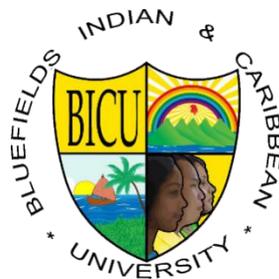


BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY BICU



FACULTAD INGENIERÍA AGROFORESTAL TRÓPICO HÚMEDO (FAGROFORTH)

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL

Determinación del Factor de Forma Volumétrico en los Árboles de Pino (*Pinus caribaea*) en los Bosques de Coníferas en la RACCN, Nicaragua, 2022

Autor: Ph.D. German López Calero

Colaboradores:
Br: Claudio Yunkiat Centeno
Br: AlnerJhovanny Cox Müller
Br: Sharika Sofía Mora Chavarría
Br: Jefté J. Molina Díaz
Br: Fredlan Centeno Jacinto

Recinto Bilwi, RACCN, Nicaragua
Noviembre, 2022

“La Educación es la Mejor Opción para el Desarrollo de los Pueblos”

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
I. INFORMACIÓN GENERAL.....	5
1.1. Recepción y resolución.....	5
1.2. Objetivo de desarrollo sostenible (ODS)	5
1.3. Datos generales del investigador principal.....	5
1.4. Identificación del Proyecto de Investigación.....	6
II. INTRODUCCIÓN.....	7
2.1. Antecedentes.....	7
2.2. Pregunta Central de Investigación.....	8
2.3. Objetivos	8
a. General.....	8
b. Específicos.....	8
2.4. Justificación	8
2.5. Limitaciones y riesgos.....	9
2.6. Supuestos Básicos o Hipótesis	9
2.6.1 Hipótesis Alternativa (Ha).....	9
2.6.2 Hipótesis nula (Ho).....	10
2.7. Contexto de la investigación	10
III. PERSPECTIVA TEÓRICA	11
3.1 Estado del Arte.....	11
3.1.1 <i>Los Bosques de Pinares de la RACCN</i>	11
3.1.2 <i>Características del Árbol de Pino (Pinus caribaea var. hondurensis) de la RACCN</i>	11
3.1.3 <i>VARIABLES DASOMÉTRICAS BÁSICAS</i>	12
3.1.4 <i>Dasometría</i>	13
3.1.5 <i>Diámetro</i>	13
3.1.6 <i>Área basal</i>	14
3.1.7 <i>Altura del árbol</i>	14
4.1.1 <i>Altura de pressler</i>	15
3.1.8 <i>Volumen</i>	15
3.1.9 <i>Arboles por hectárea (Abr/ha)</i>	16
3.2 Perspectiva Teórica Asumida.....	17
3.2.1 <i>Factor de forma</i>	17
3.2.2 <i>Modelos volumétricos para obtener factor de formas</i>	19
3.2.3 <i>Tipos de modelos volumétricos</i>	19
3.2.4 <i>Estadísticos para el mejor Ajuste de las ecuaciones</i>	22
IV. METODOLOGÍA.....	24
4.1. Área de localización del estudio	24
Falta coordenadas y mapa.....	¡Error! Marcador no definido.
4.2 Tipo de Estudio Según el Enfoque, Amplitud o Periodo	24
4.3 Población y Muestra	24
4.3.1 Población	24
4.3.2 Muestra.....	25
4.3.3 Tipo de muestra y muestreo	25
4.3.4 Técnica e instrumento de la investigación.....	26



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL



4.4	Diseño Experimental.....	27
4.4.1	Técnica de Recolección de Datos.....	27
4.4.2	Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad	28
4.5	Operacionalización de la variable.....	29
4.6	Análisis de Datos	29
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
VI.	CONCLUSIONES	37
VII.	RECOMENDACIONES	38
VIII.	REFERENCIAS	39
IX.	ANEXOS	40

RESUMEN

El presente trabajo investigativo se realizó en los bosques naturales de la RACCN de pino con el fin de identificar el factor forma volumétrico que rige en los arboles del bosque natural de pino. El estudio se aplicó en un bosque con nivel de desarrollo en desarrollo y maduro con el objetivo de ofrecer ecuaciones volumétricas aceptables para realizar el cálculo de volúmenes en los arboles individuales y determinar un factor de forma para la especie *Pinus caribaea var. hondurensis*

Las fases de la investigación comprendió: en la primera se enfocó en la revisión bibliográfica y también la recopilación de información teórica relacionada con los objetivos buscados, la segunda fase fue la etapa de campo donde se realizaron los levantamientos de datos de las variables bajo estudio en el área bajo estudio, y por último la tercera fase se trató del procesamiento de los datos extraídos del campo para poder cumplir los objetivos propuestos en la búsqueda de la identificación del factor de forma volumétrico.

De acuerdo a las metodologías implementadas para la búsqueda de datos de campo a través de muestras, el área de muestreo estaba comprendida con un total de 340 parcelas distribuidas en varios carriles de muestreos, con forma circular con un radio de 12.6m para un área de 500 m². El tipo de muestro aplicado fue el de tipo sistemático. Con los datos levantados de las unidades de muestreos se procedió con el procesamiento de las mismas para luego aplicar a los modelos volumétricos de Pressler, Spurr, Schumacher-Hall, Toate, Chapman-Richard y Weibull, determinando volúmenes reales de los árboles de pino del bosque de la RACCN.

Luego de determinar y aplicar los modelos volumétricos se procedió a realizar la determinación del modelo de mejor ajuste de acuerdo a las ecuaciones de estimadores de Coeficiente de determinación (r^2), Cuadrado medio del error (CME), Diferencias Agregadas (DA%) y Coeficientes de variación (CV), donde el modelo de Pressler fue de mejor ajuste.

El factor de forma volumétrico obtenido mediante el modelo de Pressler, como modelo de mejor ajuste tomando en cuenta los datos extraídos del campo este fue de 0.646.

Palabras claves: Factor de forma, modelos matemáticos, estimadores matemáticos, *Pinus caribaea*,

ABSTRACT

The present research work was carried out in the natural pine forests of the RACCN in order to identify the volumetric form factor that governs the trees of the natural pine forest. The study was applied in a developing and mature forest with the objective of providing acceptable volumetric equations to calculate the volume of individual trees and determine a form factor for the species *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

The phases of the research included: the first phase focused on the bibliographic review and also the collection of theoretical information related to the objectives sought, the second phase was the field stage where the data collection of the variables under study was carried out in the area under study, and finally the third phase was the processing of the data extracted from the field in order to meet the proposed objectives in the search for the identification of the volumetric form factor.

According to the methodologies implemented for the search of field data through samples, the sampling area was comprised of a total of 340 plots distributed in several sampling lanes, with a circular shape with a radius of 12.6m for an area of 500 m². The type of sampling applied was systematic.

With the data collected from the sampling units, the data were processed and then applied to the volumetric models of Pressler, Spurr, Schumacher-Hall, Toate, Chapman-Richard and Weibull, determining the real volumes of the pine trees in the RACCN forest.

After determining and applying the volumetric models, we proceeded to determine the best fit model according to the estimator equations of Coefficient of Determination (r^2), Mean Square Error (MS), Aggregate Differences (DA%) and Coefficients of Variation (CV), where Pressler's model was the best fit.

The volumetric shape factor obtained by Pressler's model, as the best fit model taking into account the data extracted from the field, was 0.646.

