UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUTRIAL

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO:

"ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL BIOMÁSICO DEL ASERRÍN DE PIGÜE, (*Pollalesta discolor)* COMO MATERIA PRIMA ENERGÉTICA EN LA PROVINCIA DE PASTAZA."

AUTOR(A):

ANGÉLICA MARINA PÉREZ CUESTA

DIRECTORES:

DR. OSCAR MIGUEL RIVERA BORROTO, Ph.D.

Ing. JUAN ELIAS GONZALEZ MSc

PUYO-ECUADOR

2016

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

Yo, Angélica Marina Pérez Cuesta con numero de cedula 1600467110 declaro que el presente proyecto sobre el tema **"ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL BIOMÁSICO DEL ASERRÍN DE PIGÜE, (*Pollalesta discolor)* COMO MATERIA PRIMA ENERGÉTICA EN LA PROVINCIA DE PASTAZA."** previo a la obtención del Título de Ingeniera agroindustrial, es auténtica y original y que los derechos de Autores le Corresponde a la Universidad Estatal Amazónica "UEA".

Puyo, 6 de junio del 2016

Pérez Angélica

CI 1600467110

CERTIFICACION DE CULMINACION DEL PROYECTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

CERTIFICO:

Certifico que el presente proyecto investigación y desarrollo sobre el tema de **"ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL BIOMÁSICO DEL ASERRÍN DE PIGÜE, (*Pollalesta discolor)* COMO MATERIA PRIMA ENERGÉTICA EN LA PROVINCIA DE PASTAZA."**, previo a la obtención del título de ingeniero (a) Agroindustrial ha sido desarrollado por el Srta. Angelica Marina Perez Cuesta, bajo mi tutoría y dirección, cumplimiento con todos los requisitos y disponibilidades legales establecidos por la Universidad Estatal Amazónica **"**UEA", por lo que autorizo su presentación.

DR. OSCAR MIGUEL RIVERA BORROTO, Ph.D.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACION

Dr. Amaury Pérez

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Heberto Gutiérrez

MIEMBRA DEL TRIBUNAL

M.Sc. Juan Carlos Moyano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

UNIDAD DE LA TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN

Oficio No. 095-UTI-UEA-2016

Señores
Secretaría Académica U.E.A.
Presente.-

Por medio de presente CERTIFICO que:

El proyecto de titulación, investigación y desarrollo correspondiente **ANGÉLICA MARINA PÉREZ CUESTA**, con el Tema: **"ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL BIOMASICO DEL PIGUE COMO MATERIA PRIMA ENERGÉTICA EN LA PROVINCIA DE PASTAZA"**, de la Carrera de Ing. Agroindustrial, Director de proyecto. Dr. C. Oscar Rivera. PhD., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 02%. Informe generado con fecha 03 de junio de 2016 por parte del Director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Elías Jachero Robalino MsC.
UNIDAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN DE LA UEA
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

NOTA: Adjunto Informe generado el 03 de junio de 2016 por parte del Director.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
03 JUN. 2016
491
17H43

AGRADECIMIENTO

A Dios que siempre me inspira y me levanta los ánimos, gracias por permitirme cumplir uno más de mis sueños, la culminación de mi carrera.

Al Dr. Oscar Rivera, Mgs. Juan Elías Gonzales, Ing. Víctor González por el apoyo y orientaciones recibidas en la realización de mi proyecto.

A mis padres por su apoyo incondicional

A la UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA por aceptarme en su institución y ayudar a mi formación académica.

Angélica Marina Pérez Cuesta

DEDICATORIA

A mi padre celestial creador de todas las cosas, que me ha dado fortaleza y perseverancia, para no desmayar en los problemas y alcanzar mi meta por ello le dedico todos mis logros primeramente a Dios.

A mí amada hija por ser la fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más, que tuvo que soportar largas horas sin la compañía de su madre.

