de la RNA fue de una arquitectura de red del tipo Multilayer Perceptron (MLP), totalizando tres capas (capa de entrada con variable continua y categórica; capa de procesamiento u oculta y capa de salida) con función sigmoide (Tabla 1).

El algoritmo de entrenamiento empleado es Resilient propagation (RPROP+). El límite de parada es de 0.0001 para el error medio y 3.000 para el número de ciclos y los datos, englobando todas las mediciones disponibles.

Los datos son divididos en dos partes, uno para el entrenamiento de las redes y el otro para evaluar la generalización de las redes entrenadas (Binoti 2010).

Posteriormente se establecieron las diferentes proporciones para el entrenamiento y para la generalización que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Variables biométricas y proporción de aprendizaje con la técnica de Redes Neuronales Artificiales

Variables biométricas		Proporción de aprendizaje	
Entrada (cm)	Salida (m)	Entrenamiento (%)	Generalización (%)
DAC y calidad	Altura comercial	70	30
DAC y calidad	Altura comercial	60	40
DAC y calidad	Altura comercial	50	50
DAC y calidad	Altura comercial	40	60
DAC y calidad	Altura comercial	30	70

d) Análisis estadístico

El modelo fue ajustado por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios y su efectividad del modelo de programación lineal se estableció con el análisis del coeficiente de determinación (R^2), que se estableció con ayuda del Software Statistica 13.

Las ecuaciones ajustadas y las estimativas de las redes neuronales artificiales fueron evaluadas a través por la correlación entre la altura comercial estimada y observada ($R\hat{Y}Y$), por sesgo (BIAS), por la raíz cuadrada del error cuadrado medio (RQEM) y por la media de las diferencias absolutas (MDA). Para ambos casos se analizó la gráfica de residuos y frecuencia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Pruebas estadísticas

En la tabla 2, se muestra los resultados de las pruebas estadísticas tanto para la técnica de estimación por modelamiento donde se puede apreciar que se obtiene un coeficiente de correlación $R = 0.5613$, un $RQEM = 7.4149$, $MDA = 0.1689$ y $SESGO = 0.021013$. También se aprecia los resultados para cada entrenamiento establecido por las técnicas de estimación de Redes Neuronales Artificiales, donde se observa que el entrenamiento 3 presenta mejor estimación debido a que presenta un Coeficiente de Correlación = 0.7161 , $RQEM = 16.2751$, $MDA = 0.9093$ y $SESGO = -0.0232$, por lo cual se observa que utilizando las técnicas de RNA presenta mejores estimativas que utilizando la técnica de Modelamiento.

En caso de la técnica de estimación por redes neuronales artificiales no se realizó la prueba estadística de coeficiente de determinación (R^2) por ser una técnica que no utiliza regresión matemática ni sistemas de ecuaciones, si no que se basa a través de un sistema computacional a través de algoritmos matemáticos donde las estimaciones son probabilidades significativas.

Tabla 2. Estadística para las técnicas de estimación de modelamiento y redes neuronales artificiales

Pruebas estadísticas		R^2	Coeficiente de correlación	RQEM	MDA	SESGO
Modelamiento		0.3151	0.5613	7.4149	0.1689	0.021013
RNA	Entrenamiento 1	-	0.71510	16.31014	0.9059	-0.004636
	Entrenamiento 2	-	0.71551	16.3926	0.91053	0.0548
	Entrenamiento 3	-	0.7161	16.2751	0.9093	-0.0232
	Entrenamiento 4	-	0.6957	16.9860	0.9469	0.0516
	Entrenamiento 5	-	0.7038	16.5811	0.9285	0.04539

4.1.2. Estimación de la altura comercial con modelamiento

Se estimó la altura comercial con la ecuación hipsométrica de regresión matemática representada por el DAC y altura comercial de la población de bambú, distribuido por la inversa del DAC y el logaritmo neperiano de la altura comercial, con un bajo coeficiente de determinación (R^2) de 0.3151, indicando que los datos observados y estimados no son confiables.

$$\ln H = 2.56303 + (-5.24509) \frac{1}{dac} + 0$$

En la figura 8, se muestra la relación de la altura comercial observada y la altura comercial estimada de la población evaluada de bambú, donde el resultado estadístico presenta una Correlación de los datos de 0.5613, una Raíz Cuadrada del Error Cuadrado Medio (RQEM) de 7.4149 y una Media de las Diferencias Absolutas (MDA) de 0.1689.

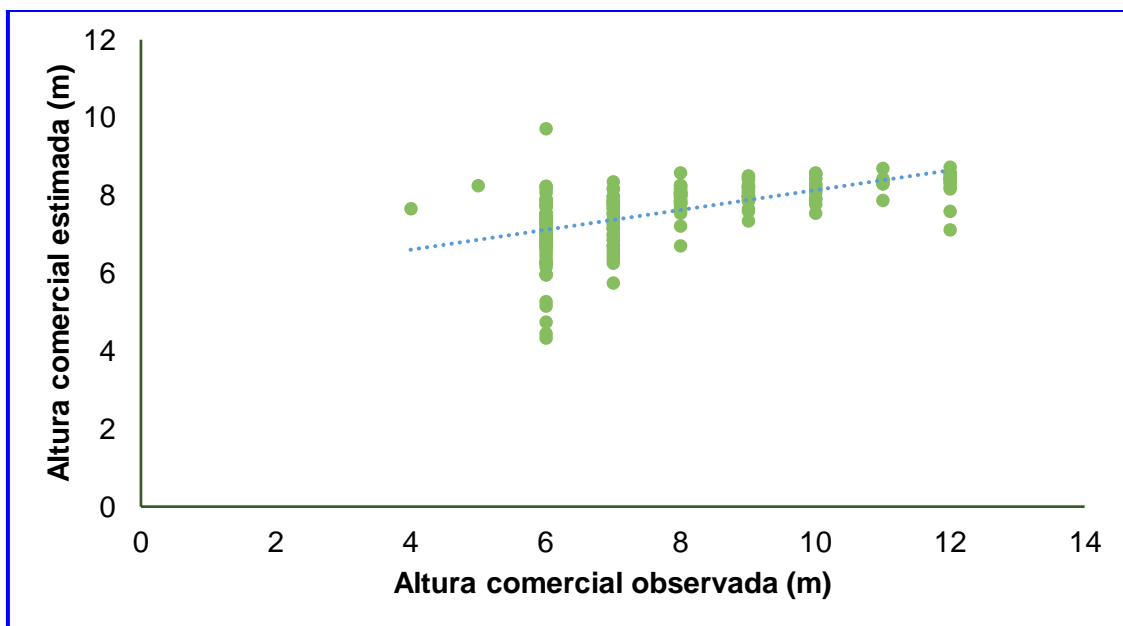


Figura 8. Correlación de la altura comercial observada y estimada con modelamiento

En la figura 9, se aprecia la distribución de residuos a partir de los datos observados de la altura comercial de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde la mayoría de los datos se encuentran alejados de la línea de tendencia, indicando su baja correlación de datos.

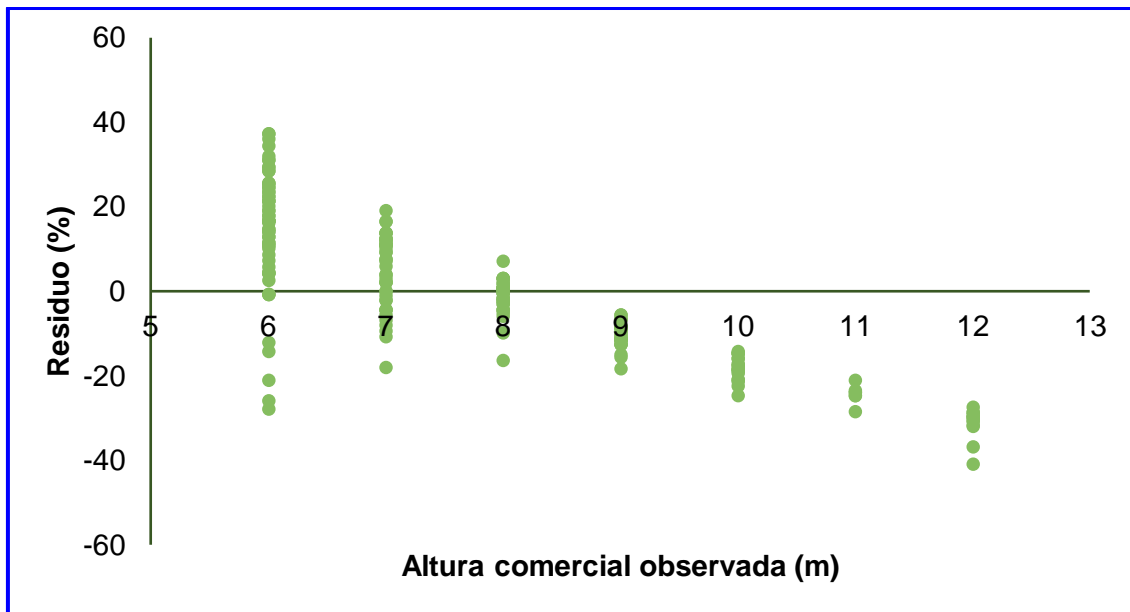


Figura 9. Residuos de los datos de la altura comercial observada

En la figura 10, se aprecia la frecuencia establecida por clases de datos de altura de *Guadua angustifolia* Kunth, donde el resultado estadístico presenta un sesgo de 0.21013, también se aprecia que los datos están distribuidos a lo largo de las clases (± 40), indicando su baja factibilidad de los datos estimados, a la vez los datos se agrupan en gran parte en la clase de +5, indicando una sobre estimación de los datos estimados.

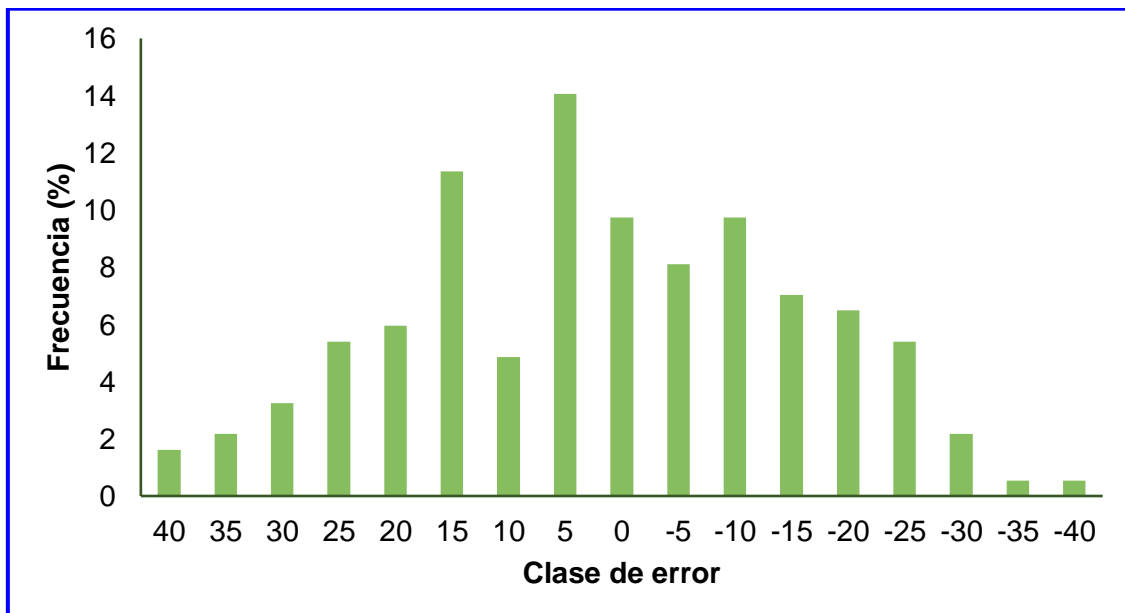


Figura 10. Frecuencia por clase de datos de la altura comercial con modelamiento

4.1.3. Estimación de la altura comercial con Redes Neuronales Artificiales (RNA)

a) Entrenamiento 1

Se establecieron las proporciones de 70 % entrenamiento y 30 % generalización, donde para todos los entrenamientos establecidos en el estudio se consideraron las calidades de los tallos de bambú y las variables utilizadas en el modelo de la función que son el DAC y la altura comercial.

En la figura 11, se aprecia la correlación de los datos de altura observados y estimados de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde el resultado estadístico presenta una correlación de los datos de 0.7151, una raíz cuadrada del error cuadrado medio (RQEM) de 16.31014 y una media de las diferencias absolutas (MDA) de 0.9059.

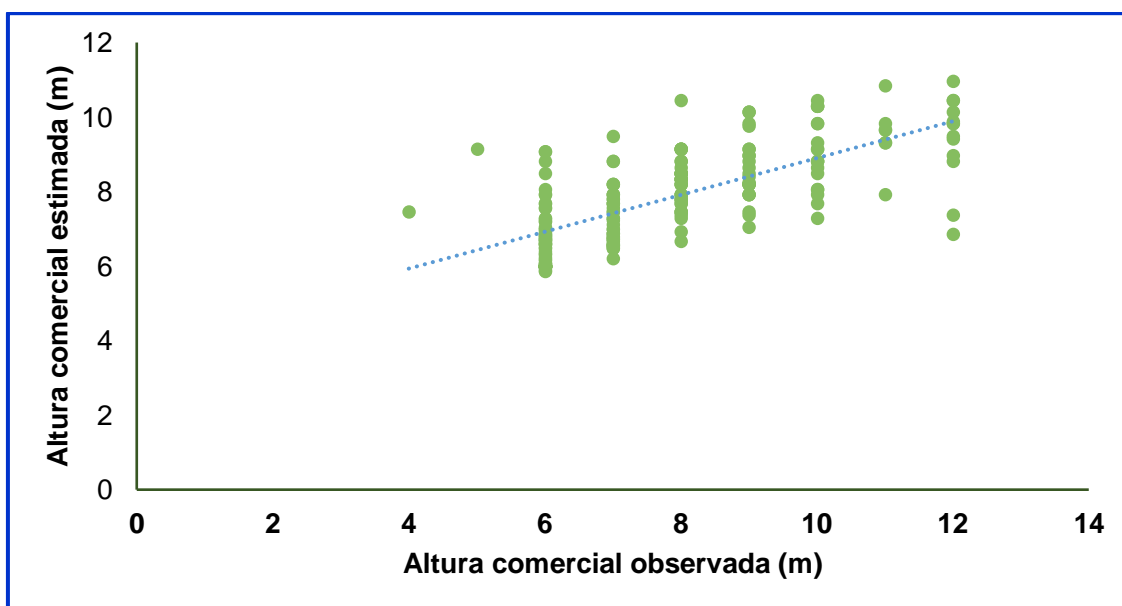


Figura 11. Correlación de la altura comercial observada y estimada del primer entrenamiento con redes neuronales artificiales

En la figura 12, se aprecia los residuos a partir de los datos observados de la altura de la *Guadua angustifolia* Kunth, cabe resaltar que se observan que la mayoría de los datos se encuentran cerca de la línea de tendencia, verificando la presencia de una alta correlación.