Key words: Shape factor, mathematical models, mathematical estimators, *Pinus caribaea*,

I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Recepción y resolución

Uso interno de la Dirección de Investigación y Postgrado

Fecha de recepción	Resolución	Fecha de resolución	Inicio del proyecto
--------------------	------------	---------------------	---------------------

1.2. Objetivo de desarrollo sostenible (ODS)

Objetivo de desarrollo Sostenible (ODS)	Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.
---	--

Meta del ODS	Asegurar la conservación de los ecosistemas montañosos, incluida su diversidad biológica, a fin de mejorar su capacidad de proporcionar beneficios esenciales para el desarrollo sostenible
--------------	---

Indicador	Índice de cobertura verde de las montañas
-----------	---

La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Organización de las Naciones Unidas

[Dar Click para Descarga](#)

1.3. Datos generales del investigador principal

Datos Generales del Investigador Principal

Nombres y Apellidos: German David Lopez Calero

Facultad/Departamento/Escuela: Facultad de Ingeniería Agroforestal del Trópico Húmedo

Número de Teléfono:

Número de Celular: 88520041

Correo electrónico institucional: german.lopez@bicu.edu.ni

ORCID (obligatorio): 0000-0001-8140-2682

Formación Académica: PhD. Ciencias Ambientales ; MSc. Pedagogía con mención en Docencia Universitaria; Ing. Forestal

1.4. Identificación del Proyecto de Investigación

Título del Proyecto de Investigación:

Determinación del Factor de Forma Volumétrico en los Arboles de Pino (*Pinus caribaea*) en los Bosques de Coníferas en la RACCN, Nicaragua, 2022

Fecha de Inicio:
Abril 2022

Fecha de Finalización:
Abril 2023

Duración (en meses):
12 meses

Área estratégica de Investigación	Ciencia y Tecnología Recursos Naturales y Medio Ambiente Adaptación al Cambio Climático Seguridad Social y Humana Ciencias Económicas y Administrativas Ciencias de la Educación Ciencias Jurídicas Ciencias de la Salud Tecnología de Información y Comunicación (TIC)	X
Áreas del Conocimiento adoptadas por el Consejo Nacional de Evaluación y Acreditación (CNEA)	Educación Humanidades y Arte Ciencias Sociales, Educación Comercial y Derecho Ciencias Ingeniería, Industria y Construcción Agricultura Salud y Servicios Sociales Servicios	X

Línea (s) de Investigación: *(Indique al menos una 1)*

El Bosque y Sus Servicios; Caracterización y análisis de la dinámica del bosque asociado a su Silvicultura y Manejo Forestal

II. INTRODUCCIÓN

2.1. Antecedentes

(Reyna Rodriguez , 1978), Realizo un análisis del incremento de madera en *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. Barr y Golf, en donde también realizó los cálculos de factores de forma. El estudio se aplicó en Pinos de 9-12 años de edad, obteniendo el valor del factor mórfico que varía de 0.43 a 0.51 y el valor de coeficiente de forma en un rango de 0.42 a 0.48.

Según (Gurgel Filho, Veiga, & Kronka, 1970), en informaciones sobre debates realizados para *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*, se informa que el factor mórfico de esta variedad de Pino se encuentra entre 0.44 y 0.59, en estudios realizados en Pinos de siete años de edad.

(Reyna Rodriguez , 1978), mediante información verbal del personal del servicio forestal de Belice, menciona que, se realizó un estudio sobre seis parcelas de *Pinus caribaea*, de 29 años de edad, en el cual se obtuvo el factor mórfico entre un rango de 0.38 a 0.43.

(Salazar R., 1976.). En plantaciones de *Pinus Caribaea* var. *Hondurensis* en Turrialba, Costa Rica, realizo un estudio del rendimiento de la especie mencionado, para ocho años de edad. Mediante el estudio realizado adquirió el resultado del factor mórfico con un valor de 0.53.

(Martin A., 1997.), en su investigación de modelos para la estimación del volumen en plantaciones de *Eucalyptus comaldulensis* Dehnh, descubrió el valor del factor de forma artificial para esta especie, el dato fue de 0.38.

(Salazar, 1985), en su investigación de productividad del *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* Barr. y Golf. Encontró un factor mórfico promedio calculado en base a 45 árboles para esta especie, el cual fue de 0.50, existía una variación de 0.44 y 0.61.

(Mora Sharika., 2015.), en su investigación de la determinación del factor de forma en el bosque de coníferas de la comunidad de Miguel Bikan, determino el valor del factor de forma mediante la aplicación del modelo de Pressler, el dato es de 0.53.

2.2. Pregunta Central de Investigación

¿El factor de forma utilizado en la actualidad posee cambios significativos en el cálculo de volumen de los pinos en el bosque de la RACCN?

2.3. Objetivos

a. General

Conocer el factor de forma volumétrico de la especie de Pino (*Pinus caribaea var. Hondurensis*) en el bosque de coníferas de la RACCN.

b. Específicos

Identificar modelos volumétricos para obtener los volúmenes reales para cada clase de desarrollo en el bosque.

Determinar los modelos de mejor ajustes a utilizar para la determinación del factor volumétrico del bosque de la RACCN.

Calcular los valores del factor de forma volumétrico a partir de los diámetros, alturas y volúmenes en el bosque de coníferas.

2.4. Justificación

En Nicaragua, principalmente en la región del Caribe norte se encuentran la especie de *Pinus caribaea var. Hondurensis*, esta especie se ha venido aprovechando desde tiempos pasados por empresa forestales y por la población comunitaria para la producción de madera, postes, carbón y resina, pero existen pocas investigaciones científicas que se han realizado sobre esta especie de pino.

También es poca la información disponible sobre la especie de Pino del Caribe de nuestra región, en algunos casos existe la necesidad de adaptar información de otras especies de Pino, y esto produce subestimación o sobreestimación de datos originando informaciones erróneas, como el caso de la utilización de los factores de forma de otras especies de pino para la estimación de los volúmenes en los inventarios forestales.

La investigación pretende encontrar algunos resultados que contribuirá al planteamiento de los verdaderos datos de los valores de factor mórfico y coeficiente de forma que se debe de utilizar para la estimación del volumen de los pinos de nuestra región.

Esta información es fundamental que conlleva para el beneficio de investigadores regionales, nacionales e internacionales, instituciones con competencia al ámbito forestal, estudiantes de la carrera de ingeniería agroforestal y público en general que tengan conocimiento e interés sobre los factores de forma del *Pinus caribaea var. hondurensis*.

2.5. Limitaciones y riesgos

Limitantes	Acciones para corrección	Medios
Acceso al área del levantamiento de los daros	Acompañamiento de un gua de campo	Comunitario con conocimiento del área
Aceptación comunal de la investigación	Vista a autoridades comunales	Reunión con el síndico y el juez de la comunidad.
Obtención de los recurso económico	Aplicar a los fondos de investigación de la universidad.	Realzar solicitud de financiamiento
Participación de comunitarios	Invitar a comunitarios en el levantamiento de los datos.	Con la participación se les reconocerá un pago.
Estado de las condiciones climáticas	El levantamiento de la información de campo realzarla en tempo de verano.	Observación del estado del tempo

2.6. Supuestos Básicos o Hipótesis

Para la presente investigación las hipótesis que se deriva son:

2.6.1 Hipótesis Alternativa (Ha)

El factor de forma volumétrico coinciden directamente con los utilizados en la normativa institucional de Nicaragua en referencia a la especie de Pino (*Pinus caribaea var. Hondurensis*) en el bosque de pino.

2.6.2 Hipótesis nula (H₀)

El factor de forma volumétrico no coinciden directamente con los utilizados en la normativa institucional de Nicaragua en referencia a la especie de Pino (*Pinus caribaea* var. *Hondurensis*) en el bosque de pino.

2.7. Contexto de la investigación

En la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua abunda la especie de Pino (*Pinus caribaea* Var. *Hondurensis*), en bosque de primaria con árboles aptos para su aprovechamientos realizan planes de manejo forestal en el cual calculan el volumen aproximado que se aprovechara, pero esta estimación es ejecutada con la aplicación del factor de forma de otras especies de pino y no con el de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*.

Con el incremento de la destrucción de los bosques de Pino por factores antropogénicas en nuestra región se enmarca en la dificultad de encontrar el factor de forma volumétrico que rige en esta especie, la continuidad de este efecto en los bosques primarios con lleva a la perdida de los datos necesarios para el cálculo específico de la estimación del volumen mediante el factor de forma de la especie de Pino (*Pinus caribaea* var. *Hondurensis*).