Angélica Marina Pérez Cuesta

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

En la presente investigación se establece una metodología para la estimación del potencial biomásico del Pigüe en la provincia de Pastaza. Se procedió a realizar un inventario de los aserraderos que trabajan con Pigüe a través de un listado facilitado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador. Con las direcciones de los aserraderos se visitó a cada uno de estos, en los cuales se midieron las variables dasométricas revisadas en la literatura. Usando estas variables se aplicaron técnicas de agrupamiento para conocer qué aserraderos operan similarmente según las los parámetros de trabajo. A partir de las variables se calcularon las variables derivadas o dendrométricas que, a su vez, se usaron para calcular la producción semanal de biomasa y la producción total de subproductos de la madera. Teniendo en cuenta estos datos, se calculó el potencial biomásico de Pigüe para cada aserradero y para toda la provincia de Pastaza. Con los resultados obtenidos se determinó que aserradero "San Francisco" tiene el mayor potencial de producción de biomasa en la provincia. También se determinó que en la provincia de Pastaza se genera un potencial biomásico total del 40.41 %, con alentadoras perspectivas futuras para la generación de bioenergía renovable con importantes usos esta región amazónica.

Palabras claves: Pigüe, aserrín, biomasa, aserraderos.

ABSTRACT AND KEYWORDS

In this work, we present a methodology to estimate the biomassic potential of Pigüe in the province Pastaza. Firstly, we did an inventory of sawmills that use Pigüe as raw material, using a list provided by the Ministry of Environment of Ecuador. At each sawmill, we measured the dasometric varibles proposed in the scientific literature. Using these variables, clustering techniques were applied to identify similar sawmills according to their operative work parameters. From directly measured variables, various dendrometric variables were calculated which, in turn, were used to calculate the weekly production of biomass and wood derivatives. Using these data, the biomassic potential of Pigüe was calculated for each sawmill and the whole province of Pastaza. Consequently, we identified sawmill "San Francisco" as having the highest potential of biomass production of the province. Also, we determined that the overall biomass potential of Pigüe in Pastaza is 40.41 %. These results are promising for the future generation of renewable bioenergy in the Amazon region.

Keywords: Pigüe, sawdust, biomass, sawmills.

TABLA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN 1

1.1. Problema Científico: 2

1.2. Hipótesis de investigación 2

1.3. Objetivos 2

1.3.1. Objetivo General **2**

1.3.2. Objetivos Específicos: **2**

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 2

2.1. Cálculo del Potencial Biomsico a Partir de los Parámetros de la Madera 3

2.1.1. Medición de Secciones……3-4

2.1.2. Medición de la Corteza. **5**

2.1.3. Cubicación de Árboles y de Productos Primarios. **6**

2.1.4. Estimación del volumen de madera aserrada de trocería. **8**

2.2 Herramientas Estadísticas 12

2.2.1. Análisis Exploratorio de Datos **12**

2.2.2. Diseños Experimentales **12**

2.2.3. Análisis de Regresión **13**

2.2.4. Métodos de Clasificación **14**

***2.2.5.* Análisis de Conglomerados (CA, de sus siglas en inglés, Cluster Analysis). 15**

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 17

3.1. Localización 17

3.2. Tipo De Investigación. 20

3.2.1 Carácter **20**

3.3. Métodos de Investigación 20

3.3.1. Alcance **20**

3.4. Diseño de la investigación 20

3.5. Tratamiento de los datos 20

3.6. Recursos Humanos y Materiales 21

3.6.1. Recursos Humanos. **21**

3.6.2. Recursos Materiales. **21**

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 22

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 33

5.1. Conclusiones 33

5.2. Recomendaciones 33

V. BIBLIOGRAFIA 34

Tabla 1. Variables dasométricas de la madera de Pigüe medidas directamente en los aserraderos de Pastaza. 24
Tabla 2. Menbresía del método de k medidas usando la distancia euclidea 27
Tabla 3. Calculo de variables dendrometrícas de las variables de la madera de Pigüe de la provincia de Pastaza. 29
Tabla 4. Variables de producción de biomasa total para el cálculo del potencial biomásico de Pigüe. 32

Figura 1 . Sección transversal circular con elementos para el cálculo de su superficie 3
Figura 2. Seccion trnsversal elicticacon elementos ara el calculo de su superficie**.** 4
Figura 3 Diferentes tipos de medidores de corteza 5
Figura 4. Medidor de corteza 5
Figura 5. Cilindro. 7
Figura 6 Pie tabla**.** 9
Figura 7. Anillo circular con grosor b, que representa las pérdidas por costeras y orillas al aserrarse una troza. 11
Figura 8. Mapa de cobertura vegetal del catón Pastaza 17
Figura 9. Mapa del Cantón Santa Clara de la provincia de Pastaza**.** 18
Figura 10. Mapa de cobertura vegetal del Cantón Mera de la provincia de Pastaza 19
Figura 11. Dendrograma 25
Figura 12. Distancia de aglomeración 26