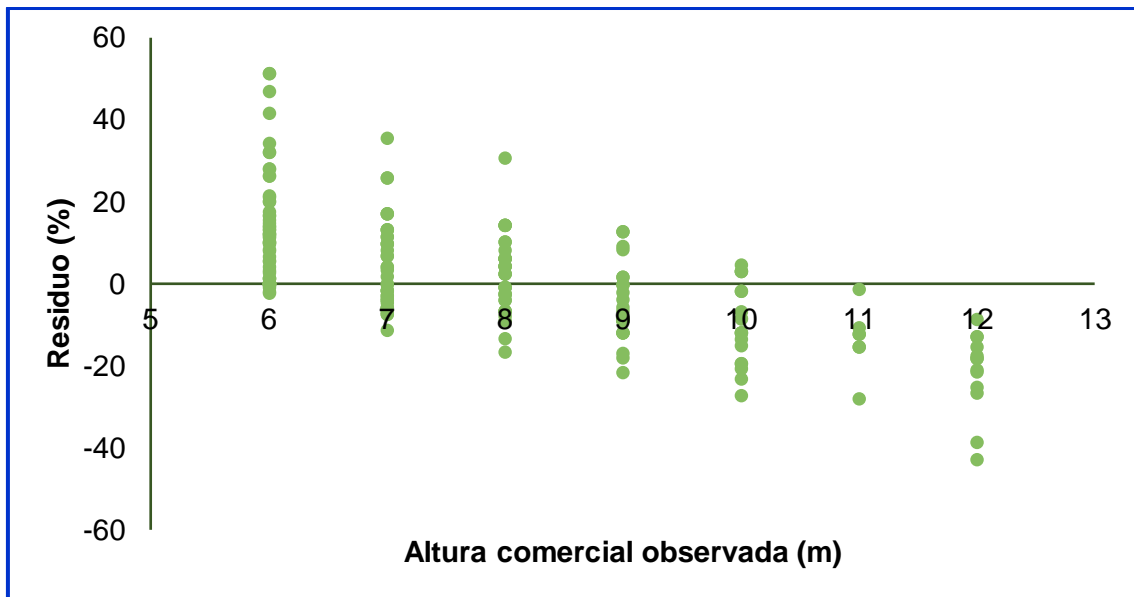


Figura 12. Residuos de los datos de la altura comercial observada del bambú del primer entrenamiento de redes neuronales artificiales

En la figura 13, se aprecia la frecuencia establecida por clases de los datos de altura comercial de *Guadua angustifolia* Kunth, donde el resultado estadístico presenta un sesgo negativo con -0.004636 que tiende a cero, también se aprecia que su forma de distribución gráfica no presenta una distribución normal, indicando que los datos estimados presentan sobre o sub estimaciones. Los datos están distribuidos a lo largo de las clases (± 25), donde la mayor concentración de los datos está en la clase +5, sin embargo, también se observa que existe una gran acumulación de datos en la clase cero.

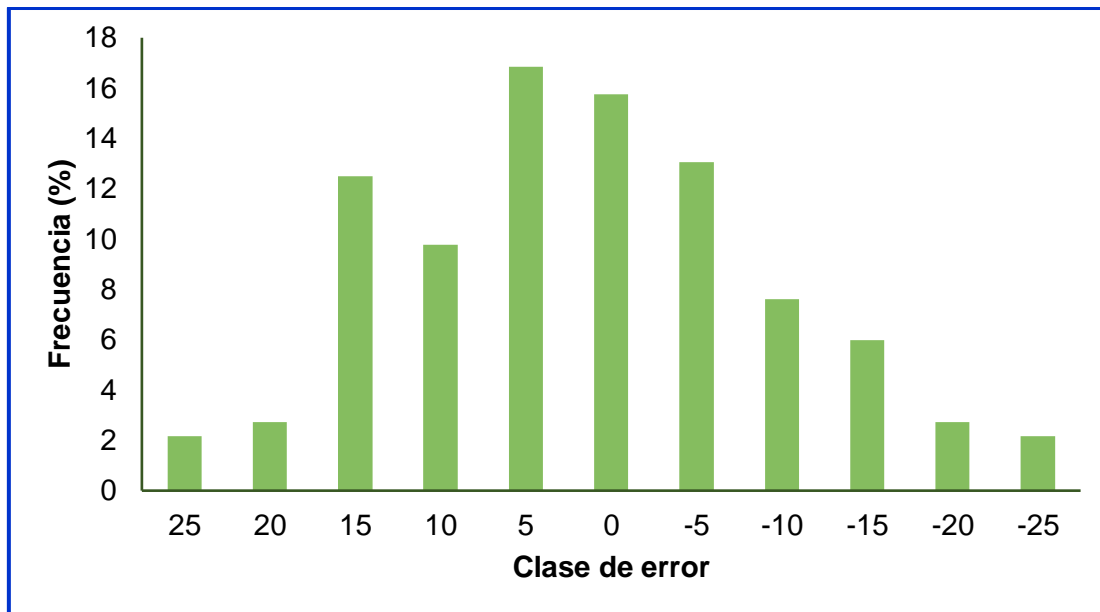


Figura 13. Frecuencia por clase de datos de la altura comercial del primer entrenamiento con redes neuronales artificiales

b) Entrenamiento 2

Se consideraron las proporciones de 60 % para entrenamiento y 40 % generalización.

En la figura 14, se aprecia la correlación de los datos de altura observados y estimados de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde el resultado estadístico presenta una correlación de los datos de 0.71551, una raíz cuadrada del error cuadrado medio (RQEM) de 16.3926 y una media de las diferencias absolutas (MDA) de 0.91053.

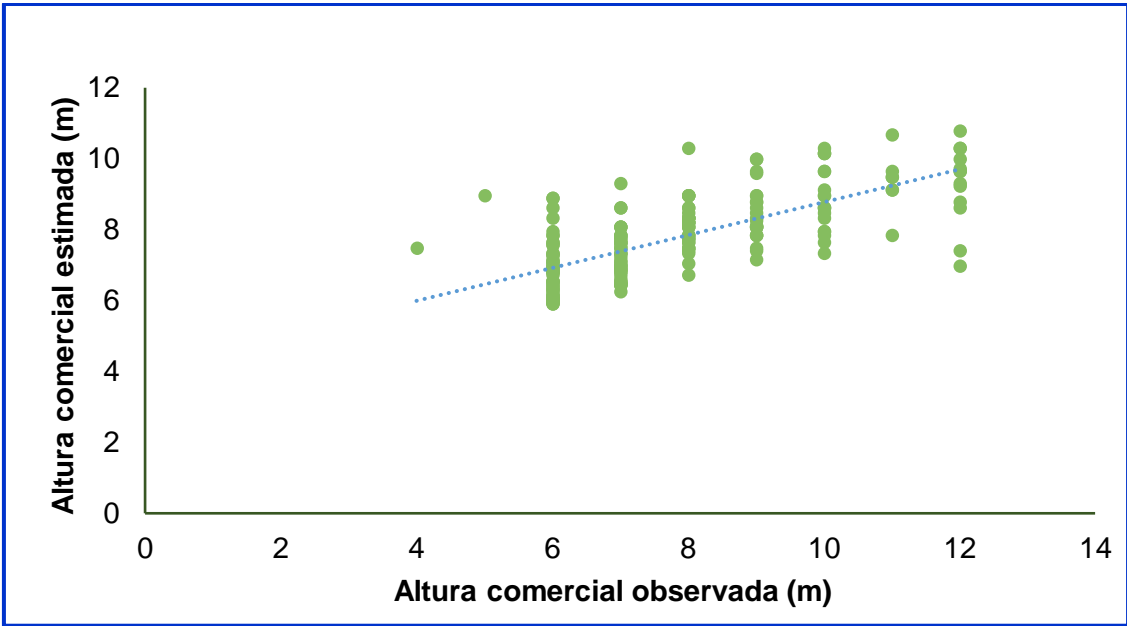


Figura 14. Correlación de la altura comercial observada y estimada del segundo entrenamiento con redes neuronales artificiales

➤ En la figura 15, se aprecia los residuos a partir de los datos observados de la altura de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde se observan que los datos presentan una distribución uniformizada presentando sobre y sub estimaciones, alejados de la línea de tendencia.

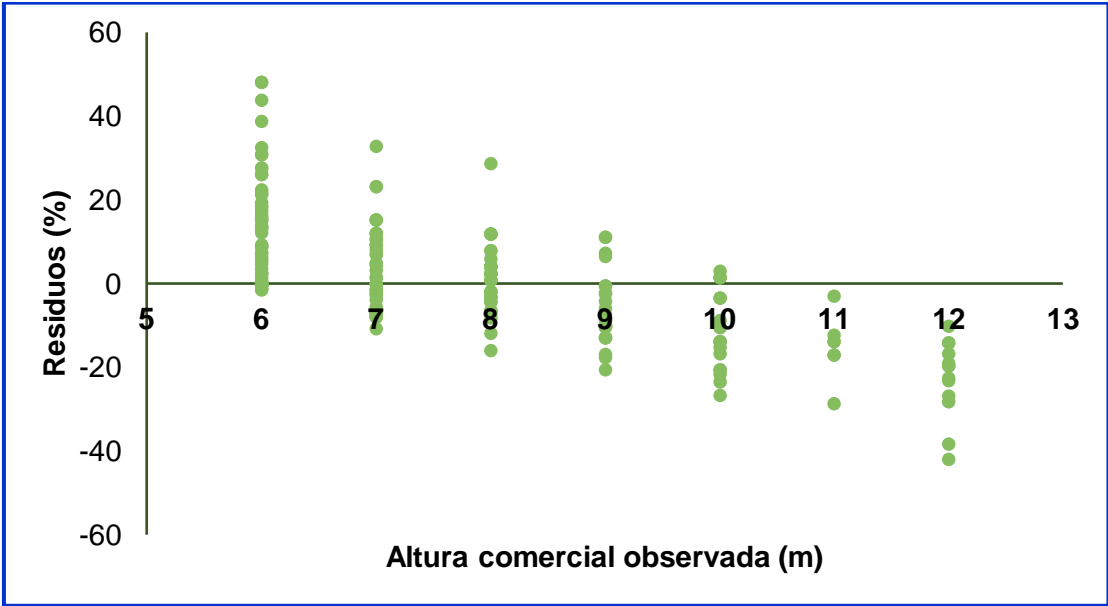


Figura 15. Residuos de los datos de la altura comercial observada del bambú del segundo entrenamiento de redes neuronales artificiales

En la figura 16, se aprecia la frecuencia establecida por clases de los datos de altura comercial de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde el resultado estadístico presenta un sesgo que tiende a cero con 0.0548, sin embargo, se observa en la gráfica una sobre estimación de los datos estimados por la acumulación de estos datos en la clase +5, siendo estos distribuidos por clase ± 25 .

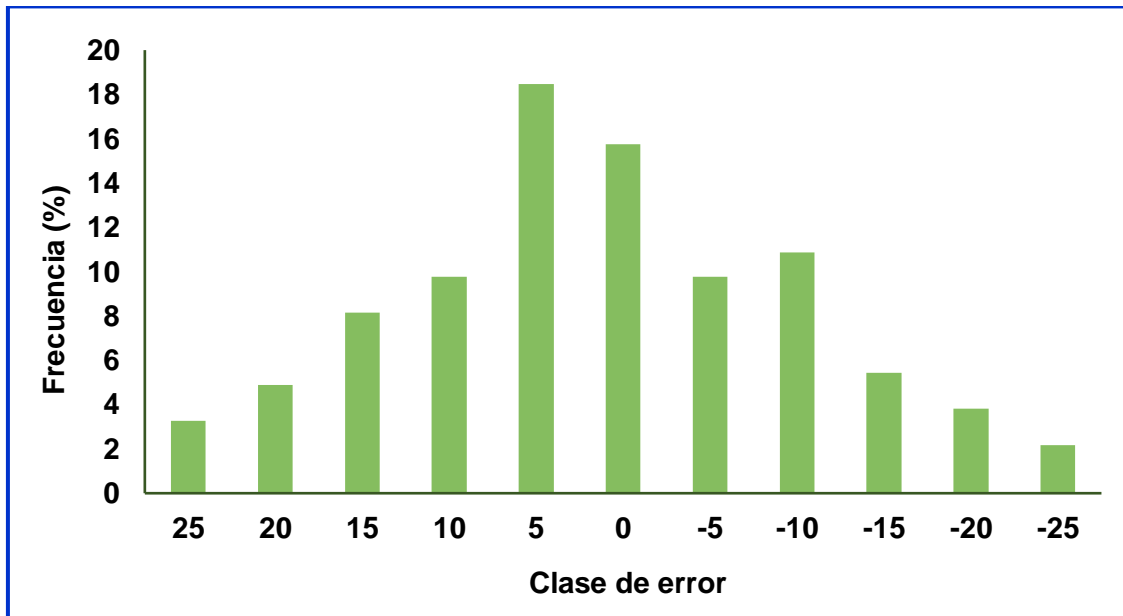


Figura 16. Frecuencia por clase de datos de la altura comercial del segundo entrenamiento con redes neuronales artificiales

c) Entrenamiento 3

Se consideraron proporciones de 50 % entrenamiento y 50 % generalización.

En la figura 17, se aprecia la correlación de los datos de altura observados y estimados de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde el resultado estadístico presenta una correlación de los datos de 0.7161, una raíz cuadrada del error cuadrado medio (RQEM) de 16.2751 y una media de las diferencias absolutas (MDA) de 0.9093.

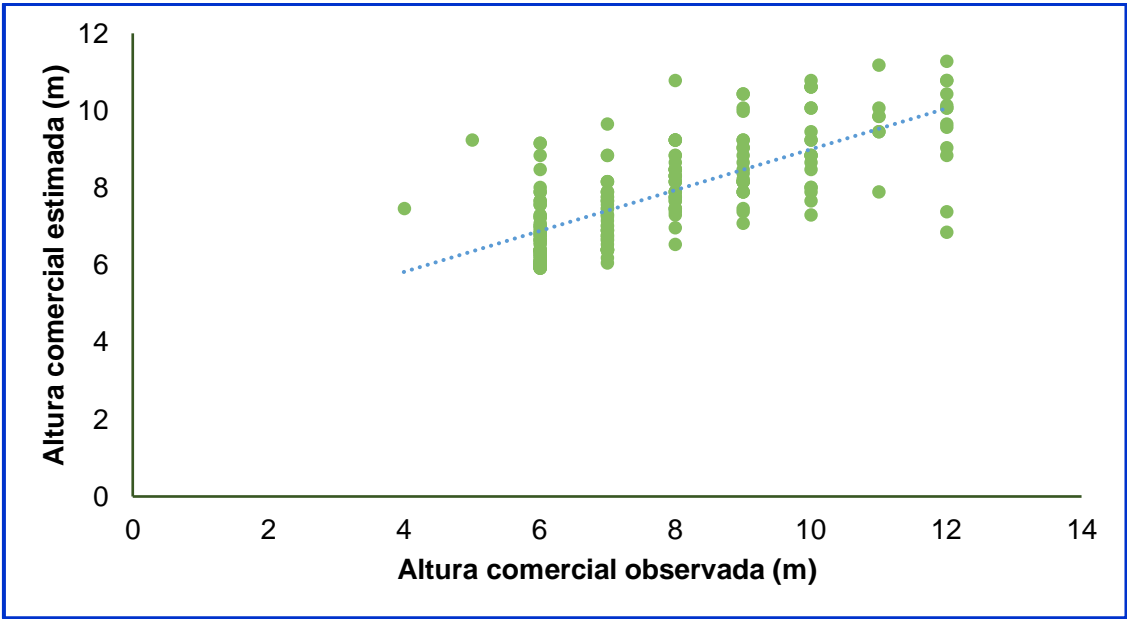


Figura 17. Correlación de la altura comercial observada y estimada del tercer entrenamiento con redes neuronales artificiales.

En la figura 18, se aprecia los residuos a partir de los datos observados de la altura de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde se observa los datos dispersos sobre la línea de tendencia, indicando la existencia de sobre y sub estimación.

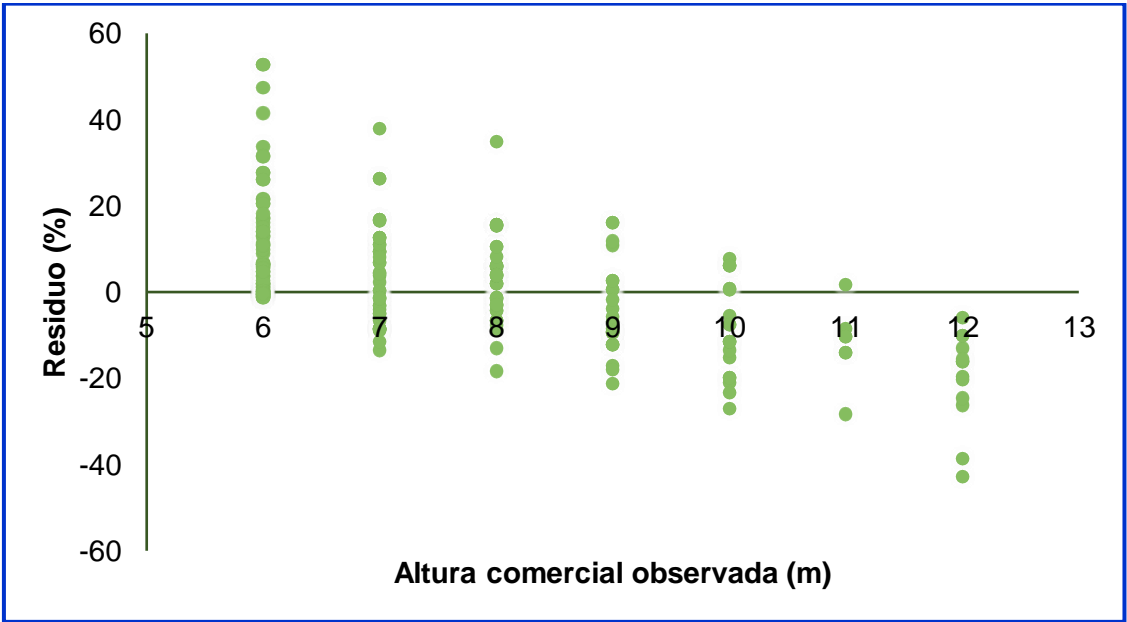


Figura 18. Residuos de los datos de la altura comercial observada del bambú del tercer entrenamiento de redes neuronales artificiales

En la figura 19, se aprecia la frecuencia establecida por clases de los datos de altura comercial de *Guadua angustifolia* Kunth, donde el resultado estadístico presenta un sesgo negativo -0.0232 que tiende a cero, sin embargo, se observa que los datos presentan sobre estimación, por mayor acumulación de datos en la clase +5.