En Nicaragua no se cuenta con datos exactos del factor de forma de los bosques de conífera, lo cual es una complicación ya que utilizan valores de otros países como México y Honduras, el país tiene la necesidad de identificar su propio factor de forma en los boques de pinares.

El estudio de factor de forma no se ha tomado en cuenta durante la realización de inventarios en la zona, dentro de los bosques de nuestra región por lo cual se llevó a cabo dicho estudio, para que el factor de forma pueda utilizado posteriormente, para otras investigaciones de carácter forestal, ya que también es un dato sumergido en un inventario forestal, a través del cálculo volumétrico del bosque.

III. PERSPECTIVA TEÓRICA

3.1 Estado del Arte

3.1.1 Los Bosques de Pinares de la RACCN

Forma parte de una extensa faja distribuida en las regiones autónoma de la costa caribe desde el río Coco límite con Honduras, hasta el norte de Bluefields a unos 22 km cerca de Laguna de Perlas (INDER, 1991). El ecosistema se caracteriza por la presencia de la especie arbórea dominante del pino del Caribe de la variedad *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Bradford, 2002).

Según (Zuniga, 2012) los bosques de pinares se ubican sobre una llanura aproximadamente 488,611 ha, de las cuales 97% se sitúa en la RACCN el 3% en la RACCS, para un total de árboles en ambas regiones cerca de 390,139 ha pertenecen en bosque de pino abierto y 98,472 ha de bosque de pino cerrado.

Según (Zuniga, 2012), generalmente el bosque de pinares presenta estratos de gramíneas, palmas, arbustos y matorrales dispersos. Entre las gramíneas se destacan las del género: *Andropogon* y *Mesosetum*, *Melinis minutiflora* (Pasto Gordura), *Andropogon bicornis* (Cola de Zorra); las palmas están representadas principalmente por *Acoelorrhaphe wrightii* (papa), y los arbustos por especies como: *Byrsonima crassifolia* (nancite), *Curatella americana* (chaparro), *Haematoxylon* sp., (Palo Tinte), *Quercus* spp. (Roble encino) *Crescentia cujete*, (Jícara).

3.1.2 Características del Árbol de Pino (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) de la RACCN.

Según (Zuniga, 2012) en la RACCN el bosque de pino se ubica en la vertiente del Atlántico desde el nivel del mar hasta los 850 msnm en las tierras de interior (Zuniga, 2012), caracteriza el árbol del pino típico de la RACCN de la siguiente manera:

Porte: el árbol alcanza alturas de 15-30m y diámetros hasta 70cm, aunque en sitios óptimos puede alcanzar hasta 45m de altura y diámetros de hasta 90cm, presenta fuste recto y limpio con ramas primarias a los 12 metros o más, cuando adultos.

Copa: es piramidal, con ramas bajas horizontal o caedizas y ramas superiores ascendentes.

Corteza: en arboles adultos es gruesa de color pardo rojiza y forma placas ásperas con profundas fisuras verticales; en arboles jóvenes la corteza es más rojiza, áspera y escamosa.

Hojas: es de forma de aguja, en fascículos de tres (algunas veces 2,4 o 5), de 15-25cm de largo, rígidas, verde oscuro a verdeamarrillento.

Flores: los estróbilos masculinos son numerosos, sésiles, cortos y están agrupados cerca del final de las ramillas principalmente en la sección inferior de la copa de 20-32mm de largo, con brácteas de color pardo rojiza en la base. Los estróbilos femeninos se localizan mayormente en la parte superior de la copa, cerca del ápice de las ramillas alargadas.

Frutos: los conos son simétricos, péndulos de 4 -14 cm de largo, 2.5-4.8 cm de diámetro cuando están cerrados; aparecen solos o en grupos de 2-5, con pedúnculos de 1-2 cm de longitud, de color café cuando maduran.

Semilla: las semillas son angulosas, ovoides, puntiagudas de 6mm de largo y 3mm de ancho en promedio, de color gris moteado o café claro; tienen un ala membranosa de color café de 25 mm de largo.

Madera: es moderadamente liviano de coloración clara, con tonos desde amarillo a amarillo-naranja en la albura y de naranja oscura a café rojizo en el duramen, de textura media a áspera, de grano recto y lustre medio.

3.1.3 Variables Dasométricas Básicas

El objetivo de las mediciones de las variables es para estimar el volumen y el crecimiento de la masa forestal, realizar modelos de simulación del estado de la masa, determinar el tipo de tratamiento que se puede aplicar, entre otros, (Diéguez-Aranda, M. Barrio Anta, F. Castedo Dorado, & J. G. Álvarez González, 2005).

3.1.4 Dasometría

Es la ciencia dentro del campo forestal que se relaciona con la medida y estimación de las dimensiones de árboles y bosques, de su crecimiento y de sus productos. (Ugalde, 1981)

Dasometría (etimológicamente “medición del monte”): ciencia que se ocupa de la determinación de volúmenes y crecimientos de los árboles y de las masas forestales, así como del estudio de las relaciones métricas y leyes que rigen su desarrollo. (Ugalde, 1981)

Se clasifican en:

Dendrometría: el árbol individual es el objeto de estudio.

Esteriometría: la masa forestal es el objeto de estudio.

Epidometría: se trata del estudio del crecimiento de árboles o masas forestales.

3.1.5 Diámetro

Para (Ugalde, 1981), el diámetro son medidas básicas en cualquier árbol. Sirven de base para mediciones y estimaciones de área basal, volumen crecimiento, clasificación, etc. (Cancino, 2002), expresa que el diámetro está estrechamente relacionada con la altura total, el volumen del fuste, la biomasa del árbol y el tamaño de la copa, variables importantes y de difícil medición en árboles en pie.

La medida más típica del diámetro de un árbol es el diámetro a la altura del pecho, que representa actualmente de la manera da 1.30 m. Con esta medida se trata de conocer el diámetro que tiene el fuste del árbol a la altura de 1.30 m a partir del nivel del suelo.

Es la variable dasométricas más sencilla de medir, los instrumentos comúnmente usados para su medición es la forcípula y cinta diamétrica, otro instrumento útil es el relascopio de Bitherlich.

3.1.6 Área basal

Se entiende por área basal, el área de cualquier sección transversal del fuste del árbol. La que más se usa es el área calculada a base del Da. 1.30 o sea el área que tiene el fuste en la sección transversal a 1.30 m. del suelo. Suele representarse con la letra "G" (Ugalde, 1981).

El área basal es la suma de las secciones transversales a la altura del pecho, por unidad de área del terreno. Normalmente la sección para cada árbol se calcula a partir del Da 1.30, suponiendo una sección circular, y el área basal se expresa en m²/ha.

Para su cálculo se determina mediante la ecuación:

$$G = \frac{\pi}{4} * d^2$$

3.1.7 Altura del árbol

Es la distancia vertical entre el nivel del suelo y la punta más alta del árbol. (Armijos Guzman, 2013)

Después del diámetro, la altura es la variable más medida en los árboles. Es una variable que se utiliza para caracterizar un rodal, estimación del volumen, crecimiento o la índice de sitio. (Ugalde, 1981).

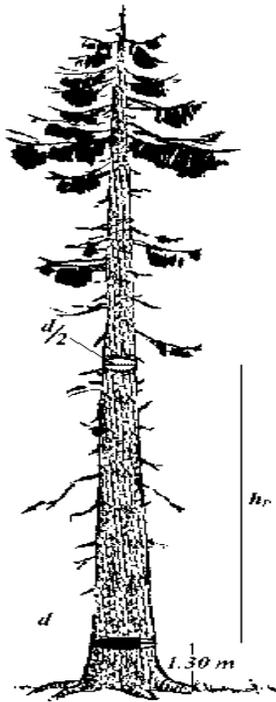
Para la medición de la altura de un árbol se utilizan varios aparatos forestales, entre más utilizados son los denominados hipsómetros y relascopios, que mediante una escala de medición y situándose a una distancia conocida del árbol lanzan una visual al ápice de la copa y la base del árbol, obteniéndose así la medida de la altura del árbol (Armijos Guzman, 2013).