I. INTRODUCCIÓN

La humanidad está presenciando la disminución de los combustibles fósiles y de alguna manera la alternativa es adoptar nuevas fuentes de energía, amigables con el ambiente y que estas sean renovables, aprovechando los recursos ilimitados (Mena, 2014)Por otra parte, la generación de energía a partir de la extracción de los recursos no renovables como el petróleo, carbón, entre otros, es considerada como una de las actividades que mayor daño causan al ambiente En este sentido, diversos organismos internacionales socio-ambientalistas (Greenpeace, 2015; Morges, 1961), proporcionan los medios para mejorar la calidad de vida sin poner en peligro la de futuras generaciones. Acordando con los gobiernos especialmente del tercer mundo mediante el financiamiento de actividades especiales la implementación de políticas que ayuden a conservar la naturaleza y, de alguna manera mitigar el efecto invernadero (Dupas & Diegues, 2008).

En el Ecuador, existen políticas públicas y programas de gobierno que son direccionados a la conservación de sus recursos naturales, en el Artículo 71 se establece que: "La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos" (Asamblea Constituyente, 2008)Otras acciones como el Programa Nacional de Biocomercio Sostenible (PNBSE) que sostiene la promoción del comercio y las inversiones que potencien el uso de la biodiversidad; el programa Socio-Bosque que consiste en incentivar económicamente a individuos y comunidades que se comprometan a conservar el bosque, y el Instituto para el Ecodesarrollo Regional Amazónico (ECORAE) promoviendo políticas públicas de equidad de género en la Amazonía. Todas ellas están planteadas dentro del cambio en la Matriz Productiva, y por consiguiente supone la Transformación de la Matriz Energética (Llambí, 2016). Cuya prioridad es el aprovechamiento de los recursos renovables, para la producción de energía limpia.

En cuanto a la provincia de Pastaza, las políticas energéticas se rigen por el Artículo 415 que establece que: "El Estado Central y los Gobiernos Autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano de uso del suelo…Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional de agua y de reducción, reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos" , para dichas

disposiciones según la ordenanza municipal trata sobre la Gestión Integral de Residuos Sólidos referente a residuos orgánicos secos reciclables urbanos (Municipal, 2016).

Actualmente la provincia de Pastaza no cuenta con programas para el aprovechamiento de los recursos sólidos procedentes de las actividades de la industria maderera, específicamente no existe ningún programa de inversión y desarrollo que estimule la investigación energética a partir de la biomasa como la del Pigüe y el posterior desarrollo de tecnologías alternativas y limpias a mediana y gran escala. La generación de energía con el uso de recursos renovables, es una tendencia mundial porque permite optimizar los recursos vegetales naturales y por ende minimizar el impacto medio ambiental generado por las actividades del hombre en el planeta (González, 2012) Al respecto se espera que la presente investigación represente un ímpetu para futuras investigaciones en temáticas energéticas, a partir del aserrín de Pigüe y potenciar la inversión en este sitio.

1.1. Problema Científico:

La necesidad existente de fuentes de energía alternativa y renovable viabiliza la estimación del potencial biomásico del Pigüe (*Pollalesta discolor),* al mismo tiempo que fomenta y estimula la creación de nuevas políticas locales con respecto a esta materia energética.

1.2. Hipótesis de investigación

El potencial biomásico del aserrín del Pigüe es estimado a través de factores operativos del procesamiento de su madera.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Se plantea estimar el potencial de biomásico del serrín de Pigüe, como fuente de energía alternativa para la agroindustria a través de modelos estadísticos usando variables operativas del trabajo en los aserraderos de la provincia de Pastaza.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Inventariar y monitorear los aserraderos de los cantones Mera, Santa Clara, Arajuno y Pastaza.
- Registrar el potencial biomásico del Pigüe así como las variables de que dependen.
- Obtener modelos estadísticos para describir el potencial biomásico.

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Cálculo del Potencial Biomásico a Partir de los Parámetros de la Madera

2.1.1. Medición de Secciones.

Cuando la sección transversal del tronco es circular, el área de la superficie puede calcularse mediante las expresiones que nos dan el área del circulo (ver **Fig. 1**).