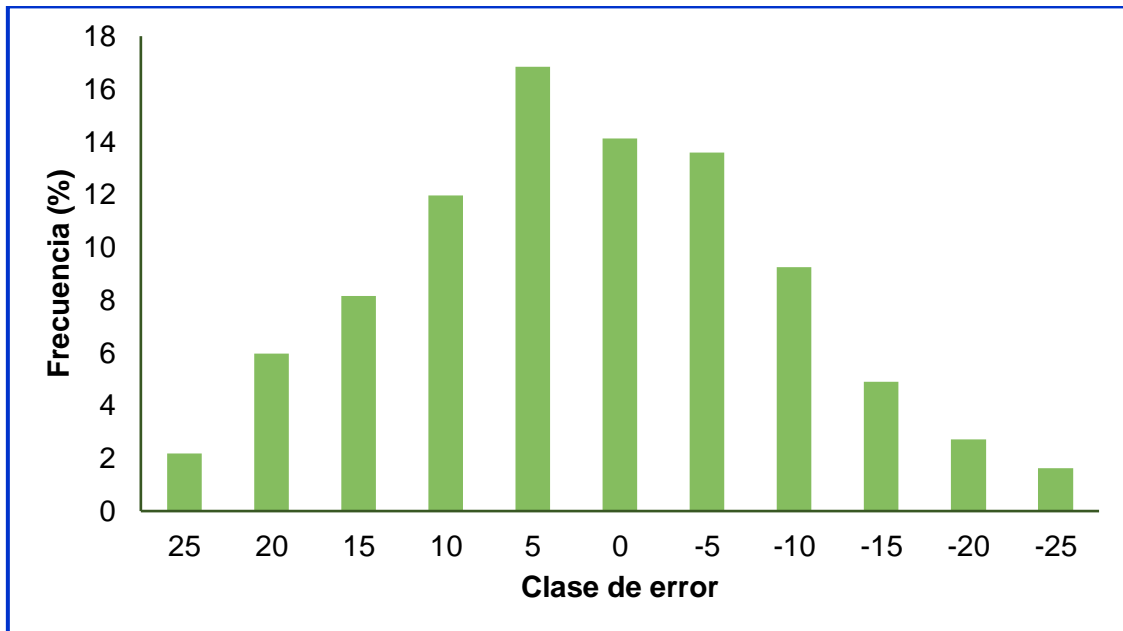


Figura 19. Frecuencia por clase de datos de la altura comercial del tercer entrenamiento con redes neuronales artificiales

d) Entrenamiento 4

Se establecieron proporciones de 40% entrenamiento y 60% generalización.

En la figura 20, se aprecia la correlación de los datos de altura observados y estimados de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde el resultado estadístico presenta una correlación de los datos de 0.6957, raíz cuadrada del error cuadrado medio (RQEM) de 16.9860 y una media de las diferencias absolutas (MDA) de 0.9469.

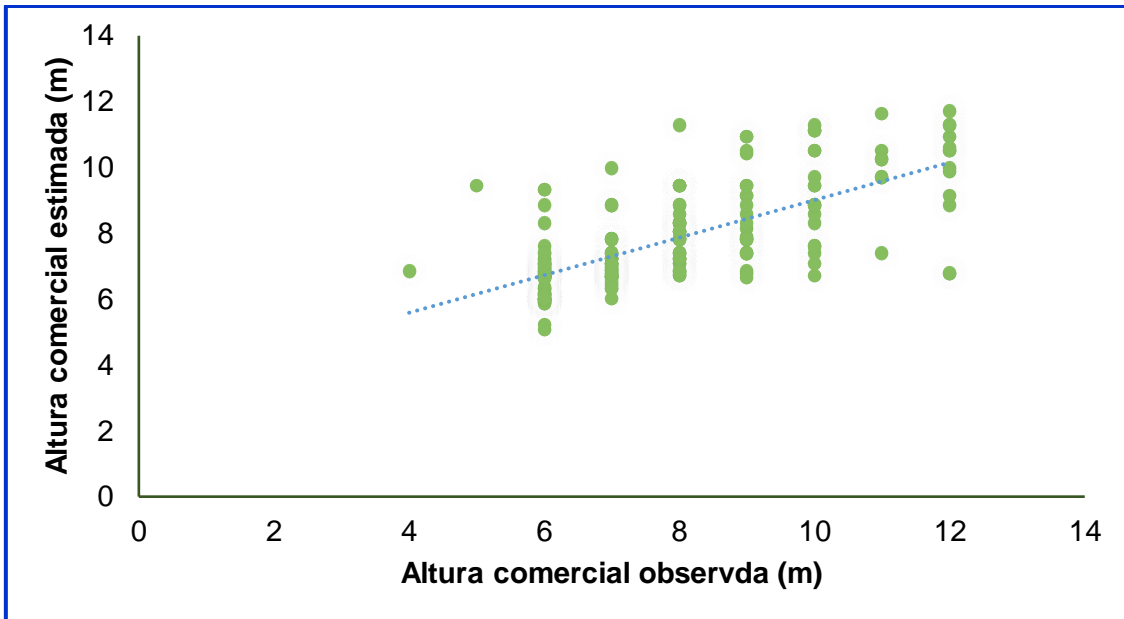


Figura 20. Correlación de la altura comercial observada y estimada del cuarto entrenamiento con redes neuronales artificiales

En la figura 21, se aprecia los residuos a partir de los datos observados de la altura de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde se observa que los datos estimados presentan sobre y sub estimación.

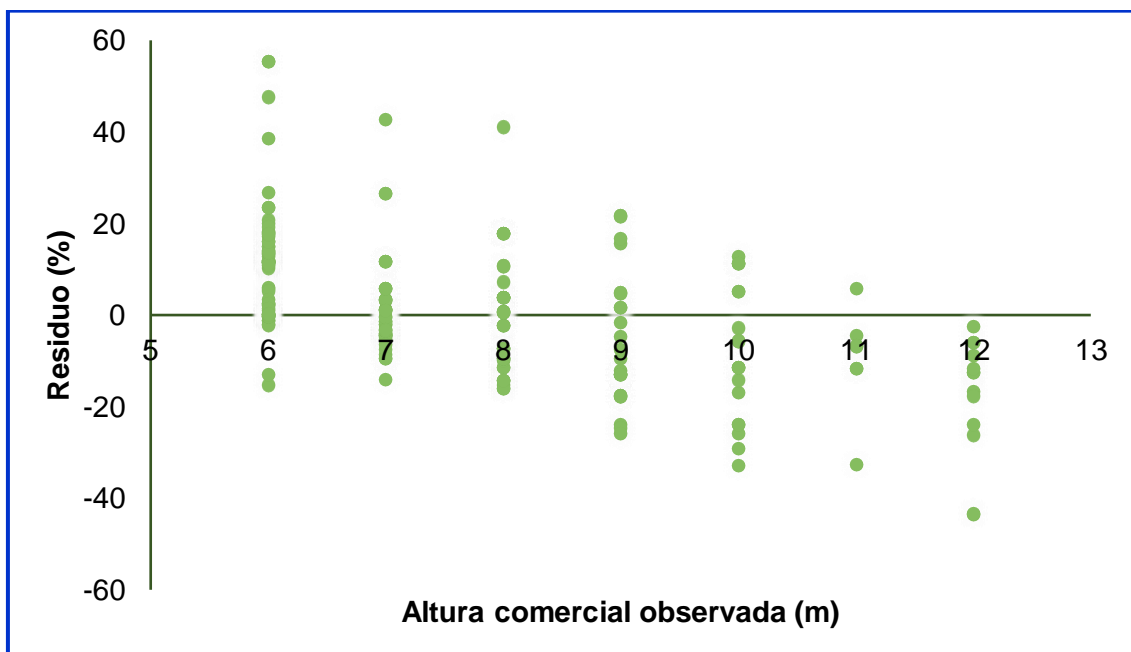


Figura 21. Residuos de los datos de la altura comercial observada del bambú del cuarto entrenamiento de redes neuronales artificiales

En la figura 22, se aprecia la frecuencia establecida por clases de datos de altura comercial de *Guadua angustifolia* Kunth, donde el resultado estadístico presenta un sesgo que tiende a cero con 0.0516. Se observa que la mayor cantidad de datos están establecidos en la clase +5, siendo estos datos distribuidos por las clases de ± 30 , sin embargo, también se observa una diferencia que los demás entrenamientos no presentaron, que es la disminución de acumulación de datos en la clase +10, indicando que estos datos pertenecientes a esta clase pasan a establecerse a otras clases de sobre o sub estimación. A pesar de la disminución de datos acumulados de una clase, el entrenamiento aún presenta sobre estimación y aumenta la distribución de clases.

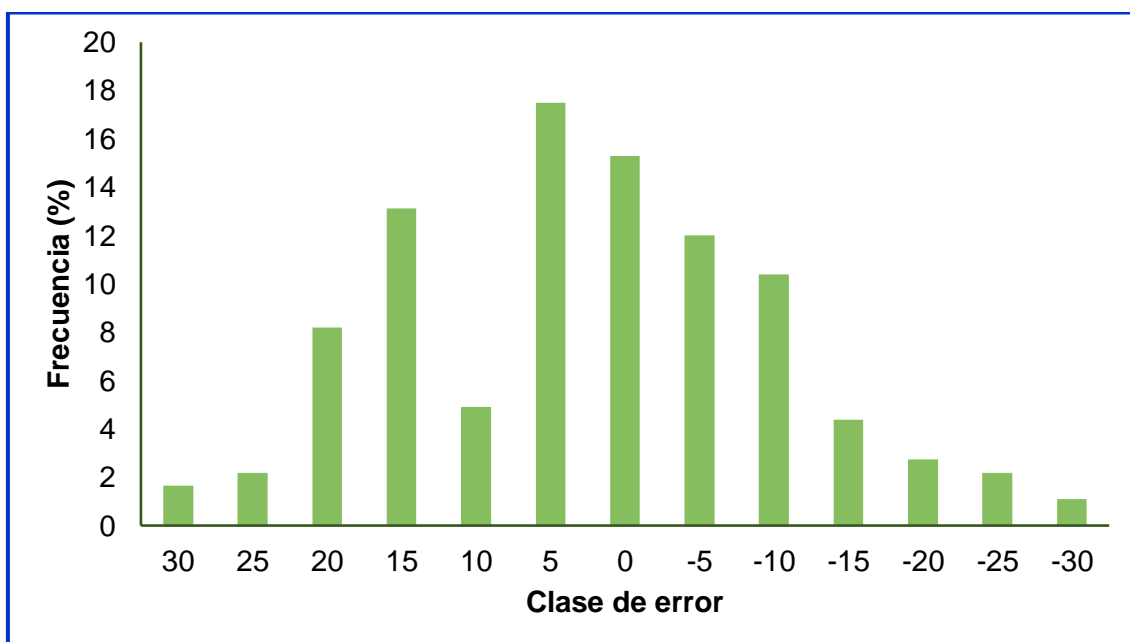


Figura 22. Frecuencia por clase de datos de la altura comercial del cuarto entrenamiento con redes neuronales artificiales

e) Entrenamiento 5

Se establecieron las proporciones de 30 % entrenamiento y 70 % generalización.

En la figura 23, se aprecia la correlación de los datos de altura observados y estimados de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde el resultado estadístico presenta una correlación de los datos de 0.7038, una raíz cuadrada del error cuadrado medio (RQEM) de 16.5811 y una media de las diferencias absolutas (MDA) de 0.9285.

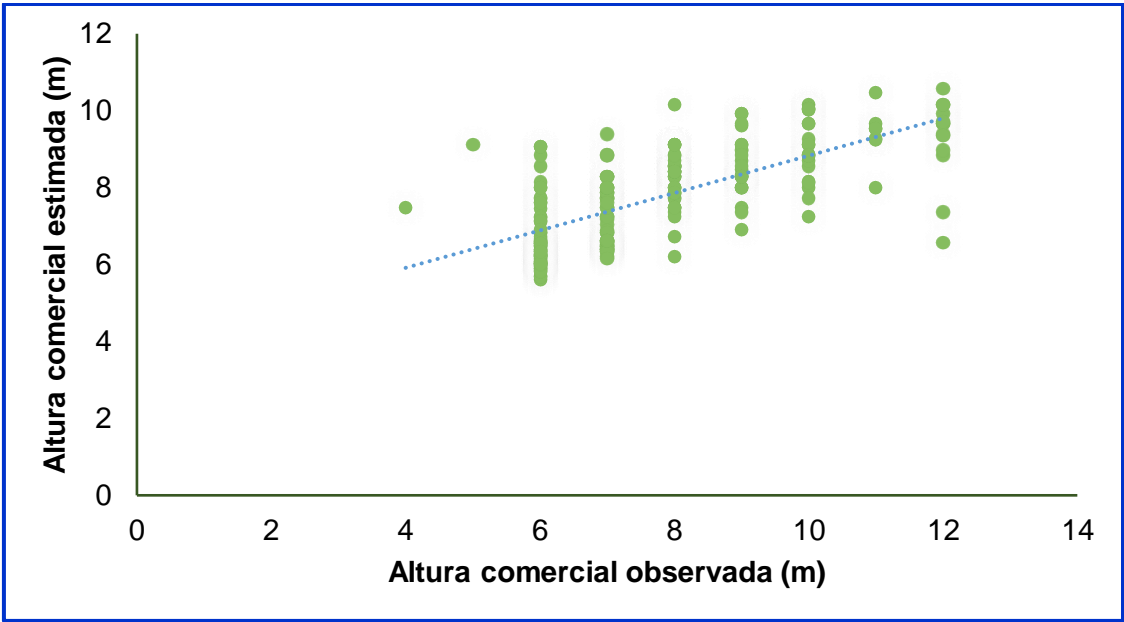


Figura 23. Correlación de la altura comercial observada y estimada del quinto entrenamiento con redes neuronales artificiales

En la figura 24, se aprecia los residuos a partir de los datos observados de la altura de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde los datos estimados presentan una sobre y sub estimación.