En las alturas según la parte del árbol que se desea medir, se distinguen:

Altura total: la que va del suelo hasta el ápice de la copa.

Altura del fuste: medida entre el suelo y el punto donde comienza la copa del árbol (la base de la copa).

Altura comercial: Es la distancia vertical entre el nivel del tocón (0.25 - 0.30 cm) y la posición terminal de la última porción comercialmente utilizable del árbol. Está limitada por el diámetro en la parte superior, o por los defectos (nudos, huecos, etc.), depende de los requisitos comerciales de la región. (Ugalde, 1981).



4.1.1 Altura de pressler

La altura de Pressler es la altura medida que va desde el D a 1.30 hasta la sección superior del árbol que tenga un diámetro igual a 0.5 (la mitad del valor del D a 1.30) al D a 1.30 normal.

(De la vega, 2012) Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = hp + 1.95$$

Donde:

P = altura de Pressler.

Hp = altura del punto de referencia = Altura entre la sección del diámetro normal y aquella sección superior con diámetro igual a ½ del diámetro normal.

3.1.8 Volumen

El volumen es la medida de la cantidad de madera sólida más ampliamente utilizada.

La medición directa del volumen es difícil de realizar directamente en árboles en pie. Así, la cubicación normalmente se realiza mediante métodos indirectos. Esto consiste en estimar el volumen del árbol a partir de variables de más fácil medición como el Da1.30, la altura y la forma del fuste utilizando una función de volumen (Cancino, 2002).

Para determinar el volumen total se usa las siguientes ecuaciones:

Para el volumen total

$$Vt = \frac{\pi}{4} (d^2) * ht * Ff$$

Dónde:

$$\pi = 3.1416;$$

Vt = Volumen total en m³;

d = Diámetro 1.30 (m)

ht = Altura total

Ff = Factor de forma

Cálculo del volumen comercial

$$Vc = \frac{\pi}{4} (d^2) * hc$$

Dónde:

$$\pi = 3.1416;$$

Vc = Volumen comercial en m³;

d = Diámetro a la altura del pecho

hc = Altura comercial

3.1.9 Árboles por hectárea (Abr/ha)

Es una variable importante que se calcula para la propuesta de tratamientos, para su determinación se utiliza la siguiente ecuación.

$$N = \frac{\sum Arb.CD * 1ha}{Ap}$$

Donde:

Arb.CD = número de árboles de la clase diamétrica

1ha = 10,000m²

Ap = área de la parcela (ha)

3.2 Perspectiva Teórica Asumida

3.2.1 Factor de forma

Para el cálculo del factor de forma, se parte de la forma que tiene el fuste de los árboles.

Para definir la forma del fuste comercial normalmente se refiere al factor de forma, o sea, al cociente del volumen real y el volumen del cilindro de referencia (producto del área basal y la altura comercial). El factor individual de forma varía con las dimensiones del fuste, con la especie y también difiere de árbol a árbol. (Armijos Guzman, 2013).

Es un factor de reducción, porque el árbol no tiene la forma de un cilindro. Su volumen siempre es menor al de un cilindro. La obtención de dicho factor se efectúa tomando el volumen real y dividiéndolo entre el volumen de un cilindro con el diámetro medido a una altura de 1.30 metros en el árbol. (Armijos Guzman, 2013). Cada especie tiene su característico factor de forma que también varía durante el tiempo de crecimiento.

Para su cálculo se selecciona una muestra de árboles del conjunto de interés, a cada uno se le mide el Dap a 1.30, la altura y el volumen, y con esos datos se estima el (FF) promedio.

La forma del árbol sirve principalmente para el cálculo de su volumen geométrico. La forma se debe a la disminución del diámetro con el aumento de altura, y para valorarla se busca la relación del volumen del árbol con el volumen de algún sólido geométrico, o a la relación que existe entre dos diámetros del mismo fuste, (Ugalde, 1981). Por eso se distingue:

$$\text{El factor volumétrico de forma: } \frac{\text{volumen del árbol}}{\text{Volumen de sólido geométrico}} = f$$

Estos factores sirven de base para estimar el volumen de los fustes o de árboles y por ello deben conocerse para utilizar apropiadamente. (Ugalde, 1981). El factor volumétrico de forma. (f)

A este factor se le conoce con distintos nombres: coeficiente mórfico (CM), factor de forma (FF), factor mórfico. Etc.

El f , es una relación de volúmenes, requiere conocerse el volumen del fuste o de todo el árbol, por esto es posible encontrar un factor volumétrico de forma, diferente para cubicar las ramas, el fuste o todo el árbol, (Ugalde, 1981). Se sabe que:

$$\text{Volumen del árbol} = AB * L * f$$

Donde:

AB= área basal

L = longitud

f = factor volumétrico

De donde $f = \frac{\text{volumen del árbol}}{AB * L}$

Esto conduce a ciertos cálculos viciosos, ya que para determinar el *volumen del árbol* debe conocerse el *factor volumétrico* (f) y para conocer el *factor volumétrico* debe conocerse el *volumen del árbol*. Generalmente se elaboran las tablas de factor mórfoico para un rodal o para una especie, a base de muestras de árboles, (Ugalde, 1981).

El denominador $AB * L$, da el volumen de un cilindro (el área basal * longitud); según donde se toma el AB (área basal) y según la longitud (L) que se tome para la cubicación, el factor mórfoico recibe diferentes nombres, (Ugalde, 1981):

- ❖ f absoluto: con AB al nivel del suelo.

$$L = \text{altura total}$$

- ❖ f a la altura del pecho: con AB a 1.30 m del suelo.

$$L = \text{altura total.}$$

Este factor es el más conocido y utilizado.

- ❖ f normal: AB a una altura arbitraria (por ejemplo: un 5% o 10% de la altura del árbol.
- ❖ f comercial: AB a 1,30 m y L= altura comercial, es muy usado.
- ❖ f del tronco: se calcula con la formula $\frac{V}{V^1}$

En la que V^1 = volumen del cono truncado con AB en la base y AB¹ el AB de la última troza.

El factor de forma volumétrico utilizado en Nicaragua se deriva de estudios realizados en el país de Honduras con la especie de *Pinus caribaea* variedad hondurensis o de otras especies con la del *Pinus ocote*, del cual se plantea que el factor de forma es de 0.43.

3.2.2 Modelos volumétricos para obtener factor de formas

Los modelos volumétricos sirven para la construcción de tablas de volumen.

Una ecuación de volumen es una fórmula matemática que predice el volumen de un árbol a partir de ciertas características o variables que se pueden observar y tomar en ese árbol. (Armijos Guzman, 2013).

Las características observables del árbol que históricamente se han usado son el Da1.30, la altura y la forma; el Da1.30 y la altura pueden medirse, pero no la forma.

El más simple corresponde a una ecuación de volumen local, y es el siguiente:

$$\text{Volumen} = a + b * D^2$$

Dónde:

V = volumen

D = diámetro a 1.30

a y b son constantes del modelo.

Un ejemplo numérico es: $V (m^3) = - 0,037 + 9,12. D^2$; con D en metros.

3.2.3 Tipos de modelos volumétricos

Existen diferentes modelos volumétricos que permiten la construcción de tablas de volumen para la determinación del volumen de cierto bosque.

Cualquier fórmula matemática podría usarse para expresar una ecuación de volumen, aunque hay modelos que se han difundido y son aceptados a nivel internacional. (Armijos Guzman, 2013).