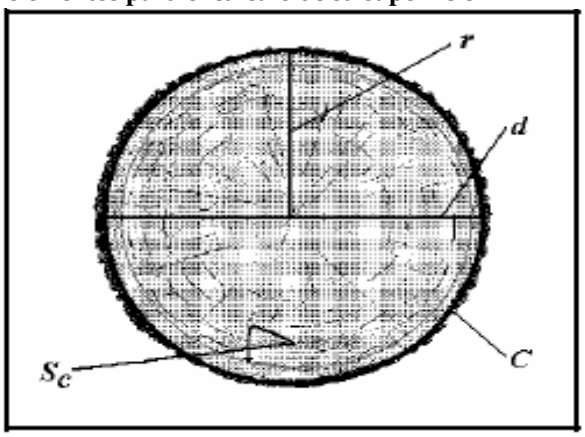
$$S_c = \pi * r^2 = 3.1416 * r^2 \quad (\mathbf{1})$$

Otra manera:

$$S_c = \frac{\pi * d^2}{4} = 0.7854 * d^2 \quad (\mathbf{2})$$

Donde, d es el diámetro y r es el radio de la circunferencia C, y Sc representa el área de dicho círculo.

Figura 1 .Sección transversal circular con elementos para el cálculo de su superficie



En medición forestal es común referirse al diámetro, por lo que se utiliza la última expresión de la fórmula anterior (Romahn C. & Ramírez H., 2010).

Cuando se tiene el valor de la circunferencia se puede hacer la transformación de circunferencia a diámetro, mediante la expresión:

$$C = \pi * d \qquad \therefore \qquad d = \frac{C}{\pi} \quad (\mathbf{3})$$

O bien calcular directamente el área a partir del valor de la circunferencia:

$$S_c = \frac{\pi * (C/\pi)^2}{4} \quad (4)$$

$$S_c = \frac{C^2}{\pi * 4} \quad (5)$$

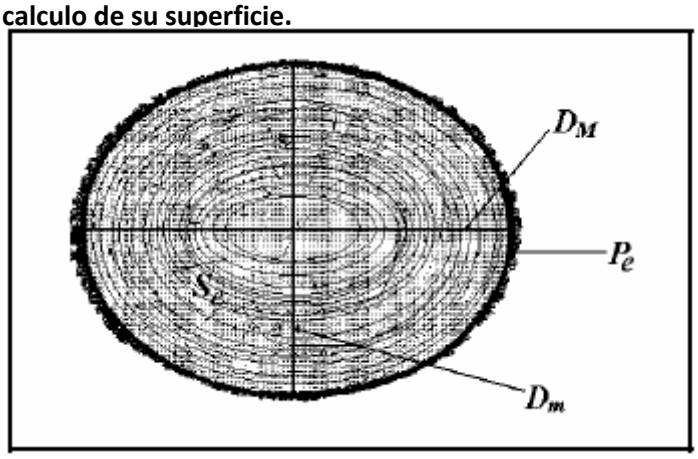
De la fórmula anterior se obtiene:

$$S_c = \frac{C^2}{12{,}564} \quad (6)$$

En caso de secciones transversales elípticas, para la determinación de su superficie se puede utilizar la media aritmética, la media cuadrática o la media geométrica de los diámetros perpendiculares entre sí, utilizándose alguna de éstas en la fórmula del área del círculo.
La utilización de la fórmula con la que se obtiene la superficie del círculo, cuando la sección transversal es elíptica o con tendencia a la elipse, hace incurrir en error según la media de los diámetros perpendiculares que se use, por lo cual es conveniente tener conocimiento de tal error cuando se requiere un grado de exactitud específico. El área de una sección elíptica (ver **Fig. 2**), es igual a:

$$S_c = \frac{\pi * D_M * D_m}{4} \qquad o \qquad S_c = \pi * r_M * r_m \quad (7)$$

Figura 2. Sección transversal elíptica con elementos ara el calculo de su superficie.



En nuestro estudio se pudo constatar que las trozas monitoreadas de los aserraderos que presentaron una sección circular por lo que se procedió a aplicar las **Ecs. 1-6.**

2.1.2. Medición de la Corteza.

Para conocer el diámetro o calcular el área de una sección que permita cubicar el volumen de madera sin la corteza es necesario, en primera instancia, conocer el grosor de ésta.