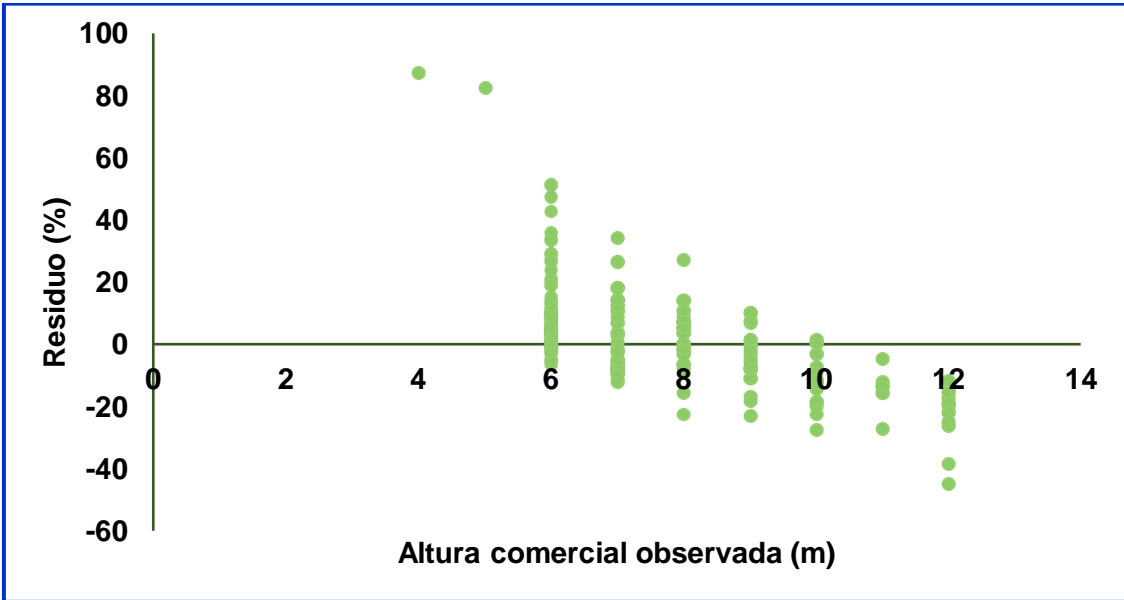


Figura 24. Residuos de los datos de la altura comercial observada del bambú del quinto entrenamiento de redes neuronales artificiales

En la figura 25, se observa la frecuencia establecida por clases de los datos de altura comercial de *Guadua angustifolia* Kunth, donde el resultado estadístico

presenta un sesgo que tiende a cero con 0.04539, sin embargo, se observa claramente que el entrenamiento empleado presenta una gran sobre y sub estimación de los datos estimados, llegando a alcanzar la mayor acumulación de datos en la clase -5 a una distribución de clase de ± 25 . En este entrenamiento también se aprecia que los datos acumulados en la clase cero disminuyen abruptamente pasando estos datos a ser a acumulados para otras clases.

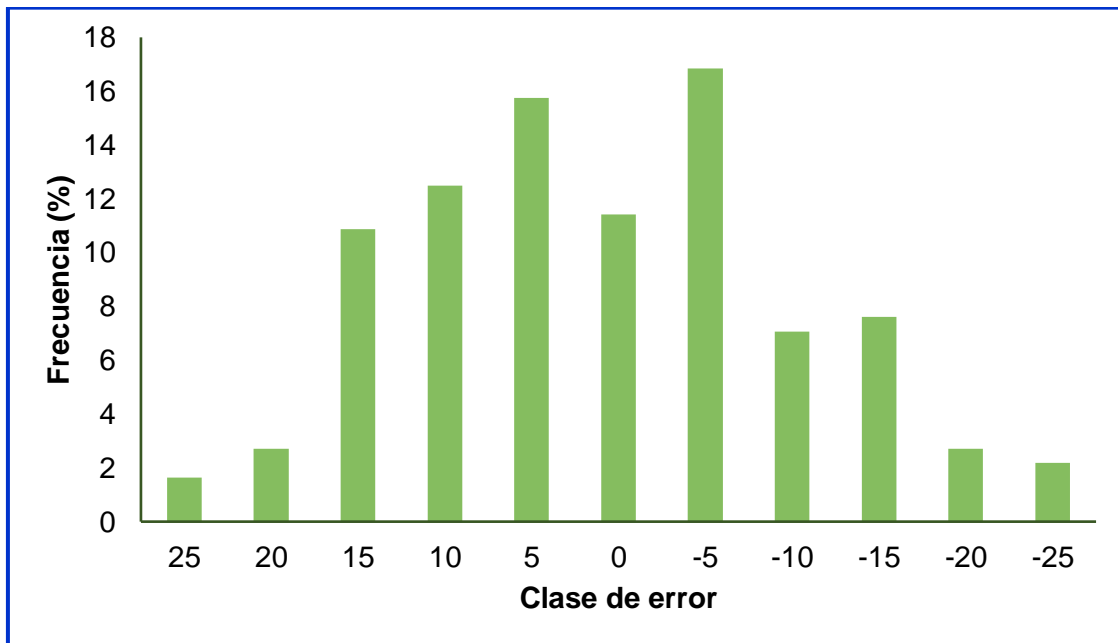


Figura 25. Frecuencia por clase de datos de la altura comercial del quinto entrenamiento con redes neuronales artificiales

4.2. DISCUSIÓN

Una de las cualidades que presenta el bambú es su rápido crecimiento, según el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE 2004), la tasa de crecimiento durante los primeros 30 días alcanza de 4 a 6 cm de altura en 24 horas y después de los 90 cm de altura, el promedio de crecimiento es de 9 a 11 cm por cada 24 horas. Esta actividad fisiológica hace lo difícil de poder modelar el crecimiento de los bambús, de tal manera que estimar la altura comercial es el inconveniente para proyectar y cuantificar actividades económicas.

El presente trabajo de investigación tubo la finalidad de estimar la altura comercial de la *Guadua angustifolia* Kunth utilizando la técnica de modelamiento matemático e inteligencia artificial con redes neuronales artificiales estableciendo 5 entrenamientos; los resultados estadísticos se aprecian en la tabla 2, donde utilizando la técnica de redes neuronales artificiales presenta mejores estimaciones de la altura comercial del bambú.

El coeficiente de determinación (R^2) del modelo fue de 0.3151, una correlación de 0.5613, una Raíz Cuadrada del Error Cuadrado Medio (RQEM) de 7.4149 y por la Media de las Diferencias Absolutas (MDA) de 0.1689, lo que significa que presenta una muy baja factibilidad de los datos estimados, sin embargo, al usar la técnica de redes neuronales artificiales, el entrenamiento 3 que consistió en proporcionar los datos en un 50 % para entrenamiento (memoria de aprendizaje) y 50 % de generalización (probabilidad de razón al azar), presenta mejores estimaciones que los demás entrenamientos empleados con una correlación de 0.7161, RQEM de 16.2751, MDA de 0.9093 y un sesgo de -0.0232, lo que significa una factibilidad adecuada de los datos estimados, sin embargo aún estos resultados nos indica que no es una estimación perfecta pero es superior a la utilización de técnicas de modelamiento, además cabe resaltar que se utilizaron variables como el diámetro a la altura del cuello (DAC), altura comercial y calidad del bambú, excluyéndose otros factores como los climáticos, edáficos y topográficos. Al agregar estos factores se podría llegar a una estimación óptima donde sólo se podría utilizar la técnica de redes neuronales artificiales.

En la región de Amazonas, PERUBAMBÚ (2009), establece una relación entre la altura total y comercial de *Guadua angustifolia* Kunth en tres sectores

diferentes utilizando la técnica de modelamiento matemático, donde en el sector el Muyo presenta un R^2 de 0.3536, en el sector Hatumplaya un R^2 de 0.5362 y en el sector El Dorado un R^2 de 0.4966, estos resultados estadísticos muestran una baja relación entre sus alturas, siendo no factibles en su estimación.

Con el presente estudio al relacionar la altura comercial observada y estimada, los datos hallados fueron R^2 de 0.3151, lo cual también no presenta factibilidad en su estimación. Una de las desventajas de utilizar la técnica de modelamiento matemático es que presentan características que vulneran las presuposiciones estadísticas, es decir que se presenta el fenómeno llamado heterocedasticidad, siendo la técnica de redes neuronales artificiales una alternativa de estimación cuando sucede estos casos (García. 1988), donde el factor importante es el crecimiento biológico de la especie.

La técnica de modelación matemática debe de ser lo suficientemente confiable para que describan irrefutablemente la dinámica del complicado sistema de ecuaciones lineal y no lineal, porque en la práctica, la precisión de los modelos es un factor que puede influenciar negativamente en las estimativas de la producción (Bettinger et al. 2009).

En países como Brasil, las empresas forestales sustituyen las técnicas de modelamiento por la técnica de redes neuronales artificiales para estimar su producción (Campos y Leite. 2013), ya que las empresas brasileras utilizan información dasométrica proveniente de genotipo clon, lo que hace que presente discrepancias en los análisis estadísticos.

En los trabajos realizados por Binoti (2010, 2012); Magalhães (2014); Da Silva et al. (2014); Binoti (2014); Cordeiro et al. (2015); analizan el desempeño de redes neuronales artificiales en plantaciones forestales de eucalipto superando una correlación de 90 %. En cambio con la presente investigación presenta una correlación de 70 %, relativamente bajo para utilizar los datos estimados en una toma de decisión de proyección y manejo forestal, sin embargo, esta correlación puede aumentar agregando más variables que pueden influenciar en la plantación de bambú, como factores climáticos, edáficos, topográficos y astronómicos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El uso de la técnica de redes neuronales artificiales presenta mejores resultados de los parámetros estadísticos, estableciendo mejores estimaciones de la altura comercial de la *Guadua angustifolia* Kunth, en comparación con el uso de la técnica de modelamiento matemático.

El entrenamiento 3 presenta mejores estimativas que los demás entrenamientos empleados con la técnica de redes neuronales artificiales para la estimación de la altura comercial de la *Guadua angustifolia* Kunth, presentando una correlación de 0.7161, una raíz cuadrada del error cuadrado medio (RQEM) con 16.2751, una media de las diferencias absolutas (MDA) con 0.9093 y un sesgo de -0.0232.

El uso de regresión matemática con sistema de ecuaciones es ineficiente para las estimaciones de la altura comercial de la *Guadua angustifolia* Kunth, presentando un coeficiente de determinación (R^2) de 0.3151, indicando bajo grado de confiabilidad en los datos estimados.

La técnica de estimaciones de redes neuronales artificiales permite integrar diferentes variables cuantitativas y cualitativas como la calidad que presenta el bambú en campo definitivo, permitiendo poder estratificar la estimación de la altura comercial a través de una variable categórica.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda emplear las técnicas de inteligencia artificial para estimar la altura comercial en plantaciones de bambú, ya que presenta estimaciones más confiables que con la técnica de modelamiento.

Agregar más variables cuantitativas al procesamiento de datos con redes neuronales artificiales que tengan influencia directa con el proceso biológico de la plantación del bambú como factores climáticos (temperatura, humedad relativa, precipitación), edáficos (tipo de suelo) de esa manera obtener mejores datos estimados de la altura comercial.

Emplear la técnica de redes neuronales artificiales en procesos de inventario forestal de bambú y descartar la técnica de modelamiento (regresión lineal).

Se deja abierta la investigación de nuevas RNA, ya que en el Perú no hay investigación que se ha utilizado inteligencia artificial en plantaciones, especialmente de bambú.

Se recomienda a las autoridades, hacer las gestiones correspondientes ante las instituciones competentes (SENAMHI, otros) para la instalación de una estación meteorológica, el cual brindará la información necesaria para hacer uso de datos climáticos relacionados con el crecimiento y desarrollo del bambú.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcântara, A. E. M. D. 2015. Redes neurais artificiais para prognose do crescimento e da produção de povoamentos de eucalipto em Minas Gerais.

Bettinger, P.; Boston, K.; Siry, J. P.; Grenber, D. L. 2009. Forest Management and Planning. Elsevier. 342 p.

Binoti, D. H. B. 2012. Sistemas computacionais aplicados ao manejo florestal. Viçosa: UFV, 2012. 127 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós- Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Binoti, M. L. M. S. 2010. Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto. Viçosa: UFV, 2010. 54 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Binoti, D. H. B., da Silva Binoti, M. L. M., y Leite, H. G. 2014. Configuração de redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science), 5(1), 10-12953.

Bullinaria, J. A. 2014. Introduction to neural computation: notas de aula. Disponível em:<<http://www.cs.bham.ac.uk/~jxb/inc.html>>.

Calderón C. N. L. 2012. Evaluación del desarrollo de plántulas de bambú a partir de brotes procedentes de yemas primarias y secundarias de las especies *Gigantochloa apus* y *G. verticillata*. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Escuintla, Guatemala.

Camargo G. J. C., Rodríguez, J. A., y Arango A. A. M. 2010. Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia.

Campos, J. C. C.; Leite, H. G. 2013. Mensuração florestal: Perguntas e respostas. 4. ed. Viçosa: UFV. 605 p.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, C.R.). 2004. Investigación para el manejo y el mercadeo sostenible del Bambú en Costa Rica y Colombia. Obtenida el 09 de septiembre de 2017. (En línea). Disponible en <http://web.catie.ac.cr/guadua/default.asp>

Chaowana P. 2013. Bamboo: An Alternative Raw Material for Wood and Wood-Based. Journal of Materials Science Research, 2:90-102.

Chiari R., Carrero O. E., Jerez M., Quintero, M. A., Stock, A., y Stock, J. 2008. Modelo preliminar para la planificación del aprovechamiento en plantaciones forestales industriales en Venezuela. Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América, 33(11), 802-809.

Cordeiro, M. A., de Jesus Pereira, N. N., Binoti, D. H. B., da Silva Binoti, M. L. M., y Leite, H. G. 2015. Estimativa do volume de *Acacia mangium* utilizando técnicas de redes neurais artificiais e máquinas vetor de suporte. Pesquisa Florestal Brasileira, 35(83), 255-261.

Cronquist Arthur. 1993. Sistema integrado de clasificación de plantas superiores (1981), con anotaciones y correcciones hechas en "La evolución y clasificación de plantas superiores", Ed. 2 (1988). Publicado en el libro: An Integrated System of Classification of Flowering Plants, Cronquist.

Cruz H. 2009. Bambú-Guadua *Guadua angustifolia* Kunth: bosques naturales en Colombia; plantaciones comerciales en México. Pereira, Colombia. 690 p.

Da Silva, Binoti, M. L. M., Binoti, D. H. B., Leite, H. G., Garcia, S. L. R., Ferreira, M. Z., Rode, R., y da Silva, A. A. L. (2014). Redes Neurais Artificiais Para Estimación Do Volume De Árvores. Revista Árvore, 38(2), 283-288.

Delgado D. Cairo C. y Yera Y. 2013. Impacto del bambú (*bambusa vulgaris* schrader ex wendland) en la recuperación de un suelo pardo mullido carbonatado de Villa Clara. Impact of bamboo (*Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland) on the recovery of a carbonated soft brown soil of Villa Clara. In Congreso Universidad (Vol. 2, N° 2).

Deras, J. E. 2003. Análisis de la Cadena Productiva del Bambú en Costa Rica. Tesis de Postgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.

García O. 1988. Growth modeling: a (re)view. *New Zealand Forestry*, 33 (3), 14-17.

Giraldo, E; Sabogal, A. 1999. Una alternativa sostenible: la guadua, técnicas de cultivo y manejo. Armenia, Quindío, Colombia, Corporación Autónoma Regional del Quindío. 192 p.

Gorgens, E. B. 2006. Estimaco do volume de árvores utilizando Redes Neurais Artificiais. Viçosa: UFV. 94p. Dissertao (Mestrado) – Programa de Pós-Graduao em Cincia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Hairiah K., Sitompul S.M., Van Noodwick M. y Palm C. 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. International Centre for Research in Agroforestry. Southeast Asian Regional Research Programme. Bogor, Indonesia.

Hasenauer H. 2000. Princípios para a modelagem de ecossistemas florestais. *Revista Ciência & Ambiente*, N 20, p. 53-69.

Haykin, S. 2001. Redes neurais: princípios e prática. Trad. de Paulo Martins Engel. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman. 900 p.

Inbar E. 2012. Regional Security Regimes: Israel and Its Neighbors. Suny Press

Judziewicz E. J.; Clark L. G.; Londoño X.; Stern M. J. 1999. American Bamboos. Washington D. C. – USA: Smithsonian Institution Press. 392 p.

Kosko, B. 1992. Neural networks and fuzzy systems: a dynamical systems approach to machine intelligence. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 449 p. Orientador: Siu Mui Tsai, Dissertação (mestrado) - CENA ISBN 0-13- 611435-0.

Londoño P. y Ximena. 2002. Distribución, Morfología, Taxonomía, Anatomía, Silvicultura y Usos de los Bambúes del Nuevo Mundo. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Magalhães, J. G. D. S. 2014. Prognose e Regulação de Florestas de eucalipto utilizando Modelo de Crescimento e Inteligência Computacional.

Marín J. y Correa J. 2010. Evaluación de la remoción de contaminantes en aguas Residuales en humedales artificiales utilizando la *Guadua angustifolia* Kunth. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Escuela de Tecnología Técnica. Pereira. Colombia.

Mena Frau, Carlos; Montecinos Guajardo, Rodrigo. 2006. Comparación de redes neuronales y regresión lineal para estimar productividad de sitio en plantaciones forestales, utilizando geomática. Bosque, Vol. 27, Núm. 1, pp. 35-43.