De la vega, 2012. Las ecuaciones volumétricas se clasifican en:

3.2.3.1 Modelos aritméticos sin considerar evaluaciones de la forma de los fustes

a. Del coeficiente mórfoico constante

$$V = b_0 * d^2 * h$$

b. De la variable combinada

$$V = b_0 + b_1 * d^2 * h$$

c. Australiana

$$V = b_0 + b_1 * d^2 + b_2 * h + b_3 * d^2 * h$$

d. Meyer

$$V = b_0 + b_1 d + b_2 * d * h + b_3 * d^2 * h$$

e. De Takata

$$V = d^2 * h / (b_0 + b_1 * d)$$

3.2.3.2 Modelos aritméticos considerando evaluaciones de la forma de los fustes.

a. Abreviada

$$V = b_0 + b_1 * f * d^2 * h$$

b. De la variable combinada

$$v = b_0 + b_1 * f + b_2 * d^2 * h + b_3 * f * d^2 * h$$

3.2.3.3 Modelos logarítmicos sin considerar evaluaciones de la forma de los fustes.

a. De SCHUMACHER-HALL

Version no lineal: $V = a * d^b * h^c$

Versión linearizada: $\log v = \log a + b * \log d + c * \log h$

b. De SPURR

Versión no lineal: $V = a * (d^2 * h)^b$

Versión linearizada: $\log v = a + b * \log (d^2 * h)$

c. De STOATE

Versión no lineal: $V = a + b * d^2 + c * d^2 * h + e * h$

Versión linearizada: $\log v = \log a + 2 * \log b * d + \log c + 2 * \log d * h + \log e * h$

d. De CHAPMAN-RICHARD

Versión no lineal: $V = a * (1 - E^{-b * t})^c$

Versión linearizada: $\log v = \log a + c * \log (1 + b * t)$

e. WEIBULL

Versión no lineal: $V = a * (1 - E^{-b * t^c})$

Versión linearizada: $\log v = \log a + 1 - \log b + c * \log t$

Donde:

V = volumen

d = diámetro del árbol

h = altura del árbol

t = edad del árbol

E = Euler

a, b, c y e = son constantes

3.2.3.4 Modelos logarítmicos considerando evaluaciones de la forma de los fustes

a. De forma a través del diámetro

Versión no lineal: $v = b_0 d^{b_1} h^{b_2} d_u^{b_3}$

Versión linearizada: $\log v = \log b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 \log d_u$

b. De la variable combinada

Versión no lineal: $v = b_0 (f d^2 h)^{b_1}$

Versión linearizada: $\log v = \log b_0 + b_1 \log (f d^2 h)$

3.2.3.5 Modelo de Pressler

La fórmula de cubicación de Pressler que se aplica a la cubicación de los árboles en pie es una formula muy útil para estimar el volumen del fuste del árbol, cuando no se puede cortar los fustes.

El gran interés de la fórmula de cubicación de Pressler está basado en la posibilidad de su aplicación sin necesidad de tumbar el árbol, mediante la utilización del relascopio de Bitherlich dando así lugar al método de cubicación de Pressler – Bitherlich.

La fórmula de Pressler para cubicación de árboles en pie es la siguiente:

$$V_p = 2/3 * S_n * h_p$$

Donde:

V_p = volumen por Pressler

S_n = sección transversal

h_p = altura de Pressler

Se transforma para su aplicación con el relascopio de Bitherlich en:

$$V_{pn} = \frac{2}{3} * \frac{\pi}{4} * d^2 * h_p$$

3.2.4 Estadísticos para el mejor Ajuste de las ecuaciones

Para conocer las ecuaciones que mejor se ajustaron a los datos obtenidos en campo se utilizaron:

a. Coeficiente de determinación (r^2): El coeficiente de determinación es la proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión. Es también denominado R cuadrado y sirve para reflejar la bondad del ajuste de un modelo a la variable que se pretende explicar.

Condición: si $r^2 = 1$ aceptable; si, $r^2 = 0$ no aceptable; si, r^2 mas se acerca a 1 es mejor

$$r^2 = \frac{\sum(V_t - V)^2}{\sum(V_t - \bar{V})^2}$$

Donde

r^2 = coeficiente de determinación

V_t = Volumen calculado

V = Volumen real

b. Cuadrado Medio del Error (CME): Como la raíz cuadrada de una varianza, se puede **interpretar** como la desviación estándar de la varianza inexplicada y tiene la

propiedad útil de estar en las mismas unidades que la variable de respuesta. Los valores más bajos de RMSE indican un mejor ajuste.

Condición: cuando mayor sea el CME, el modelo es peor, si CME = es menor el modelo es mejor.

$$CEM = \frac{\sum(V_r - V_c)^2}{n}$$

Donde

CEM= cuadrado medio del error

Vc = Volumen calculado

Vr = Volumen real

n= número de unidades de muestreo.

c. Diferencia Agregada (DA): Con los volúmenes obtenidos de la ecuación de mejor ajuste (volúmenes reales) se contrastaron para evaluar las desviaciones con los volúmenes de las ecuaciones derivadas de la sumatoria de los volúmenes reales y los volúmenes calculados o estimados cálculo mediante los modelos descritos evaluar las desviaciones.

Condición: entre más alta la diferencia agregada en peor el modelo, si la diferencia agregada es menor el modelo es mejor.

$$DA\% = \left(\frac{\sum V_c - V_r}{\sum V_c} \right) * 100$$

Donde

DA%= diferencia agregada en porcentaje

$\sum V_c$ = sumatoria de volúmenes calculados

$\sum V_r$ = sumatoria de volúmenes reales

d. Coeficiente de Variación (CV): es una medida estadística que expresa la dispersión relata de los datos y se obtiene a partir de la dispersión típica.

Condición: entre menor sea el CV es menor la variabilidad de los datos, mejor el modelo.

$$CV = \frac{S_x}{\bar{X}} * 100$$

$$S_x = \frac{\sum(V - \bar{V})}{n}$$

Donde:

CV= coeficiente de variación

S_x= dispersión típica

X= media de los datos

V= volumen calculado

\bar{V} = volumen medio

N= número de muestras

IV. METODOLOGÍA

4.1. Área de localización del estudio

El área de estudio se encuentra en los bosque de Pinares de la RACCN en las Comunidades indígena de Isnawas, Ulwas y Miguel Bikan localizado en los municipios de Prinzapolka y Waspam al norte de los municipios antes mencionados, a la RACCN, específicamente se trabajaron en un área de 600 ha, de las cuales se utilizaron 200 ha de bosque por comunidad.

Coordenadas UTM

Ulwas	X- 0181696 Y-1622770
Miguel Bikan	X-0813443 Y-1610394
Isnawas	X-0813283 Y-1524723

4.2 Tipo de Estudio Según el Enfoque, Amplitud o Periodo

Enfoque cualitativo:

El estudio de la investigación tiene un enfoque cualitativo, porque se realizara levantamiento de datos numéricos durante la etapa de campo y aplicación de modelos matemáticos para obtener los resultados de la investigación. Todos los datos obtenidos de acuerdo a los objetivos específicos son valores numéricos, todos relacionados con el factor de forma.

La información de los datos recopilados se realzo en un solo momento o sea transversal, ya que establecieron las parcelas de muestreos y en cada una de ellas se midieron los árboles en variables de diámetros, alturas, área basal etc.

4.3 Población y Muestra

4.3.1 Población

La población que se tomó en cuenta para la realizar esta investigación es de 200 ha por comunidad sumando 600 ha de bosque de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*, (200 ha en Isnawas, 200 ha en Ulwas y 200 ha en Miguel Bikan), en el cual se establecerán parcelas de muestreo o unidades de muestreo para la recolección de datos de árboles con los cuales se trabajara para el cálculo volumétrico.

El área en cada comunidad se definió en 200 ha de forma rectangular de la forma siguiente:

$$\text{Ancho} * \text{largo} / 10,000 \text{ m} = \text{área total}$$

$$\text{Es decir: } 1,000 \text{ m} * 2,000 \text{ m} / 10,000 \text{ m} = 200 \text{ ha}$$

4.3.2 Muestra

Para la determinación de la muestra se utilizó la fórmula de cálculo de muestras finitas: $n =$

$$\frac{Z^2 * P * Q * N}{(N-1) * E^2 + Z^2 * P * Q} \quad \text{dónde: } N = \text{total de la población; } Z = \text{nivel de confiabilidad del 95\%;}$$

$P =$ probabilidad que ocurra el evento estudiado; $Q =$ probabilidad que no ocurra el evento estudiado; $E =$ error de estimación máximo aceptado. (Bonilla, 1992.)