En trozas, en las secciones que tienen una cara expuesta la medición no presenta dificultad; sin embargo, en secciones cuya superficie no queda expuesta la medición es más problemática. Para estos casos se utilizan instrumentos a los que se ha dado el nombre de medidores de corteza existiendo diversos tipos y modelos de ellos (ver **Fig. 3**).

Un medidor de corteza consiste en una varilla metálica con la punta filosa y truncada que tiene una canaladura en el vástago. Sobre el vástago está inscrita una escala y sobre él se desliza un índice que permite hacer la lectura en la escala (ver **Fig. 4**).

La punta de la varilla es truncada en un lado para permitir que penetre en la corteza pero no en la madera y es así como se realiza la medición.

Figura 3 Diferentes tipos de

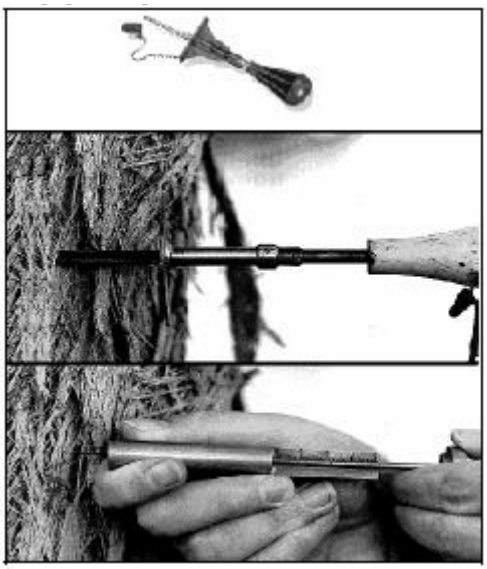
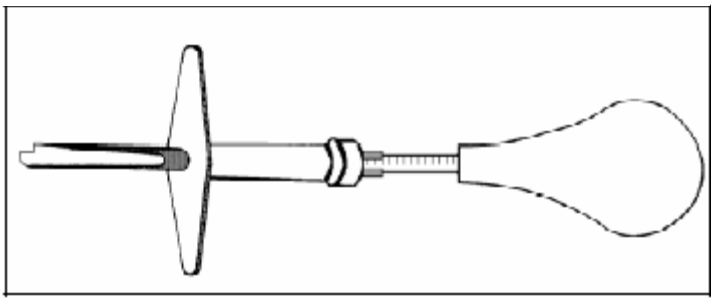


Figura 4. Medidor de corteza



Al hacer la medición de corteza debe tenerse en cuenta que la medida es radial, por lo que el diámetro sin corteza es igual al diámetro con corteza, menos dos veces el grosor de ésta:

$$d_{sc} = d_{cc} - 2b \quad (8)$$

Donde, *dcc* es el diámetro con corteza; *dsc* es el diámetro sin corteza; y *b* es el grosor de la corteza.

En árboles en pie, en terrenos con pendiente, la medición del grosor de la corteza (al igual que la del diámetro normal), debe hacerse por el lado de arriba de la pendiente, a 1.30 m y perpendicular al eje del árbol (Romahn C. & Ramírez H., 2010).

En la medición efectuada en los aserraderos se remplazó el medidor de corteza **(**ver **fig.3-4)** por una cinta métrica porque esos instrumentos tiene un elevado costo además las trozas de Pigüe presentan una capa expuesta de corteza por lo que se pudo medir sin ningún problema el espesor de la corteza.

2.1.3. Cubicación de Árboles y de Productos Primarios.

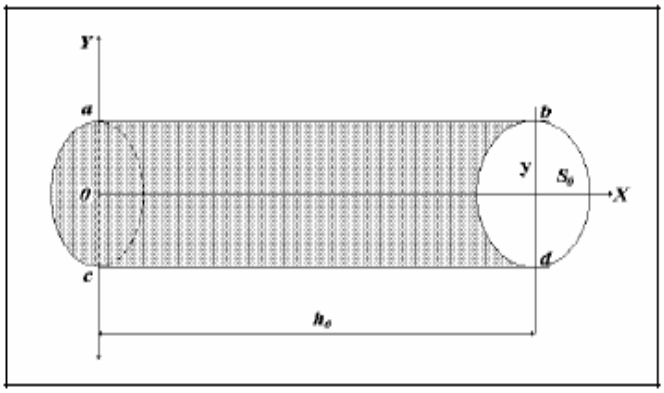
2.1.3.1 Cilindro.