Mercedes J. R. 2006 Guía Técnica Cultivo del Bambú, SERIE RECURSOS NATURALES – CEDAF.

Mognon F. 2015. Avaliação comportamental do crescimento, biomassa e estoque de carbono em espécies de bambú.

Mognon F.; Corte A. P. D.; Sanquetta C. R.; Barreto T. G.; Wojciechowski J. 2014. Equação de biomassa individual para duas espécies de bambu do gênero *Guadua*. Revista Ceres, Vol. 61, N° 6, p. 900-906.

Mognon, F., Corte, A. P. D., Sanquetta, C. R., Barreto, T. G., & Wojciechowski, J. 2014. Estimativas de biomassa para plantas de bambu do gênero Guadua. Revista Ceres, 61(6), 900-906

Municipalidad Distrital de Aramango. 2018. Localización del distrito Aramango en Perú.

NC 521. 2007. Norma Cubana. Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones. Oficina Nacional de Normalización. La Habana. Cuba. p 14.

Oliver J. 2008. Gramíneas (Poaceae) bambusiformes del Río de Los Amigos. Madre de Dios. Perú. Rev. Biol. 15(1):121-126.

Parresol BR. 1999. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. Forest Science 45(4): 573–593.

Pereira M. D. R. y Garbino L. V. 2003. Desenvolvimento e produção do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) cultivado na Unesp/Campus de Bauru-SP., com vistas à sua utilização na engenharia agrícola. In Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola.

PERUBAMBU. 2007. Servicios ambientales. El bambú aporte ambiental. Lima-Perú.

PERUBAMBU. 2009. Inventario de las formaciones de bambú en las regiones de Amazonas y San Martín. Ministerio de agricultura y riego. Amazonas y San Martín, Perú.

Rodríguez J. G. 2013. Generación de banco de propagación de bambú en zonas áridas de la costa peruana regado con distintos tipos de agua. Tesis de Master. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Perú.

Scaglione; S. 2004. La caña bambú desarrollo sustentable y conservación del ambiente.

Silva, I. N.; Spatti, D. H.; Flauzino, R. A. 2010. Redes neurais artificiais: para engenharia e ciências aplicadas. São Paulo: Artiber. 399 p.

Silva, M. L. M.; Binoti, D. H. B.; Gleriani, J. M.; Leite, H. G. 2009. Ajuste do modelo de Schumacher e Hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de árvores de eucalipto. Revista *Árvore*, v.33, n.6, p.1133-1139.

Torres M. 2010. Bambú. SDR, Puebla. México.

Torres P. y Uribe I. E. 2003. Tratamiento de águas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca en filtro anaerobio: influencia del medio de soporte. *Scientia et Technica*, 3(23). El Valle del Cauca. Colombia.

Villanueva F. P., Córdor, J. P. y Alca, A. M. 2014. Experiencias sobre la silvicultura y usos del bambú en Colombia. *Xilema*, 27(1), 17-23.

Zea Dávila, P. R. 2013. Percepciones locales versus evidencia científica sobre la relación entre el bambú y el agua en el Cantón Bucay, Provincia del Guayas, Ecuador.

Zheng, H.; Lu, H. A. 2012. Least-squares support vector machine (LS- SVM) based on fractal analysis and CIELab parameters for the detection of browning degree on mango (*Mangifera indica* L.). *Computers and Electronics in Agriculture*, n.83, p. 47-51.

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico



Foto 1. Plantación de bambú en el área de estudio



Foto 2. Interior del bosque de *Guadua angustifolia* Kunth

Anexo 2: Inventario del área de estudio

N° de individuo	Circunferencia a la Altura del Cuello (CAC) en cm.	Diámetro a la Altura del Cuello (DAC) en cm.	Altura Comercial Observada (estimación ocular) en m.	Calidad (Bambú Estructural)
1	33	10.50420168	6	Primera
2	41	13.05067482	9	Primera
3	39	12.41405653	7	Primera
4	22	7.00280112	6	Segunda
5	35	11.14081996	8	Primera
6	27	8.59434683	6	Primera
7	36	11.45912911	10	Primera
8	42	13.36898396	8	Primera
9	36	11.45912911	8	Primera
10	38	12.09574739	9	Primera
11	35	11.14081996	7	Primera
12	33	10.50420168	8	Primera
13	35	11.14081996	8	Primera
14	27	8.59434683	7	Primera
15	25	7.957728546	6	Segunda
16	29	9.230965113	6	Primera
17	33	10.50420168	8	Primera
18	21	6.684491979	6	Cuarta
19	36	11.45912911	6	Primera
20	31	9.867583397	7	Primera
21	38	12.09574739	8	Primera
22	37.5	11.93659282	9	Primera
23	36.5	11.61828368	9	Primera
24	41	13.05067482	9	Primera
25	40	12.73236567	10	Primera
26	42	13.36898396	10	Primera
27	37	11.77743825	7	Primera
28	23	7.321110262	6	Segunda
29	33	10.50420168	7	Primera
30	24.5	7.798573975	7	Segunda
31	31.5	10.02673797	12	Primera
32	36	11.45912911	8	Primera
33	34	10.82251082	8	Primera
34	34.5	10.98166539	10	Primera
35	41	13.05067482	12	Primera
36	36	11.45912911	8	Primera
37	33	10.50420168	7	Primera
38	40	12.73236567	12	Primera
39	33	10.50420168	7	Primera

40	16	5.092946269	6	Tercera
41	38.5	12.25490196	11	Primera
42	39	12.41405653	12	Primera
43	35	11.14081996	8	Primera
44	34	10.82251082	9	Primera
45	26	8.276037688	6	Segunda
46	24	7.639419404	6	Tercera
47	29	9.230965113	7	Primera
48	37	11.77743825	8	Primera
49	30	9.549274255	6	Segunda
50	36	11.45912911	8	Primera
51	33.5	10.66335625	7	Primera
52	30.7	9.772090654	7	Primera
53	29	9.230965113	6	Primera
54	22.5	7.161955691	6	Segunda
55	24.8	7.894066718	6	Segunda
56	28	8.912655971	6	Segunda
57	30	9.549274255	6	Segunda
58	32.5	10.34504711	6	Primera
59	31	9.867583397	6	Segunda
60	17.5	5.570409982	6	Tercera
61	15	4.774637128	6	Cuarta
62	33.5	10.66335625	7	Primera
63	35	11.14081996	7	Primera
64	34.5	10.98166539	6	Primera
65	43.5	13.84644767	11	Primera
66	37.5	11.93659282	9	Primera
67	37	11.77743825	6	Primera
68	38.5	12.25490196	10	Primera
69	38	12.09574739	9	Primera
70	27	8.59434683	6	Cuarta
71	36	11.45912911	8	Primera
72	37	11.77743825	9	Primera
73	31	9.867583397	6	Primera
74	38	12.09574739	8	Primera
75	36.5	11.61828368	8	Primera
76	37	11.77743825	7	Primera
77	25	7.957728546	6	Primera
78	32	10.18589254	9	Primera
79	34	10.82251082	6	Primera
80	33	10.50420168	6	Primera
81	32	10.18589254	7	Primera
82	26	8.276037688	6	Primera
83	37	11.77743825	8	Primera
84	38	12.09574739	5	Primera

85	30	9.549274255	7	Primera
86	25	7.957728546	7	Primera
87	34	10.82251082	7	Primera
88	30.5	9.708428826	6	Primera
89	41.5	13.20982939	10	Primera
90	35.5	11.29997454	8	Primera
91	27	8.59434683	6	Primera
92	35	11.14081996	9	Primera
93	24.5	7.798573975	6	Tercera
94	33.4	10.63152534	8	Primera
95	34	10.82251082	8	Primera
96	40	12.73236567	11	Primera
97	29.5	9.390119684	6	Tercera
98	20	6.366182837	7	Segunda
99	30.9	9.835752483	6	Primera
100	22.6	7.193786606	6	Tercera
101	40	12.73236567	12	Primera
102	42	13.36898396	12	Primera
103	34	10.82251082	7	Primera
104	26.8	8.530685001	6	Tercera
105	27	8.59434683	6	Segunda
106	18	5.729564553	6	Cuarta
107	25	7.957728546	8	Primera
108	35	11.14081996	7	Primera
109	22.5	7.161955691	6	Segunda
110	22.5	7.161955691	6	Tercera
111	29	9.230965113	6	Segunda
112	28.5	9.071810542	6	Primera
113	22.5	7.161955691	7	Segunda
114	24	7.639419404	7	Segunda
115	23.5	7.480264833	6	Tercera
116	34	10.82251082	7	Primera
117	32	10.18589254	8	Primera
118	33.5	10.66335625	8	Primera
119	29	9.230965113	7	Primera
120	21	6.684491979	6	Tercera
121	26.2	8.339699516	6	Segunda
122	26.2	8.339699516	6	Primera
123	27	8.59434683	6	Segunda
124	35.7	11.36363636	9	Primera
125	31	9.867583397	7	Primera
126	27.7	8.817163229	12	Primera
127	26	8.276037688	7	Primera
128	35.2	11.20448179	9	Primera
129	39.8	12.66870385	9	Primera

130	41.5	13.20982939	10	Primera
131	40	12.73236567	9	Primera
132	37.8	12.03208556	6	Primera
133	38	12.09574739	8	Primera
134	34	10.82251082	8	Primera
135	26.5	8.435192259	7	Primera
136	36	11.45912911	9	Primera
137	39.5	12.5732111	11	Primera
138	38	12.09574739	8	Primera
139	32	10.18589254	7	Primera
140	33.5	10.66335625	8	Primera
141	36.5	11.61828368	10	Primera
142	35.5	11.29997454	8	Primera
143	38	12.09574739	10	Primera
144	21	6.684491979	6	Tercera
145	25	7.957728546	7	Segunda
146	23	7.321110262	7	Segunda
147	28	8.912655971	6	Primera
148	34	10.82251082	10	Primera
149	37	11.77743825	10	Primera
150	14.6	4.647313471	6	Cuarta
151	25.5	8.116883117	6	Tercera
152	30.5	9.708428826	6	Primera
153	31.5	10.02673797	8	Primera
154	34	10.82251082	6	Primera
155	34	10.82251082	9	Primera
156	31.5	10.02673797	9	Primera
157	37.8	12.03208556	6	Primera
158	32	10.18589254	8	Primera
159	28	8.912655971	7	Primera
160	31	9.867583397	8	Primera
161	23.5	7.480264833	7	Segunda
162	29.5	9.390119684	6	Primera
163	27.5	8.753501401	6	Primera
164	27	8.59434683	7	Primera
165	28.5	9.071810542	8	Primera
166	29.5	9.390119684	9	Primera
167	32	10.18589254	4	Primera
168	32	10.18589254	8	Primera
169	33	10.50420168	10	Primera
170	27.5	8.753501401	6	Primera
171	25.5	8.116883117	6	Primera
172	24.7	7.862235803	6	Tercera
173	31	9.867583397	10	Primera
174	34	10.82251082	11	Primera

175	32.5	10.34504711	7	Primera
176	25	7.957728546	7	Segunda
177	32.5	10.34504711	6	Primera
178	26	8.276037688	7	Primera
179	34	10.82251082	9	Primera
180	28	8.912655971	7	Primera
181	37	11.77743825	12	Primera
182	37.5	11.93659282	12	Primera
183	40.2	12.7960275	12	Primera
184	38.8	12.3503947	12	Primera
185	35.5	11.29997454	8	Primera
186	34.5	10.98166539	10	Primera
187	28.5	9.071810542	7	Segunda
188	35	11.14081996	9	Primera
189	28	8.912655971	7	Primera
190	38.5	12.25490196	11	Primera
191	26	8.276037688	6	Primera
192	37	11.77743825	10	Primera
193	44	14.00560224	12	Primera
194	35	11.14081996	9	Primera
195	38	12.09574739	10	Primera
196	41.5	13.20982939	10	Primera
197	37	11.77743825	10	Primera
198	39.5	12.5732111	11	Primera
199	35	11.14081996	9	Primera
200	35.5	11.29997454	8	Primera
201	42	13.36898396	12	Primera
202	40	12.73236567	10	Primera

Anexo 3: Resultado de la estimación de altura comercial con técnica de modelamiento.

N° Tallo	CAP (cm)	HC Observada (m)	Calidad	DAP (cm)	LnH	1/dac	b0	b1	LnHC Estimada	HC Estimada Modelamiento (m)	RQEM	MDA	SESGO	RES%	Clase	Frecuencia	Frecuencia (%)
1	33	6	Primera	10.504202	1.791759	0.0952	2.56303	-5.24509	2.063697	7.875033	0.017405	0.009282	-0.009282	31.250557	100	0	0
2	41	9	Primera	13.050675	2.197225	0.076624	2.56303	-5.24509	2.161128	8.680926	0.000504	0.001580	0.001580	-3.5452694	95	1	0.5405405
3	39	7	Primera	12.414057	1.94591	0.080554	2.56303	-5.24509	2.140518	8.503840	0.011196	0.007445	-0.007445	21.483429	90	0	0
4	22	6	Segunda	7.002801	1.791759	0.1428	2.56303	-5.24509	1.814031	6.135129	0.000090	0.000669	-0.000669	2.2521544	85	0	0
5	35	8	Primera	11.140820	2.079442	0.08976	2.56303	-5.24509	2.092231	8.102970	0.000052	0.000510	-0.000510	1.2871311	80	0	0
6	27	6	Primera	8.594347	1.791759	0.116356	2.56303	-5.24509	1.952735	7.047935	0.005436	0.005188	-0.005188	17.46558	75	0	0
7	36	10	Primera	11.459129	2.302585	0.087267	2.56303	-5.24509	2.105308	8.209635	0.015868	0.008863	0.008863	-17.903649	70	1	0.5405405
8	42	8	Primera	13.368984	2.079442	0.0748	2.56303	-5.24509	2.170697	8.764393	0.002893	0.003784	-0.003784	9.554913	65	0	0
9	36	8	Primera	11.459129	2.079442	0.087267	2.56303	-5.24509	2.105308	8.209635	0.000218	0.001038	-0.001038	2.620439	60	0	0
10	38	9	Primera	12.095747	2.197225	0.082674	2.56303	-5.24509	2.129399	8.409812	0.001724	0.002922	0.002922	-6.5576476	55	0	0
11	35	7	Primera	11.140820	1.94591	0.08976	2.56303	-5.24509	2.092231	8.102970	0.006022	0.005460	-0.005460	15.756721	50	0	0
12	33	8	Primera	10.504202	2.079442	0.0952	2.56303	-5.24509	2.063697	7.875033	0.000077	0.000619	0.000619	-1.5620819	45	0	0
13	35	8	Primera	11.140820	2.079442	0.08976	2.56303	-5.24509	2.092231	8.102970	0.000052	0.000510	-0.000510	1.2871311	40	4	2.1621622
14	27	7	Primera	8.594347	1.94591	0.116356	2.56303	-5.24509	1.952735	7.047935	0.000011	0.000237	-0.000237	0.684783	35	6	3.2432432
15	25	6	Segunda	7.957729	1.791759	0.125664	2.56303	-5.24509	1.903911	6.712094	0.002510	0.003525	-0.003525	11.868237	30	5	2.7027027
16	29	6	Primera	9.230965	1.791759	0.108331	2.56303	-5.24509	1.994824	7.350909	0.009034	0.006688	-0.006688	22.515149	25	10	5.4054054
17	33	8	Primera	10.504202	2.079442	0.0952	2.56303	-5.24509	2.063697	7.875033	0.000077	0.000619	0.000619	-1.5620819	20	13	7.027027
18	21	6	Cuarta	6.684492	1.791759	0.1496	2.56303	-5.24509	1.778365	5.920166	0.000032	0.000395	0.000395	-1.330562	15	20	10.810811
19	36	6	Primera	11.459129	1.791759	0.087267	2.56303	-5.24509	2.105308	8.209635	0.024171	0.010939	-0.010939	36.827252	10	13	7.027027
20	31	7	Primera	9.867583	1.94591	0.101342	2.56303	-5.24509	2.031482	7.625382	0.001936	0.003096	-0.003096	8.9340294	5	21	11.351351
21	38	8	Primera	12.095747	2.079442	0.082674	2.56303	-5.24509	2.129399	8.409812	0.000831	0.002029	-0.002029	5.1226465	0	22	11.891892
22	37.5	9	Primera	11.936593	2.197225	0.083776	2.56303	-5.24509	2.123617	8.361329	0.002019	0.003162	0.003162	-7.0963487	-5	17	9.1891892
23	36.5	9	Primera	11.618284	2.197225	0.086071	2.56303	-5.24509	2.111579	8.261273	0.002702	0.003657	0.003657	-8.2080828	-10	13	7.027027
24	41	9	Primera	13.050675	2.197225	0.076624	2.56303	-5.24509	2.161128	8.680926	0.000504	0.001580	0.001580	-3.5452694	-15	14	7.5675676
25	40	10	Primera	12.732366	2.302585	0.07854	2.56303	-5.24509	2.151081	8.594140	0.009784	0.006960	0.006960	-14.058595	-20	9	4.8648649
26	42	10	Primera	13.368984	2.302585	0.0748	2.56303	-5.24509	2.170697	8.764393	0.007558	0.006117	0.006117	-12.35607	-25	11	5.9459459
27	37	7	Primera	11.777438	1.94591	0.084908	2.56303	-5.24509	2.117679	8.311826	0.008519	0.006494	-0.006494	18.740373	-30	3	1.6216216
28	23	6	Segunda	7.321110	1.791759	0.136591	2.56303	-5.24509	1.846596	6.338210	0.000566	0.001674	-0.001674	5.636825	-35	1	0.5405405
29	33	7	Primer	10.504202	1.94591	0.0952	2.56303	-5.24509	2.063697	7.875033	0.003791	0.004332	-0.004332	12.500478	-40	1	0.5405405
30	24.5	7	Segunda	7.798574	1.94591	0.128229	2.56303	-5.24509	1.890460	6.622412	0.000706	0.001869	0.001869	-5.3941192	-45	0	0
31	31.5	12	Primera	10.026738	2.484907	0.099733	2.56303	-5.24509	2.039920	7.689992	0.091961	0.021337	0.021337	-35.916737	-50	0	0
32	36	8	Primera	11.459129	2.079442	0.087267	2.56303	-5.24509	2.105308	8.209635	0.000218	0.001038	-0.001038	2.620439	-55	0	0
33	34	8	Primera	10.822511	2.079442	0.0924	2.56303	-5.24509	2.078384	7.991542	0.000000	0.000042	0.000042	-0.1057298	-60	0	0
34	34.5	10	Primera	10.981665	2.302585	0.091061	2.56303	-5.24509	2.085408	8.047871	0.018865	0.009664	0.009664	-19.521293	-65	0	0
35	41	12	Primera	13.050675	2.484907	0.076624	2.56303	-5.24509	2.161128	8.680926	0.054536	0.016431	0.016431	-27.658952	-70	0	0
36	36	8	Primera	11.459129	2.079442	0.087267	2.56303	-5.24509	2.105308	8.209635	0.000218	0.001038	-0.001038	2.620439	-75	0	0
37	33	7	Primera	10.504202	1.94591	0.0952	2.56303	-5.24509	2.063697	7.875033	0.003791	0.004332	-0.004332	12.500478	-80	0	0
38	40	12	Primera	12.732366	2.484907	0.07854	2.56303	-5.24509	2.151081	8.594140	0.057425	0.016861	0.016861	-28.382163	-85	0	0