El resultado del cálculo de la muestra mediante la fórmula es de 40 ha en relación a las 600 ha, equivalente a 13.3 ha por comunidad para muestrear.

Las unidades de muestreos o parcelas se realizaron de forma circular en tamaño de 1,000 m² equivalente a 0.1 ha, con radio de 17.8 m. Si el tamaño de las parcelas es de 0.1 ha, para las 13.3 ha se necesitan 133 parcelas en cada área de las comunidades.

Se levantaron 133 parcelas por bosque de cada comunidad (200 ha), se realizaron 5 carriles en las líneas de 2,000 m, en cada carril se levantarán un total de 27 parcelas con distancias de 75 m.

No	Comunidad	Población	Unidades de muestreos	Tamaño de las UM	Forma UM	UM por carriles	Carriles
1	Isnawas	200 ha	133	0.1 ha	Circular	27	5
2	Ulwas	200 ha	133	0.1 ha	Circular	27	5
3	Miguel Bikan	200 ha	133	0.1 ha	Circular	27	5
Total		600 ha	339			81	15

4.3.3 Tipo de muestra y muestreo

El muestreo utilizado es el sistemático uno de los utilizados en el área forestal. Ubicando las UM sobre un carril y distribuyéndolas a distancias predeterminadas. Las unidades de muestreos son de forma circular y para definir el número de área de unidad de muestreo

(AUM) se definió mediante la ecuación: $AUM = N_p * A / 10,000$. (N_p =número de parcelas, A =área de la parcela)

$$AUM = 133 * 0.1 / 10,000 = 13.3 \text{ ha}$$

Al obtener el dato del área de unidad de muestreo se procede a determinar la intensidad de la muestra mediante la ecuación:

$$Im = AUM / A_{tp} * 100 \text{ (Im=Intensidad de Muestreo; AUM=Área de Unidad de Muestreo; } A_{tp}\text{=Área Total del plan).}$$

$$\text{Sustituyendo se obtiene: } Im = 13.3 \text{ ha} / 200 \text{ ha} * 100 = 6.7 \%$$

La investigación se trabajó con una intensidad de muestreo de 6.7 %, porque el bosque es bastante homogéneo, esto facilitó y aseguró con la información levantada la obtención de errores muestrales entre 15% y el 10%.

4.3.4 Técnica e instrumento de la investigación.

Para la recolección de la información de los datos de campo se utilizó un formato de campo, diseñado para la extracción de los elementos de las características buscadas en los individuos bajo estudio y del área de estudio, de acuerdo a las variables de interés para la investigación.

Para el levantamiento de los datos de campo se tomará en consideración criterios de investigadores en bosque de pinos, para el número de parcelas o muestras dentro de cada rodal, se definió de acuerdo al tamaño y la estructura del mismo, en marco a los objetivos de la investigación.

Equipos y Materiales Utilizados

Para la recolección de la información en el campo se utilizó:

- ❖ Formato de campo: para el registro de los datos levantados.
- ❖ Brújula: para la definición de las líneas del inventario mediante el azimut.
- ❖ GPS: para geo referenciar el área de estudio y las parcelas establecidas dentro de él.

- ❖ Forcípula: para la medición del diámetro de los árboles menores a 60cm.
- ❖ Cinta diamétrica: para medición del diámetro de los árboles que superaban los 60cm.
- ❖ Relascopio de Bitherlich: para la medición de altura total, altura de fuste, altura de Pressler, y para la medición de los diámetro a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, y $\frac{3}{4}$.
- ❖ Cinta métrica: para la medición de las distancias de los carriles y de las parcelas.

4.4 Diseño Experimental

4.4.1 Técnica de Recolección de Datos

Muestreo sistemático:

Ya que la distribución de las parcelas en el área de investigación es de manera sistemática, es decir, una vez seleccionado el área de 200 ha, las parcelas se establecerán a distancias definidas (75 m) de acuerdo a los cálculos realizados para el establecimiento de las parcelas.

Se tomarán en cuenta los individuos con diámetros mayores a 15 cm y ubicados dentro de la dimensión de los 1,000 m².

Para la recolección de la información de campo se utilizara formatos de campo.

Para el levantamiento de los datos de campo se tomara en cuenta criterios de investigadores en bosque de pinares, para el número de parcelas, el diseño y tamaño de las mismas.

Método empírico

Se aplicara durante la fase de campo, en el establecimiento y distribución de las parcelas en el área de estudio, realizando el levantamiento de las informaciones en los formatos de campo, utilizando el método de la medición como parte de un medio empírico.

Técnica de medición: se aplicara para el levantamiento de datos cuantitativos de las variables buscadas, utilizando los instrumentos para obtener datos numéricos como la cinta diamétrica, cinta métrica y relascopio de Bitherlich

4.4.2 Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad

En los criterios de y estándares de Calidad se tomará en cuenta los siguientes razonamientos investigativos:

Primero se realizó revisión del instrumento u hoja de campo por un grupo de ingenieros forestales con experiencia en inventarios forestales donde se realizaron algunas recomendaciones para recopilar los datos.

En la validación del instrumento en la práctica con los estudiantes se realizó un muestreo piloto en campo para verificar si todas las variables a medir estaban incluidas y si la información fue suficiente.

Después de realizar el proceso de recolección de datos, se procedió a la exportación de los datos en bruto para curarlos en cada uno de ellos y así mejorar la hoja de campo.

Se realizó un análisis de todos los componentes de la hoja de campo el cual consistió en determinar qué representan los elementos al buscar tendencias de las variables a medir. Se combinaron las variables por cada objetivo para identificar si se les daba saldo a los mismos.

La validación del instrumento de investigación u hoja de campo fue la revisión de la consistencia de cada una de las variables a medir que se cargan en los mismos elementos. Se verificó la correlación entre las variables que mide la confiabilidad de los elementos de la hoja de campo al garantizar que los datos recopilados sean consistentes.

El último de los pasos para validar del instrumento de la investigación u hoja de campo fue la revisión final con base en la información que obtenida del análisis de datos preliminares. Se realizaron cambios menores en la hoja de campo, y así estuvo lista para aplicarla después de las revisiones finales.

4.5 Operacionalización de la variable

Variables	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
Objetivo específico 1: Identificar modelos volumétricos para obtener los volúmenes reales para cada clase de desarrollo en el bosque.			
Modelos Volumétricos	Hojas de campo Numérica	Metros cúbicos	Transversal
Objetivo específico 2: Determinar los modelos de mejor ajustes a utilizar para la determinación del factor volumétrico del bosque de la RACCN			
Modelos matemáticos de mejor ajustes	Hojas de campo Numérica	Metros cúbicos	Transversal
Objetivo específico 3: Calcular los valores del factor de forma volumétrico a partir de los diámetros, alturas y volúmenes en el bosque de coníferas.			
Factores de forma Volumétricos	Hojas de campo Numérica	Numérico	Transversal

4.6 Análisis de Datos

Análisis y Síntesis

Análisis: se utilizara el método analítico ya que después de la recopilación de todos los datos, se estudiaran los resultados de los cálculos de una forma organizada para llegar a concluir con los objetivos establecidos en la investigación

Síntesis: después de realizar el análisis de los datos extraídos del campo se realizara una síntesis de todos los datos para procesar la información.

Procesamiento de Datos

Durante el procesamiento de datos se tomara en cuenta el método de tabulación el cual posee dos pasos: codificación de datos y vertido de datos.

- Codificación de datos: en este paso se realizara el procesamiento de los datos tomando en cuenta las variables establecidas en la búsqueda de los valores a definir y durante la redacción del marco teórico.



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL



- Vertido de datos: los datos recopilados se transferirán una hoja de cálculo de Excel para su posterior procesamiento.