171	25.5	6	Primera	8.116883	1.791759	0.1232	2.56303	-5.24509	1.916835	6.799404	0.003164	0.003957	-0.003957	13.323394			
172	24.7	6	Tercera	7.862236	1.791759	0.12719	2.56303	-5.24509	1.895906	6.658575	0.002147	0.003260	-0.003260	10.976252			
173	31	10	Primera	9.867583	2.302585	0.101342	2.56303	-5.24509	2.031482	7.625382	0.027915	0.011756	0.011756	-23.746179			
174	34	11	Primera	10.822511	2.397895	0.0924	2.56303	-5.24509	2.078384	7.991542	0.044806	0.014893	0.014893	-27.349622			
175	32.5	7	Primera	10.345047	1.94591	0.096665	2.56303	-5.24509	2.056015	7.814769	0.003286	0.004034	-0.004034	11.639556			
176	25	7	Segunda	7.957729	1.94591	0.125664	2.56303	-5.24509	1.903911	6.712094	0.000410	0.001425	0.001425	-4.1129394			
177	32.5	6	Primera	10.345047	1.791759	0.096665	2.56303	-5.24509	2.056015	7.814769	0.016304	0.008984	-0.008984	30.246148			
178	26	7	Primera	8.276038	1.94591	0.120831	2.56303	-5.24509	1.929262	6.884426	0.000066	0.000572	0.000572	-1.651059			
179	34	9	Primera	10.822511	2.197225	0.0924	2.56303	-5.24509	2.078384	7.991542	0.005035	0.004992	0.004992	-11.205093			
180	28	7	Primera	8.912656	1.94591	0.1122	2.56303	-5.24509	1.974531	7.203240	0.000204	0.001006	-0.001006	2.9034262			
181	37	12	Primera	11.777438	2.484907	0.084908	2.56303	-5.24509	2.117679	8.311826	0.067340	0.018258	0.018258	-30.734783			
182	37.5	12	Primera	11.936593	2.484907	0.083776	2.56303	-5.24509	2.123617	8.361329	0.065544	0.018013	0.018013	-30.322262			
183	40.2	12	Primera	12.796028	2.484907	0.078149	2.56303	-5.24509	2.153130	8.611772	0.056832	0.016773	0.016773	-28.235231			
184	38.8	12	Primera	12.350395	2.484907	0.080969	2.56303	-5.24509	2.138340	8.485340	0.061153	0.017399	0.017399	-29.288836			
185	35.5	8	Primera	11.299975	2.079442	0.088496	2.56303	-5.24509	2.098862	8.156880	0.000122	0.000777	-0.000777	1.9609954			
186	34.5	10	Primera	10.981665	2.302585	0.091061	2.56303	-5.24509	2.085408	8.047871	0.018865	0.009664	0.009664	-19.521293			
187	28.5	7	Segunda	9.071811	1.94591	0.110232	2.56303	-5.24509	1.984855	7.277995	0.000383	0.001376	-0.001376	3.9713608			
188	35	9	Primera	11.140820	2.197225	0.08976	2.56303	-5.24509	2.092231	8.102970	0.003983	0.004441	0.004441	-9.9669946			
189	28	7	Primera	8.912656	1.94591	0.1122	2.56303	-5.24509	1.974531	7.203240	0.000204	0.001006	-0.001006	2.9034262			
190	38.5	11	Primer	12.254902	2.397895	0.0816	2.56303	-5.24509	2.135031	8.457306	0.032006	0.012588	0.012588	-23.115402			
191	26	6	Primera	8.276038	1.791759	0.120831	2.56303	-5.24509	1.929262	6.884426	0.003872	0.004378	-0.004378	14.740431			
192	37	10	Primera	11.777438	2.302585	0.084908	2.56303	-5.24509	2.117679	8.311826	0.014109	0.008357	0.008357	-16.881739			
193	44	12	Primera	14.005602	2.484907	0.0714	2.56303	-5.24509	2.188531	8.922093	0.046899	0.015237	0.015237	-25.649224			
194	35	9	Primera	11.140820	2.197225	0.08976	2.56303	-5.24509	2.092231	8.102970	0.003983	0.004441	0.004441	-9.9669946			
195	38	10	Primera	12.095747	2.302585	0.082674	2.56303	-5.24509	2.129399	8.409812	0.012518	0.007872	0.007872	-15.901883			
196	41.5	10	Primera	13.209829	2.302585	0.075701	2.56303	-5.24509	2.165970	8.723062	0.008072	0.006321	0.006321	-12.769376			
197	37	10	Primera	11.777438	2.302585	0.084908	2.56303	-5.24509	2.117679	8.311826	0.014109	0.008357	0.008357	-16.881739			
198	39.5	11	Primera	12.573211	2.397895	0.079534	2.56303	-5.24509	2.145866	8.549443	0.029729	0.012131	0.012131	-22.277795			
199	35	9	Primera	11.140820	2.197225	0.08976	2.56303	-5.24509	2.092231	8.102970	0.003983	0.004441	0.004441	-9.9669946			
200	35.5	8	Primera	11.299975	2.079442	0.088496	2.56303	-5.24509	2.098862	8.156880	0.000122	0.000777	-0.000777	1.9609954			
201	42	12	Primera	13.368984	2.484907	0.0748	2.56303	-5.24509	2.170697	8.764393	0.051827	0.016018	0.016018	-26.963391			
202	40	10	Primera	12.732366	2.302585	0.07854	2.56303	-5.24509	2.151081	8.594140	0.009784	0.006960	0.006960	-14.058595			
										7.8119							
											7.4149	0.1689	0.021013				

Resultado de las pruebas estadísticas:

Coficiente de Determinación: 0.3151; Coeficiente de Correlación: 0.5613; RQEM: 7.4149; MDA: 0.9059 y SESGO: -0.004636

183	Bambú	40.2	12.796028	12	Primera	Treino	9.788980	9.954468	9.835098	9.898206	9.992201	0.010405	0.021869	0.010405		-17.514949		
184	Bambú	38.8	12.350395	12	Primera	Validação	9.389366	9.382424	9.386856	9.424897	9.366276	0.012748	0.032828	0.012748		-21.459194		
185	Bambú	35.5	11.299975	8	Primera	Validação	8.412956	8.264276	8.351443	8.347945	8.257903	-0.001722	0.000599	0.001722		4.349306		
186	Bambú	34.5	10.981665	10	Primera	Treino	8.133773	8.020752	8.083914	8.063713	8.018625	0.009586	0.018560	0.009586		-19.362874		
187	Bambú	28.5	9.071811	7	Segunda	Treino	6.299798	6.209888	6.424038	6.212929	6.366605	0.003896	0.003067	0.003896		-11.243871		
188	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Validação	8.271491	8.137337	8.213790	8.202574	8.134076	0.003948	0.003148	0.003948		-8.860292		
189	Bambú	28	8.912656	7	Primera	Treino	6.831280	6.953085	6.937898	6.888076	6.945615	0.000554	0.000062	0.000554		-1.598916		
190	Bambú	38.5	12.254902	11	Primer	Treino	9.300914	9.263406	9.288806	9.322340	9.241681	0.008305	0.013933	0.008305		-15.251456		
191	Bambú	26	8.276038	6	Primera	Treino	6.619928	6.673959	6.582352	6.730740	6.703474	-0.003618	0.002643	0.003618		12.178998		
192	Bambú	37	11.777438	10	Primera	Treino	8.853199	8.714062	8.803141	8.817956	8.691832	0.005852	0.006917	0.005852		-11.820439		
193	Bambú	44	14.005602	12	Primera	Treino	10.677451	11.253338	10.841615	10.968633	11.343430	0.005106	0.005266	0.005106		-8.594727		
194	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Treino	8.271491	8.137337	8.213790	8.202574	8.134076	0.003948	0.003148	0.003948		-8.860292		
195	Bambú	38	12.095747	10	Primera	Validação	9.152232	9.070833	9.125336	9.152031	9.044543	0.004198	0.003560	0.004198		-8.479693		
196	Bambú	41.5	13.209829	10	Primera	Treino	10.130689	10.469276	10.222146	10.311775	10.570122	-0.001543	0.000481	0.001543		3.117754		
197	Bambú	37	11.777438	10	Primera	Treino	8.853199	8.714062	8.803141	8.817956	8.691832	0.005852	0.006917	0.005852		-11.820439		
198	Bambú	39.5	12.573211	11	Primera	Treino	9.592390	9.666851	9.613697	9.663498	9.672493	0.006616	0.008843	0.006616		-12.150020		
199	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Treino	8.271491	8.137337	8.213790	8.202574	8.134076	0.003948	0.003148	0.003948		-8.860292		
200	Bambú	35.5	11.299975	8	Primera	Treino	8.412956	8.264276	8.351443	8.347945	8.257903	-0.001722	0.000599	0.001722		4.349306		
201	Bambú	42	13.368984	12	Primera	Treino	10.252410	10.652253	10.360264	10.459658	10.768598	0.007625	0.011746	0.007625		-12.836180		
202	Bambú	40	12.732366	10	Primera	Validação	9.733585	9.872440	9.772578	9.831754	9.900244	0.000833	0.000140	0.000833		-1.682457		
												7.811881						
													-0.004636	16.310148	0.905969			

Estadísticas del primer entrenamiento

RNA	Tipo Dados	Saída	Bias	RQME	Variância	SQR	Correlação
RNA 1	Treino	HC	7.09487463	7.20996056	1.65779772	7485.62851	0.65115629
RNA 2	Treino	HC	7.09671088	7.21449073	1.69735839	7495.03822	0.65960235
RNA 3	Treino	HC	7.09781349	7.21261535	1.65435239	7491.14211	0.65446464
RNA 4	Treino	HC	7.09849251	7.21600913	1.69395536	7498.19343	0.65429228
RNA 5	Treino	HC	7.09651693	7.21557413	1.71587326	7497.28943	0.65991668
RNA 1	Validação	HC	7.13659665	7.27591721	2.04318686	3070.46033	0.73485464
RNA 2	Validação	HC	7.13456339	7.2788812	2.11661002	3072.96246	0.73715799
RNA 3	Validação	HC	7.13577861	7.27635141	2.06149646	3070.82681	0.73134824
RNA 4	Validação	HC	7.13806278	7.28001606	2.0826005	3073.92077	0.74215822
RNA 5	Validação	HC	7.13855028	7.2837051	2.13018723	3077.03688	0.73756018

Correlación: 0.71510
 RQEM: 16.31014
 MDA: 0.9059
 SESGO: -0.004636

183	Bambú	40.2	12.796028	12	Primera	Treino	9.711457	9.335080	9.730163	9.739166	9.708715	0.011237	0.025506	0.011237		-18.915311					
184	Bambú	38.8	12.350395	12	Primera	Treino	9.247859	9.084102	9.237217	9.248178	9.250853	0.013677	0.037787	0.013677		-23.023191					
185	Bambú	35.5	11.299975	8	Primera	Validação	8.200997	8.441664	8.201177	8.204412	8.224218	-0.000996	0.000200	0.000996		2.514715					
186	Bambú	34.5	10.981665	10	Primera	Treino	7.946596	8.235432	7.958708	7.950062	7.964971	0.010105	0.020628	0.010105		-20.412917					
187	Bambú	28.5	9.071811	7	Segunda	Treino	6.326569	6.315941	6.252963	6.307187	6.298149	0.003698	0.002763	0.003698		-10.671952					
188	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Treino	8.068724	8.339104	8.075504	8.073090	8.090608	0.004577	0.004231	0.004577		-10.272180					
189	Bambú	28	8.912656	7	Primera	Validação	7.051235	6.835408	7.004631	7.013980	7.006233	-0.000023	0.000000	0.000023		0.066159					
190	Bambú	38.5	12.254902	11	Primera	Treino	9.146618	9.028512	9.131990	9.144023	9.151719	0.009248	0.017275	0.009248		-16.981908					
191	Bambú	26	8.276038	6	Primera	Validação	6.780083	6.407612	6.819848	6.901809	6.854854	-0.004059	0.003327	0.004059		13.664136					
192	Bambú	37	11.777438	10	Primera	Treino	8.649630	8.741712	8.632078	8.645530	8.666790	0.006772	0.009263	0.006772		-13.679221					
193	Bambú	44	14.005602	12	Primera	Validação	10.734219	9.940243	10.786180	5.666627	10.745641	0.006009	0.007294	0.006009		-10.115167					
194	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Validação	8.068724	8.339104	8.075504	8.073090	8.090608	0.004577	0.004231	0.004577		-10.272180					
195	Bambú	38	12.095747	10	Primera	Treino	8.978320	8.934515	8.959555	8.973052	8.987357	0.005151	0.005359	0.005151		-10.404452					
196	Bambú	41.5	13.209829	10	Primera	Treino	10.109586	9.554998	10.157479	10.179135	10.108287	-0.000780	0.000123	0.000780		1.574786					
197	Bambú	37	11.777438	10	Primera	Validação	8.649630	8.741712	8.632078	8.645530	8.666790	0.006772	0.009263	0.006772		-13.679221					
198	Bambú	39.5	12.573211	11	Primera	Validação	9.482495	9.211364	9.484857	9.493713	9.481681	0.007501	0.011365	0.007501		-13.774032					
199	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Validação	8.068724	8.339104	8.075504	8.073090	8.090608	0.004577	0.004231	0.004577		-10.272180					
200	Bambú	35.5	11.299975	8	Primera	Treino	8.200997	8.441664	8.201177	8.204412	8.224218	-0.000996	0.000200	0.000996		2.514715					
201	Bambú	42	13.368984	12	Primera	Treino	10.250486	9.636067	10.306058	10.338114	10.251133	0.008386	0.014205	0.008386		-14.116186					
202	Bambú	40	12.732366	10	Primera	Treino	9.646848	9.300103	9.660704	9.669313	9.644453	0.001680	0.000570	0.001680		-3.392965					
										7.811881		0.054885		16.392645		0.910536					