Forma de Procesamiento de Datos

Para el procesamiento de los datos extraídos del campo se utilizará hojas de datos de Excel, ya que es una herramienta útil para el procesamiento de datos cuantitativos y la aplicación de ecuaciones matemáticas para encontrar los valores buscados según el objetivo de la investigación, así también la utilización de los modelos volumétricos establecidos con el fin de encontrar el valor del factor de forma.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Modelos Matemáticos para Obtener Valores Volumétricos

Una vez realizadas la respectiva revisión bibliográfica se determinó escoger un total de 6 modelos matemáticos volumétricos más utilizados en el ámbito forestal para realizar la comparación y conocer el modelo que mejor se ajustó a los datos recopilados.

Tabla No 1 Modelos matemáticos utilizados

No	Nombre	Modelos Matemáticos no Linearizados	Modelos Linearizados
1	PRESSLER	$V = \frac{2}{3} AB * h \text{ pressler}$	-
2	SPURR	$V = a (d^2 h)^b$	$\text{Log } V = a + b * \log (d^2 * h)$
3	SCHUMACHER-HALL	$V = a * d^b * h^c$	$\text{Log } V = \log a + b \log d + c \log h$
4	STOATE	$V = a + b d^2 + c d^2 h + e h$	$\text{Log } V = \log a + 2 \log b d + 2 \log d d h + \log e h$
5	CHAPMAN-RICHARD	$V = a (1 - E^{-bt})^c$	$\text{Log } v = \log a + c \log(1 + b t)$
6	WEIBULL	$V = b_0 (1 - E - b_1 t^{b^2})$	$\text{Log } V = \log a + 1 - \log b + c \log t$

Donde:

V = volumen

d = diámetro del árbol

h= altura del árbol

t = edad del árbol

E = Euler

a, b, c y e = son constantes

Una vez determinados los modelos matemáticos se encontraron en forma no linealizados, para poder realizar el procesamiento de los datos se tuvo que linealizar los modelos aplicando logarización en las ecuaciones.

5.2. Modelos de Mejor Ajustes a Utilizar para la Determinación del Factor de Forma Volumétrico del Bosque de la RACCN.

Los datos del inventario una vez que se corrieron en cada uno de los modelos se obtuvieron como resultado los siguientes para cada variable constante:

Tabla No 2 Valores de las contantes de cada ecuación o modelos encontrados

No	Nombre de los Modelos	Ecuaciones de los modelos	a	b	c	e
1	PRESSLER	$V = \frac{2}{3} AB * h \text{ pressler}$	-	-	-	-
2	SPURR	$\text{Log } V = a + b * \log (d^2 * h)$	1.213703	1.374693		
3	SCHUMACHER-HALL	$\text{Log } V = \log a + b \log d + c \log h$	1.871476	0.825427	-1.536199	
4	STOATE	$\text{Log } V = \log a + 2 \log b d + 2 \log d d h + \log e h$	0.656399	0.452818	0.423176	0.762075
5	CHAPMAN-RICHARD	$\text{Log } v = \log a + c \log(1 + b t)$	1.032751	33.156520	-0.419248	
6	WEIBULL	$\text{Log } V = \log a + 1 - \log b + c \log t$	0.553163	0.683868	-1.74400	

Una vez incorporados los datos levantados en campo en cada uno de los modelos matemáticos y realizados las linealización de los mismos, se procedió a determinar los términos constantes de cada ecuación, teniendo como resultado los valores expuestos en la tabla No 2.

Tabla No 3 Ecuación definitiva de cada modelo matemático con valores encontrados

No	Nombre de los Modelos	Ecuación	Ecuación con los valores de sus Contantes
1	PRESSLER	$V = \frac{2}{3} * Ab * h_{pressler}$	
2	SPURR	$V = a (d^2 h)^b$	$V = 1.213703 (d^2 * h)^{1.374693}$
3	SCHUMACHER-HALL	$V = a * d^b * h^c$	$V = 1.871476 * d^{0.82527} * h^{-1.536199}$
4	STOATE	$V = a + b d^2 + c d^2 h + e h$	$V = 0.656399 + 0.4528189 * d^2 + 0.423176 * d^2 * h + 0.762075 * h$
5	CHAPMAN-RICHARD	$V = a (1 - e^{-bt})^c$	$V = 1.032751 * (1 - e^{33.156520*t})^{-0.419248}$
6	WEIBULL	$V = a (1 - e - b t^c)$	$V = -0.553163 (1 - e - 0.683868 t^{-1.74400})$

Ya calculados y determinados las variables contantes (a, b, c, e) de cada ecuación o modelo estos se incorporaron en su lugar a cada modelos quedado de la siguientes forma según la tabla No 3.

Tabla No 3 Estimadores utilizados para cada modelo matemático

No	Estimadores	Ecuaciones de Calculo
1	Coefficiente de determinación (r^2),	$r^2 = \frac{\Sigma(V_t - V)^2}{\Sigma(V_t - \bar{V})^2}$
2	Cuadrado medio del error (CME)	$CEM = \frac{\Sigma(v_r - v_c)^2}{n}$
3	Diferencias Agregadas (DA%)	$DA = \frac{(\Sigma V_c - \Sigma V_r)}{\Sigma V_c} * 100$
4	Coefficientes de variación (CV)	$CV = \frac{S_x}{\bar{X}} * 100$ $S_x = \frac{\Sigma(V - \bar{V})^2}{n}$

Donde:

V_t = Volumen calculado
 V = Volumen real
 V_c = Volumen calculado
 V_r = Volumen real
 $\sum V_c$ = sumatoria de los volúmenes calculados
 $\sum V_r$ = sumatoria de los volúmenes reales
 V = Volumen calculado
 \bar{V} = Volumen medio

Obtenidos los valores de las constantes se debía de conocer cuáles de los modelos matemáticos eran los más aceptable, para ello se utilizaron estimadores matemáticos que conllevan a conocer cuales modelos son más acertados de acuerdos a los datos conocidos o levantados en campo.

Los estimadores utilizados fueron el coeficiente de determinación (r^2), el cual determina la variabilidad de los datos de los volumen reales y de los modelos.

Otro estimador fue el cuadro medio del erro (CME), representado la desviación estándar de la varianza

En el caso de la diferencia agregada (DA) se constata las desviaciones de las sumatoria de los volúmenes.

Por último el coeficiente de variación (CV), está referido a la dispersión de los datos a partir de la dispersión típica estadística.

Tabla No 4 Valores de los estimadores para cada modelo matemático

No	Nombre de los Modelos	Estimadores			
		Coeficiente de Determinación (r^2)	Cuadrado Medio del Error (CME)	Diferencias Agregadas (D%)	Coeficientes de variación (CV)
1	PRESSLER	0.805012823	0.187593413	4.036528716	1.235778094
2	SPURR	0.035903027	3.449347102	58.73032396	0.842245514
3	SCHUMACHER-HALL 1998	0.678549209	0.832432315	2.223877252	0.681823658

4	STOATE	0.78019165	1.319821587	0.709804038	5.19257853
5	CHAPMAN- RICHARD	0.44160271	2.773474104	40.31497036	4.295439306
6	WEIBULL	0.05604736	0.239969692	92.81225537	0.690862991

Una vez utilizados los estimadores para cada modelo los resultados obtenidos se reflejan en la tabla No 4. Donde el modelo de mejor ajuste de acuerdo a los valores obtenidos fue el de PRESSLER.

Condiciones de los estimadores

- Si, r^2 , entre más se acerca a 1 es más aceptable; si, r^2 se acerca a cero 0 es menos aceptable.
- Cuando el CME es menor el modelo es considerado más aceptable, si el CME su valor es menor el modelo es menos aceptable.
- Entre menor sea la DA el modelo es considerado mejor, la DA en su valor es mayor el modelo es menos aceptable.
- Entre menor sea el CV es mejor el modelo en la variabilidad de los datos, si el CV es mayor la variabilidad es mucho mayor entonces el modelo es menos aceptable.

5.3. Valores del Factor de Forma Volumétrico a partir de los Diámetros, Alturas y Volúmenes en el Bosque de Coníferas.

Tabla No 5 Valores de Factores de Formas por cada modelo matemático

No	Modelos Matemáticos	Factor de Forma Volumétrico
1	PRESSLER	0.646
2	SPURR	0.2047
3	SCHUMACHER-HALL 1998	0.4364
4	STOATE	0.5964
5	CHAPMAN-RICHARD	0.3858
6	WEIBULL	0.5586

Una vez realizado el análisis y obtenidos los valores de factor de forma se obtiene, que el factor de forma aceptado para estos datos en *Pinus caribaea* (Pino) de bosques naturales es de 0.646.

VI. CONCLUSIONES

El estudio llevado a cabo concluye de la siguiente manera:

- Para el estudio se tomó en cuenta una población de 600 ha en tres sitios diferentes del bosque natural de coníferas a través del inventario forestal.
- Se utilizaron los modelos matemáticos para la determinación del factor de forma volumétrico Pressler, Spurr, Schumacher-Hall, Toate, Chapman-Richard y Weibull.
- Para la determinación de los valores por medio de los modelo logarítmico se utilizó, Pressler ($V = \frac{2}{3} AB * h$ pressler), Spurr ($\log V = a + b * \log (d^2 * h)$), Schumacher-Hall ($\log V = \log a + b \log d + c \log h$), Stoate ($\log V = \log a + 2 \log b d + 2 \log c d h - \log eh$), Chapman-Richard ($\log v = \log a + c \log(1 + b t)$), Weibull ($\log V = \log a + 1 - \log b + c \log t$). Mediante estos modelos se determinó los términos constantes a, b, c y e.
- Un vez encontrados los valores de las constantes de cada ecuación estas quedaron establecidas de la siguiente manera:
 - Pressler $V = \frac{2}{3} AB * h$ pressler
 - Spurr $v = 1.213703 (d^2 * h)^{1.374693}$
 - Schumacher-Hall $v = 1.871476 * d^{0.82527} * h^{-1.536199}$
 - Stoate $v = 0.656399 + 0.4528189 * d^2 + 0.423176 * d^2 * h + 0.762075 * h$
 - Chapman-Richard $v = 1.032751 * (1 - e^{33.156520*t})^{-0.419248}$
 - Weibull $v = -0.553163 (1 - e - 0.683868 t^{-1.74400})$
- Para conocer el modelo de mejor ajuste de acuerdo los datos obtenidos se usaron estimadores como Coeficiente de determinación (r^2), Cuadrado medio del error (CME), Diferencias Agregadas (DA%) y Coeficientes de variación (CV).
- De acuerdo a los resultados el modelo de mejor ajuste fue el de Pressler.
- A través del despliegue de ecuaciones y procesamiento de datos se determinó que el factor de forma es de 0.646 que resultó de la aplicación del modelo de Pressler para los bosques de esa zona de la región.

VII. RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar otras investigaciones en otros lugares de la región para realizar comparaciones de resultados y determinar un factor de forma absoluto en los bosques de nuestra región.
- Se recomienda que para trabajar con volúmenes de árboles en pie se tome en cuenta la ecuación dada por el modelo de Pressler ya que resultó ser el de mayor exactitud para el cálculo de volumen de árboles individuales.
- Para futuras investigaciones de carácter forestal se recomienda tomar en cuenta el factor de forma volumétrico de 0.646 de los árboles en pie para un mejor manejo y aprovechamiento en los bosques de conífera.
- Durante soluciones de ejercicios se tomaba en cuenta el factor de forma de la Segovia el cual es de 0.47 y pertenece a la especie de pino *oocarpa*, desde un punto de vista objetivo es recomendable tomar en cuenta el factor de forma dado en la realización de este estudio que es de 0.790 ya que se realizó con la especie de mayor consistencia en nuestra región *pinus caribaea*.
- Que las instituciones forestales valoren los resultados de las investigaciones y tomen en cuenta al realizar trabajos de inventario forestal que puedan utilizar esta fórmula para calcular en esta especie de manera rápida y confiable así como las universidades que motiven a realizar más investigación sobre estas temáticas y que tengan más conocimiento en el área de manejo forestal.
- Promover más capacitaciones sobre la importancia que aportan la especie forestal de pino a los comunitarios y dueños de los bosques realicen actividades de prevención para evitar provocación de incendios que afectan al desarrollo del bosque.
- A las instituciones competentes en materia forestal, tomar como punto de partida estas investigaciones sobre el factor de forma para así al final definir y aprobar un dato para la estimación del volumen del *Pinus caribaea var. hondurensis*

VIII. REFERENCIAS

- Armijos Guzman, D. D. (2013). *Construcción de Tablas Volumétricas y Cálculo de Factor de Forma (FF.) para dos especies, Teca (Tectona Grandis) y Melina (Gmelina arborea) en tres plantaciones de la Empresa Reybanpac C.A. en la provincia de Los Ríos*. Riobamba, Ecuador.
- Bonilla, G. (1992.). *Estadística II, Métodos prácticos de inferencia estadística*, El Salvador, : Segunda edición, .
- Bradforth, D. (2002). *Ecología y medio ambiente en la Costa Caribe de Nicaragua. Descripción y manejo de ecosistemas tropicales*. Managua, Ncaragua.
- Cancino, J. (2002). *Dendrometría Básica*. Chile.
- Diéguez-Aranda, U., M. Barrio Anta, F. Castedo Dorado, & J. G. Álvarez González. (2005). *Relación altura-diámetro generalizada para masas de Pinus sylvestris L. procedentes de repoblación en el noroeste de España*. Santiago de Compostela, España.
- Gurgel Filho, O. A., Veiga, A. A., & Kronka, F. J. (1970). *Información sobre aclareos en Pinus elliottii var. elliottii y P. caribaea var. hondurensis*. Brazil, BRazil .
- INDERA. (1991). *Diagnostico de los Recursos Forestales (Vol. IV)*. Managua, Managua.
- Martin A. (1997.). *Modelos para la estimación del volumen de Eucalyptus camaldulensis. Dehnh, en plantaciones puras en el ingenio San Antoño, Chinandega.,* Chinandega, Nicaragua.
- Mora Sharika. (2015.). *Determinación del factor de forma en el bosque de coníferas de la comunidad de Miguel Bikan en el municipio de Waspam*. Waspam, RACCN,, Nicaragua.
- Reyna Rodriguez , N. (1978). *Análisis del incremento de madera y estudio de la mancha azul en Pinus caribaea var. hondurensis Barr. y Golf. en Turrialba, Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica, Costa Rica .
- Salazar R. (1976.). *Rendimiento del Pinus caribaea var. Hondurensis Barr. Y Golf, a los ocho años de edad en el cantón de Turrialba.,.* Turrialba,, Costa Rica.
- Salazar, R. (1985). *PRODUCTIVIDAD DEL Pinus caribaea var. hondurensis Barr. Y Golf*. Turrialba, Costa Rica .
- Ugalde, L. (1981). *Conceptos básicos de Dasometria*. Trrealba, Costa Rca, Costa Rica.
- Zuniga, H. (2012). *RESTAURACIÓN DEL BOSQUE DE PINARES (Pinus caribaea) EN LA SUBCUENCA DEL RÍO BRAKIRA, PUERTO CABEZAS, RAAN, NICARAGUA, 2011-2012*. Bilwi, RACCN, Nicaragua . Recuperado el Jueves de Mayo de 2022

IX. ANEXOS

9.1. Cronograma de actividades

Nº	Actividades	Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Inscripción de la Investigación	■											
2	Elaboración de Proyecto de la Investigación		■	■									
	Entrega del Proyecto de Investigación			■									
3	Revisión del Proyecto de Investigación por el comité			■	■								
6	Procesamiento de la información				■	■	■	■					
7	Primer Borrador del Informe Final								■	■	■		
8	Revisión del Informe Final									■			
9	Entrega del Informe Final.									■			
11	Integración de las observaciones									■	■		
12	Presentación de la Investigación										■	■	
	Presentación del artículo Técnico										■	■	

9.3. Diseño de la Unidad de Muestreo