Estadísticas del segundo entrenamiento

RNA	Tipo Dados	Saída	Bias	RQME	Variância	SQR	Correlação
RNA 1	Treino	HC	6.96565437	7.0806206	1.6287685	5865.81701	0.63013833
RNA 2	Treino	HC	6.96629744	7.07521601	1.54256578	5856.86574	0.61016766
RNA 3	Treino	HC	6.96599902	7.08193384	1.64268465	5867.99307	0.6291681
RNA 4	Treino	HC	6.968879	7.08547989	1.65287797	5873.87096	0.62952385
RNA 5	Treino	HC	6.9655026	7.08089187	1.63477571	5866.26648	0.62878968
RNA 1	Validação	HC	7.17887567	7.29259008	1.66520477	4520.45896	0.73172444
RNA 2	Validação	HC	7.15991994	7.27230882	1.64133181	4495.35042	0.70281895
RNA 3	Validação	HC	7.19326836	7.30416201	1.62681193	4534.81653	0.74229269
RNA 4	Validação	HC	7.12920229	7.24323532	1.65844374	4459.47892	0.61821305
RNA 5	Validação	HC	7.18845322	7.30084016	1.64779314	4530.6927	0.73694526

Correlación: 0.71551

RQEM: 16.3926

MDA: 0.91053

SESGO: 0.0548

183	Bambú	40.2	12.796028	12	Primera	Validação	10.094656	10.073424	10.147052	10.136908	10.158055	0.009173	0.016997	0.009173		-15.441232						
184	Bambú	38.8	12.350395	12	Primera	Treino	9.575063	9.587297	9.578480	9.573363	9.581121	0.011988	0.029029	0.011988		-20.179337						
185	Bambú	35.5	11.299975	8	Primera	Treino	8.345270	8.286341	8.322855	8.322650	8.298977	-0.001598	0.000516	0.001598		4.035685						
186	Bambú	34.5	10.981665	10	Primera	Treino	8.039961	7.960146	8.026369	8.027643	8.009364	0.009770	0.019283	0.009770		-19.736308						
187	Bambú	28.5	9.071811	7	Segunda	Treino	6.186124	6.318577	6.197242	6.200790	6.212824	0.003974	0.003190	0.003974		-11.467974						
188	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Treino	8.186894	8.112947	8.168728	8.169060	8.146942	0.004115	0.003421	0.004115		-9.236353						
189	Bambú	28	8.912656	7	Primera	Validação	6.909264	7.004186	6.903525	6.918412	6.954790	0.000478	0.000046	0.000478		-1.378219						
190	Bambú	38.5	12.254902	11	Primera	Treino	9.458788	9.473727	9.454282	9.450149	9.453992	0.007652	0.011828	0.007652		-14.051985						
191	Bambú	26	8.276038	6	Primera	Treino	6.642263	6.520335	6.658575	6.636186	6.609838	-0.003260	0.002147	0.003260		10.976255						
192	Bambú	37	11.777438	10	Primera	Treino	8.878251	8.875142	8.852057	8.850954	8.835449	0.005683	0.006524	0.005683		-11.479427						
193	Bambú	44	14.005602	12	Primera	Treino	11.121444	10.978087	11.294483	11.291563	11.296234	0.003493	0.002464	0.003493		-5.879308						
194	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Validação	8.186894	8.112947	8.168728	8.169060	8.146942	0.004115	0.003421	0.004115		-9.236353						
195	Bambú	38	12.095747	10	Primera	Validação	9.263803	9.278697	9.248702	9.245952	9.242994	0.003719	0.002794	0.003719		-7.512981						
196	Bambú	41.5	13.209829	10	Primera	Validação	10.518185	10.450554	10.622609	10.610108	10.633158	-0.003082	0.001919	0.003082		6.226091						
197	Bambú	37	11.777438	10	Primera	Treino	8.878251	8.875142	8.852057	8.850954	8.835449	0.005683	0.006524	0.005683		-11.479427						
198	Bambú	39.5	12.573211	11	Primera	Treino	9.840978	9.840076	9.866853	9.859183	9.874888	0.005610	0.006357	0.005610		-10.301337						
199	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Treino	8.186894	8.112947	8.168728	8.169060	8.146942	0.004115	0.003421	0.004115		-9.236353						
200	Bambú	35.5	11.299975	8	Primera	Validação	8.345270	8.286341	8.322855	8.322650	8.298977	-0.001598	0.000516	0.001598		4.035685						
201	Bambú	42	13.368984	12	Primera	Validação	10.661585	10.576005	10.784397	10.772271	10.793377	0.006018	0.007315	0.006018		-10.130028						
202	Bambú	40	12.732366	10	Primera	Treino	10.023727	10.008855	10.068260	10.058779	10.078671	-0.000338	0.000023	0.000338		0.682597						
							7.811881								-0.023262	16.275122	0.909378					

Estadísticas del tercer entrenamiento

RNA	Tipo Dados	Saída	Bias	RQME	Variância	SQR	Correlação
RNA 1	Treino	HC	7.06519559	7.2028261	1.98259703	5447.47391	0.65831538
RNA 2	Treino	HC	7.06013628	7.19645114	1.96207104	5437.83544	0.65620637
RNA 3	Treino	HC	7.06599368	7.20539524	2.00858328	5451.36066	0.65888366
RNA 4	Treino	HC	7.0656496	7.20483643	2.00536239	5450.51513	0.65873343
RNA 5	Treino	HC	7.06528566	7.20462893	2.00753593	5450.20119	0.65906818
RNA 1	Validação	HC	7.1794779	7.31495351	1.98409648	5190.32885	0.70234841
RNA 2	Validação	HC	7.19961919	7.32875659	1.8957	5209.9353	0.6959425
RNA 3	Validação	HC	7.19033409	7.32622973	1.99328717	5206.34328	0.70580619
RNA 4	Validação	HC	7.22235325	7.35335113	1.92927576	5244.96196	0.69840964
RNA 5	Validação	HC	7.21843415	7.34953221	1.92972618	5239.5155	0.70464079

Correlación: 0.7161
RQEM: 16.2751
MDA: 0.9093
SESGO: -0.0232

183	Bambú	40.2	12.796028	12	Primera	Validação	9.996168	10.601724	10.382335	10.465897	10.472011	0.006922	0.009679	0.006922		-11.652302					
184	Bambú	38.8	12.350395	12	Primera	Treino	9.535847	9.885176	9.803636	9.841156	9.847058	0.010469	0.022141	0.010469		-17.623537					
185	Bambú	35.5	11.299975	8	Primera	Validação	8.345127	8.058041	8.187555	8.102044	8.135675	-0.000287	0.000017	0.000287		0.725509					
186	Bambú	34.5	10.981665	10	Primera	Treino	7.989528	7.605097	7.718113	7.634171	7.660813	0.011856	0.028394	0.011856		-23.949031					
187	Bambú	28.5	9.071811	7	Segunda	Validação	6.488205	6.018268	5.966947	5.934963	6.121640	0.004860	0.004771	0.004860		-14.024746					
188	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Validação	8.165736	7.821691	7.947783	7.859128	7.891498	0.005833	0.006873	0.005833		-13.092326					
189	Bambú	28	8.912656	7	Primera	Treino	6.232444	6.770085	6.544052	6.862524	6.620946	0.001138	0.000262	0.001138		-3.284503					
190	Bambú	38.5	12.254902	11	Primer	Treino	9.431663	9.717696	9.666751	9.691702	9.699184	0.006348	0.008140	0.006348		-11.657308					
191	Bambú	26	8.276038	6	Primera	Validação	5.916706	7.067403	7.083261	6.926466	7.168179	-0.005284	0.005640	0.005284		17.790048					
192	Bambú	37	11.777438	10	Primera	Treino	8.892662	8.859275	8.937071	8.895847	8.917693	0.005647	0.006442	0.005647		-11.407250					
193	Bambú	44	14.005602	12	Primera	Treino	10.937176	11.716705	11.384239	11.473097	11.509298	0.001402	0.000397	0.001402		-2.360795					
194	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Validação	8.165736	7.821691	7.947783	7.859128	7.891498	0.005833	0.006873	0.005833		-13.092326					
195	Bambú	38	12.095747	10	Primera	Treino	9.254779	9.432834	9.430596	9.433453	9.444746	0.002808	0.001592	0.002808		-5.671656					
196	Bambú	41.5	13.209829	10	Primera	Validação	10.375046	11.126959	10.817538	10.920307	10.935337	-0.005579	0.006287	0.005579		11.269587					
197	Bambú	37	11.777438	10	Primera	Validação	8.892662	8.859275	8.937071	8.895847	8.917693	0.005647	0.006442	0.005647		-11.407250					
198	Bambú	39.5	12.573211	11	Primera	Validação	9.771899	10.259453	10.106291	10.169835	10.174317	0.003666	0.002715	0.003666		-6.732250					
199	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Treino	8.165736	7.821691	7.947783	7.859128	7.891498	0.005833	0.006873	0.005833		-13.092326					
200	Bambú	35.5	11.299975	8	Primera	Validação	8.345127	8.058041	8.187555	8.102044	8.135675	-0.000287	0.000017	0.000287		0.725509					
201	Bambú	42	13.368984	12	Primera	Treino	10.506373	11.287298	10.957910	11.062270	11.081791	0.003528	0.002515	0.003528		-5.939179					
202	Bambú	40	12.732366	10	Primera	Treino	9.933418	10.507747	10.306352	10.384873	10.390236	-0.002514	0.001276	0.002514		5.077472					
							7.811881						0.051607	16.986017	0.946978						

Estadísticas del cuarto entrenamiento

RNA	Tipo Datos	Saída	Bias	RQME	Variância	SQR	Correlação
RNA 1	Treino	HC	7.16232389	7.30731898	2.12330468	4485.3405	0.74445239
RNA 2	Treino	HC	7.18712945	7.34843102	2.37285704	4535.95283	0.77553966
RNA 3	Treino	HC	7.18392002	7.33949411	2.28668949	4524.9266	0.77151154
RNA 4	Treino	HC	7.1835197	7.33870303	2.2807588	4523.95122	0.77075528
RNA 5	Treino	HC	7.18677689	7.3445173	2.3197887	4531.12248	0.77215439
RNA 1	Validação	HC	6.72394994	6.95112946	3.13325103	5701.5477	0.55034286
RNA 2	Validação	HC	6.97010652	7.14049547	2.42484012	6016.42771	0.55948849
RNA 3	Validação	HC	6.79857464	7.05650159	3.60414119	5875.71734	0.49961272
RNA 4	Validação	HC	6.82000104	7.06098613	3.37370158	5883.18797	0.52602603
RNA 5	Validação	HC	6.91950605	7.10382063	2.60679511	5954.78358	0.53903708

Correlación: 0.6957
RQEM: 16.9860
MDA: 0.9469
SESGO: 0.0516

183	Bambú	40.2	12.796028	12	Primera	Validação	9.744334	9.644224	9.722658	9.759593	9.725539	0.011274	0.025675	0.011274		-18.977848			
184	Bambú	38.8	12.350395	12	Primera	Validação	9.343759	9.308782	9.349525	9.347518	9.341644	0.013121	0.034777	0.013121		-22.087293			
185	Bambú	35.5	11.299975	8	Primera	Validação	8.407353	8.454691	8.421144	8.396450	8.410211	-0.002085	0.000878	0.002085		5.264295			
186	Bambú	34.5	10.981665	10	Primera	Treino	8.137476	8.187204	8.142308	8.127387	8.139836	0.009196	0.017084	0.009196		-18.576924			
187	Bambú	28.5	9.071811	7	Segunda	Validação	6.194055	6.066760	6.148311	5.970756	6.203294	0.004216	0.003591	0.004216		-12.166981			
188	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Validação	8.271357	8.321090	8.280958	8.260486	8.273809	0.003560	0.002560	0.003560		-7.989353			
189	Bambú	28	8.912656	7	Primera	Treino	6.643940	6.534402	6.642082	6.659760	6.651280	0.001772	0.000634	0.001772		-5.113116			
190	Bambú	38.5	12.254902	11	Primer	Validação	9.257145	9.234297	9.266998	9.258791	9.257087	0.008579	0.014868	0.008579		-15.754562			
191	Bambú	26	8.276038	6	Primera	Treino	6.318314	6.488903	6.330370	6.286860	6.273467	-0.001635	0.000540	0.001635		5.506161			
192	Bambú	37	11.777438	10	Primera	Validação	8.826500	8.850918	8.846065	8.819569	8.830546	0.005713	0.006592	0.005713		-11.539352			
193	Bambú	44	14.005602	12	Primera	Validação	10.693062	10.427551	10.586162	10.764668	10.586942	0.006999	0.009896	0.006999		-11.781987			
194	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Treino	8.271357	8.321090	8.280958	8.260486	8.273809	0.003560	0.002560	0.003560		-7.989353			
195	Bambú	38	12.095747	10	Primera	Validação	9.112895	9.108393	9.127966	9.111289	9.115229	0.004317	0.003765	0.004317		-8.720343			
196	Bambú	41.5	13.209829	10	Primera	Validação	10.100689	9.934864	10.045928	10.129922	10.056211	-0.000227	0.000010	0.000227		0.459280			
197	Bambú	37	11.777438	10	Primera	Treino	8.826500	8.850918	8.846065	8.819569	8.830546	0.005713	0.006592	0.005713		-11.539352			
198	Bambú	39.5	12.573211	11	Primera	Validação	9.545230	9.479154	9.538840	9.554383	9.536280	0.007233	0.010569	0.007233		-13.283272			
199	Bambú	35	11.140820	9	Primera	Validação	8.271357	8.321090	8.280958	8.260486	8.273809	0.003560	0.002560	0.003560		-7.989353			
200	Bambú	35.5	11.299975	8	Primera	Validação	8.407353	8.454691	8.421144	8.396450	8.410211	-0.002085	0.000878	0.002085		5.264295			
201	Bambú	42	13.368984	12	Primera	Validação	10.230684	10.040645	10.163058	10.266541	10.174378	0.009094	0.016705	0.009094		-15.307854			
202	Bambú	40	12.732366	10	Primera	Validação	9.687805	9.597637	9.670764	9.701237	9.672130	0.001630	0.000537	0.001630		-3.292356			
							7.811881					0.045398	16.581151	0.928591					

Estadísticas del quinto entrenamiento

RNA	Tipo Datos	Saída	Bias	RQME	Variância	SQR	Correlação
RNA 1	Treino	HC	6.86449694	7.00015243	1.91381266	2842.12378	0.74409434
RNA 2	Treino	HC	6.86300135	6.99862857	1.912997	2840.88651	0.74375072
RNA 3	Treino	HC	6.86376741	6.99915661	1.90981808	2841.31521	0.74230182
RNA 4	Treino	HC	6.86473967	7.00136109	1.92764161	2843.10532	0.7476243
RNA 5	Treino	HC	6.86392319	6.99901247	1.90558904	2841.19818	0.74324731
RNA 1	Validação	HC	7.18658118	7.30892042	1.78576983	7692.52574	0.61906808
RNA 2	Validação	HC	7.20696935	7.31684832	1.60702208	7709.22279	0.62420393
RNA 3	Validação	HC	7.14984687	7.27160783	1.76824974	7614.18438	0.63900272
RNA 4	Validação	HC	7.18231645	7.31683648	1.96406588	7709.19784	0.60615168
RNA 5	Validação	HC	7.16610696	7.28966855	1.79866941	7652.05454	0.62266943

Correlación: 0.7038

RQME: 16.5811

MDA: 0.9285

SESGO: 0.04539

Anexo 9: Resultado obtenido por las diferentes técnicas de estimación de altura comercial del bambú

N° Tallo	Altura comercial observada (m)	TÉCNICA DE ESTIMACIÓN					
		MODELAMIENTO	REDES NEURONALES ARTIFICIALES				
			PROPORCIÓN DE APRENDISAJE (Entrenamiento - Generalización)				
			70 % - 30 %	60% - 40%	50% - 50%	40% - 60%	30% - 70%
Altura comercial estimada (m)	Altura comercial estimada (m)	Altura comercial estimada (m)	Altura comercial estimada (m)	Altura comercial estimada (m)	Altura comercial estimada (m)		
1	6	7.875033	7.688934	7.657231	7.666038	7.087721	7.739985
2	9	8.680926	10.157112	9.999209	10.448275	10.943251	9.924646
3	7	8.503840	9.493255	9.307823	9.661263	9.994764	9.404108
4	6	6.135129	6.615951	6.558663	6.353319	6.796010	6.660896
5	8	8.102970	8.202574	8.075504	8.168728	7.821691	8.280958
6	6	7.047935	6.799790	6.909401	6.780370	6.903068	6.477088
7	10	8.209635	8.499375	8.335919	8.488594	8.311845	8.562387
8	8	8.764393	10.459658	10.306058	10.784397	11.287298	10.163058
9	8	8.209635	8.499375	8.335919	8.488594	8.311845	8.562387
10	9	8.409812	9.152031	8.959555	9.248702	9.432834	9.127966
11	7	8.102970	8.202574	8.075504	8.168728	7.821691	8.280958
12	8	7.875033	7.688934	7.657231	7.666038	7.087721	7.739985
13	8	8.102970	8.202574	8.075504	8.168728	7.821691	8.280958
14	7	7.047935	6.799790	6.909401	6.780370	6.903068	6.477088
15	6	6.712094	6.490766	6.439705	6.391314	6.339733	6.382529
16	6	7.350909	6.997728	7.107514	7.029934	6.685825	6.825867
17	8	7.875033	7.688934	7.657231	7.666038	7.087721	7.739985
18	6	5.920166	6.079820	5.989769	6.008413	5.083833	6.557965
19	6	8.209635	8.499375	8.335919	8.488594	8.311845	8.562387
20	7	7.625382	7.289351	7.347169	7.308455	6.719471	7.249224
21	8	8.409812	9.152031	8.959555	9.248702	9.432834	9.127966

22	9	8.361329	8.983534	8.792411	9.047171	9.145061	8.987490
23	9	8.261273	8.656285	8.479673	8.665351	8.580132	8.704195
24	9	8.680926	10.157112	9.999209	10.448275	10.943251	9.924646
25	10	8.594140	9.831754	9.660704	10.068260	10.507747	9.670764
26	10	8.764393	10.459658	10.306058	10.784397	11.287298	10.163058
27	7	8.311826	8.817956	8.632078	8.852057	8.859275	8.846065
28	6	6.338210	6.593225	6.522904	6.407700	6.620875	6.559555
29	7	7.875033	7.688934	7.657231	7.666038	7.087721	7.739985
30	7	6.622412	6.522121	6.462024	6.407200	6.402185	6.423642
31	12	7.689992	7.378684	7.416709	7.387901	6.777897	7.366096
32	8	8.209635	8.499375	8.335919	8.488594	8.311845	8.562387
33	8	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647
34	10	8.047871	8.063713	7.958708	8.026369	7.605097	8.142308
35	12	8.680926	10.157112	9.999209	10.448275	10.943251	9.924646
36	8	8.209635	8.499375	8.335919	8.488594	8.311845	8.562387
37	7	7.875033	7.688934	7.657231	7.666038	7.087721	7.739985
38	12	8.594140	9.831754	9.660704	10.068260	10.507747	9.670764
39	7	7.875033	7.688934	7.657231	7.666038	7.087721	7.739985
40	6	4.632777	5.952451	6.033739	6.058933	6.844179	5.611546
41	11	8.457306	9.322340	9.131990	9.454282	9.717696	9.266998
42	12	8.503840	9.493255	9.307823	9.661263	9.994764	9.404108
43	8	8.102970	8.202574	8.075504	8.168728	7.821691	8.280958
44	9	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647
45	6	6.884426	6.013129	6.003981	6.002653	6.004800	5.696866
46	6	6.530266	6.012593	5.988876	5.961790	5.983932	5.984076
47	7	7.350909	6.997728	7.107514	7.029934	6.685825	6.825867
48	8	8.311826	8.817956	8.632078	8.852057	8.859275	8.846065
49	6	7.491464	6.083372	6.155712	6.118144	5.928435	6.073106
50	8	8.209635	8.499375	8.335919	8.488594	8.311845	8.562387

51	7	7.933943	7.806723	7.750118	7.775702	7.237268	7.871407
52	7	7.585876	7.239020	7.307567	7.263173	6.694628	7.181136
53	6	7.350909	6.997728	7.107514	7.029934	6.685825	6.825867
54	6	6.238099	6.607441	6.541250	6.386993	6.705292	6.609144
55	6	6.676511	6.503692	6.448757	6.398393	6.364133	6.398728
56	6	7.203240	6.256028	6.283033	6.226650	6.053675	6.176464
57	6	7.491464	6.083372	6.155712	6.118144	5.928435	6.073106
58	6	7.814769	7.578363	7.571125	7.565577	6.961464	7.611746
59	6	7.625382	5.999238	6.084947	6.075400	5.880270	6.029985
60	6	5.060329	5.983218	6.028722	5.977861	6.654661	5.680631
61	6	4.325373	5.883081	5.922523	6.007164	5.874706	6.030875
62	7	7.933943	7.806723	7.750118	7.775702	7.237268	7.871407
63	7	8.102970	8.202574	8.075504	8.168728	7.821691	8.280958
64	6	8.047871	8.063713	7.958708	8.026369	7.605097	8.142308
65	11	8.883770	10.854758	10.683852	11.187533	11.637606	10.487473
66	9	8.361329	8.983534	8.792411	9.047171	9.145061	8.987490
67	6	8.311826	8.817956	8.632078	8.852057	8.859275	8.846065
68	10	8.457306	9.322340	9.131990	9.454282	9.717696	9.266998
69	9	8.409812	9.152031	8.959555	9.248702	9.432834	9.127966
70	6	7.047935	6.191436	6.126110	6.224855	6.801532	7.445127
71	8	8.209635	8.499375	8.335919	8.488594	8.311845	8.562387
72	9	8.311826	8.817956	8.632078	8.852057	8.859275	8.846065
73	6	7.625382	7.289351	7.347169	7.308455	6.719471	7.249224
74	8	8.409812	9.152031	8.959555	9.248702	9.432834	9.127966
75	8	8.261273	8.656285	8.479673	8.665351	8.580132	8.704195
76	7	8.311826	8.817956	8.632078	8.852057	8.859275	8.846065
77	6	6.712094	6.678789	6.734476	6.537451	7.243836	6.200970
78	9	7.753104	7.474976	7.491161	7.473239	6.858337	7.487020
79	6	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647

80	6	7.875033	7.688934	7.657231	7.666038	7.087721	7.739985
81	7	7.753104	7.474976	7.491161	7.473239	6.858337	7.487020
82	6	6.884426	6.730740	6.819848	6.658575	7.067403	6.330370
83	8	8.311826	8.817956	8.632078	8.852057	8.859275	8.846065
84	5	8.409812	9.152031	8.959555	9.248702	9.432834	9.127966
85	7	7.491464	7.130834	7.220612	7.163108	6.664997	7.028440
86	7	6.712094	6.678789	6.734476	6.537451	7.243836	6.200970
87	7	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647
88	6	7.559224	7.206801	7.281977	7.233846	6.682189	7.136616
89	10	8.723062	10.311775	10.157479	10.622609	11.126959	10.045928
90	8	8.156880	8.347945	8.201177	8.322855	8.058041	8.421144
91	6	7.047935	6.799790	6.909401	6.780370	6.903068	6.477088
92	9	8.102970	8.202574	8.075504	8.168728	7.821691	8.280958
93	6	6.622412	6.012302	5.986106	5.972765	6.003194	6.016001
94	8	7.922267	7.782588	7.730967	7.752984	7.205498	7.844885
95	8	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647
96	11	8.594140	9.831754	9.660704	10.068260	10.507747	9.670764
97	6	7.422045	6.012488	6.020520	6.112992	7.199907	6.494468
98	7	5.692396	6.580852	6.619489	6.063124	7.227933	6.889199
99	6	7.612276	7.272304	7.333801	7.293178	6.710354	7.226356
100	6	6.258347	6.012851	5.998078	5.936703	6.007700	5.905304
101	12	8.594140	9.831754	9.660704	10.068260	10.507747	9.670764
102	12	8.764393	10.459658	10.306058	10.784397	11.287298	10.163058
103	7	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647
104	6	7.015908	6.011104	5.982070	6.032397	6.312630	6.196177
105	6	7.047935	6.340300	6.339717	6.287157	6.133996	6.237813
106	6	5.194430	5.997684	5.952612	5.961682	5.220360	6.272280
107	8	6.712094	6.678789	6.734476	6.537451	7.243836	6.200970
108	7	8.102970	8.202574	8.075504	8.168728	7.821691	8.280958

109	6	6.238099	6.607441	6.541250	6.386993	6.705292	6.609144
110	6	6.238099	6.012816	5.998777	5.935292	6.013351	5.900186
111	6	7.350909	6.169606	6.221726	6.169124	5.985729	6.121747
112	6	7.277995	6.940099	7.054971	6.966145	6.720878	6.731613
113	7	6.238099	6.607441	6.541250	6.386993	6.705292	6.609144
114	7	6.530266	6.550005	6.483315	6.416251	6.469646	6.466827
115	6	6.435565	6.012810	5.991983	5.951787	5.979892	5.954281
116	7	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647
117	8	7.753104	7.474976	7.491161	7.473239	6.858337	7.487020
118	8	7.933943	7.806723	7.750118	7.775702	7.237268	7.871407
119	7	7.350909	6.997728	7.107514	7.029934	6.685825	6.825867
120	6	5.920166	6.010790	6.009236	5.921994	6.149396	5.829318
121	6	6.917813	6.404310	6.381812	6.333865	6.208460	6.292031
122	6	6.917813	6.743114	6.837382	6.682872	7.032935	6.358291
123	6	7.047935	6.340300	6.339717	6.287157	6.133996	6.237813
124	9	8.178118	8.407819	8.253983	8.387780	8.157619	8.477541
125	7	7.625382	7.289351	7.347169	7.308455	6.719471	7.249224
126	12	7.157475	6.859443	6.975359	6.866351	6.805607	6.590625
127	7	6.884426	6.730740	6.819848	6.658575	7.067403	6.330370
128	9	8.124675	8.259963	8.124692	8.228966	7.913974	8.336874
129	9	8.576368	9.764775	9.590664	9.988373	10.410622	9.618358
130	10	8.723062	10.311775	10.157479	10.622609	11.126959	10.045928
131	9	8.594140	9.831754	9.660704	10.068260	10.507747	9.670764
132	6	8.390539	9.084350	8.891968	9.167464	9.317798	9.071921
133	8	8.409812	9.152031	8.959555	9.248702	9.432834	9.127966
134	8	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647
135	7	6.967243	6.762995	6.864019	6.719369	6.982490	6.401494
136	9	8.209635	8.499375	8.335919	8.488594	8.311845	8.562387
137	11	8.549443	9.663498	9.484857	9.866853	10.259453	9.538840

138	8	8.409812	9.152031	8.959555	9.248702	9.432834	9.127966
139	7	7.753104	7.474976	7.491161	7.473239	6.858337	7.487020
140	8	7.933943	7.806723	7.750118	7.775702	7.237268	7.871407
141	10	8.261273	8.656285	8.479673	8.665351	8.580132	8.704195
142	8	8.156880	8.347945	8.201177	8.322855	8.058041	8.421144
143	10	8.409812	9.152031	8.959555	9.248702	9.432834	9.127966
144	6	5.920166	6.010790	6.009236	5.921994	6.149396	5.829318
145	7	6.712094	6.490766	6.439705	6.391314	6.339733	6.382529
146	7	6.338210	6.593225	6.522904	6.407700	6.620875	6.559555
147	6	7.203240	6.888076	7.004631	6.903525	6.770085	6.642082
148	10	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647
149	10	8.311826	8.817956	8.632078	8.852057	8.859275	8.846065
150	6	4.197133	5.864381	5.918850	6.023578	5.990216	5.999699
151	6	6.799404	6.011666	5.982124	5.997123	6.091054	6.087099
152	6	7.559224	7.206801	7.281977	7.233846	6.682189	7.136616
153	8	7.689992	7.378684	7.416709	7.387901	6.777897	7.366096
154	6	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647
155	9	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647
156	9	7.689992	7.378684	7.416709	7.387901	6.777897	7.366096
157	6	8.390539	9.084350	8.891968	9.167464	9.317798	9.071921
158	8	7.753104	7.474976	7.491161	7.473239	6.858337	7.487020
159	7	7.203240	6.888076	7.004631	6.903525	6.770085	6.642082
160	8	7.625382	7.289351	7.347169	7.308455	6.719471	7.249224
161	7	6.435565	6.573890	6.503601	6.416937	6.542435	6.512122
162	6	7.422045	7.061223	7.162601	7.095384	6.666675	6.924827
163	6	7.126576	6.841395	6.956195	6.841692	6.831515	6.557257
164	7	7.047935	6.799790	6.909401	6.780370	6.903068	6.477088
165	8	7.277995	6.940099	7.054971	6.966145	6.720878	6.731613
166	9	7.422045	7.061223	7.162601	7.095384	6.666675	6.924827

167	4	7.753104	7.474976	7.491161	7.473239	6.858337	7.487020
168	8	7.753104	7.474976	7.491161	7.473239	6.858337	7.487020
169	10	7.875033	7.688934	7.657231	7.666038	7.087721	7.739985
170	6	7.126576	6.841395	6.956195	6.841692	6.831515	6.557257
171	6	6.799404	6.702760	6.776717	6.597937	7.155348	6.263580
172	6	6.658575	6.012175	5.985121	5.977398	6.015373	6.029416
173	10	7.625382	7.289351	7.347169	7.308455	6.719471	7.249224
174	11	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647
175	7	7.814769	7.578363	7.571125	7.565577	6.961464	7.611746
176	7	6.712094	6.490766	6.439705	6.391314	6.339733	6.382529
177	6	7.814769	7.578363	7.571125	7.565577	6.961464	7.611746
178	7	6.884426	6.730740	6.819848	6.658575	7.067403	6.330370
179	9	7.991542	7.931689	7.850415	7.895545	7.409925	8.005647
180	7	7.203240	6.888076	7.004631	6.903525	6.770085	6.642082
181	12	8.311826	8.817956	8.632078	8.852057	8.859275	8.846065
182	12	8.361329	8.983534	8.792411	9.047171	9.145061	8.987490
183	12	8.611772	9.898206	9.730163	10.147052	10.601724	9.722658
184	12	8.485340	9.424897	9.237217	9.578480	9.885176	9.349525
185	8	8.156880	8.347945	8.201177	8.322855	8.058041	8.421144
186	10	8.047871	8.063713	7.958708	8.026369	7.605097	8.142308
187	7	7.277995	6.212929	6.252963	6.197242	6.018268	6.148311
188	9	8.102970	8.202574	8.075504	8.168728	7.821691	8.280958
189	7	7.203240	6.888076	7.004631	6.903525	6.770085	6.642082
190	11	8.457306	9.322340	9.131990	9.454282	9.717696	9.266998
191	6	6.884426	6.730740	6.819848	6.658575	7.067403	6.330370
192	10	8.311826	8.817956	8.632078	8.852057	8.859275	8.846065
193	12	8.922093	10.968633	10.786180	11.294483	11.716705	10.586162
194	9	8.102970	8.202574	8.075504	8.168728	7.821691	8.280958
195	10	8.409812	9.152031	8.959555	9.248702	9.432834	9.127966

196	10	8.723062	10.311775	10.157479	10.622609	11.126959	10.045928
197	10	8.311826	8.817956	8.632078	8.852057	8.859275	8.846065
198	11	8.549443	9.663498	9.484857	9.866853	10.259453	9.538840
199	9	8.102970	8.202574	8.075504	8.168728	7.821691	8.280958
200	8	8.156880	8.347945	8.201177	8.322855	8.058041	8.421144
201	12	8.764393	10.459658	10.306058	10.784397	11.287298	10.163058
202	10	8.594140	9.831754	9.660704	10.068260	10.507747	9.670764