Cuando *n = 0*, la ecuación de la línea generatriz nos da $y^2 = Ax^n = A$. Esta ecuación corresponde a un sistema de dos rectas paralelas (*ab* y *cd*), equidistantes del eje *X*, que al girar sobre él generan un cilindro de revolución, cuyo volumen podemos obtenerlo aplicando la fórmula general, siendo *x = h* la distancia entre el eje *Y***,** y un plano que corta al cuerpo a dicha distancia (ver **Fig. 5**) (Romahn C. & Ramírez H., 2010).

$$v = \frac{S_0 h_0}{n+1} = \frac{S_0 h_0}{0+1} = S_0 h_0 \quad (9)$$

$$v = S_0 h_0 = \pi r^2 h_0 = \frac{\pi}{4} D^2 h_0 \quad (10)$$

Figura 5. Cilindro.



2.1.3.2. Cubicación de Corteza.

La corteza, que en la mayoría de los casos constituye un desperdicio sin valor alguno, en ocasiones es un producto secundario importante y a veces el producto principal de la explotación como ocurre con el palo blanco (*Lysiloma cándida*) de las leguminosas, en Baja California Sur, o el mauto (*Lysiloma mauto*) en Sinaloa, de las que se obtienen sustancias curtientes (taninos). El grueso o espesor de la corteza varía, en igualdad de condiciones, con la edad del árbol; a mayor edad, mayor grosor de corteza. Dentro de un mismo sujeto, el espesor de la corteza presenta su máximo en la parte inferior del tronco y su mínimo en la parte superior. Esta disminución del espesor de la corteza no es uniforme sino que con frecuencia presenta irregularidades.

Dentro de una misma especie, y aun teniendo los árboles la misma edad, la cantidad absoluta y relativa de corteza es mayor en los sujetos que vegetan en estación más pobre. Esta influencia es tan grande que borra u oculta la influencia de la edad y así se observa que los árboles jóvenes que crecen en estaciones pobres tienen mayor cantidad absoluta y relativa de corteza que sujetos menos jóvenes desarrollados en estaciones buenas. La cantidad relativa de corteza disminuye a medida que aumenta el diámetro y dentro de una misma clase diamétrica, dicha cantidad es mayor en los árboles de menor altura, lo que está de acuerdo con lo dicho anteriormente, ya que la altura es un indicador de la calidad de estación (Romahn C. & Ramírez H., 2010).

En los aserraderos visitados se apreció según mediciones de las trozas que el grosor de la corteza aumenta según el grosor de la troza a mas diámetro más gruesa la corteza.

Cuando es importante conocer el volumen de la corteza se recurre a cualquiera de los siguientes métodos:

2.1.3.3. Por Diferencia de Volúmenes.

$$v_c = v_{cc} - v_{sc} \quad \textbf{(11)}$$

Donde, *vcc* es el volumen con corteza; ***vsc*** es el volumen sin corteza; *vc* = Volumen de la corteza.

Y para calcular el volumen sin corteza, partiendo de la ecuación anterior se tiene que:

$$v_{sc} = v_{cc} - v_c \quad \textbf{(12)}$$

O también partiendo de la ecuación del volumen del cilindro y la ecuación de los diámetros sin cortezas, se tiene que:

$$v = \frac{\pi}{4} D^2 h_0 \quad \textbf{(13)}$$

$$v = \frac{\pi}{4} (d_{cc} - 2b)^2 h_0 = v_{sc} \quad \textbf{(14)}$$

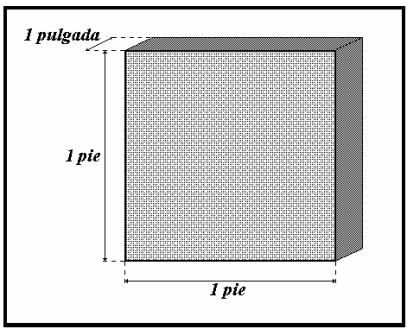
2.1.4. Estimación del volumen de madera aserrada de trocería.

2.1.4.1 El Pie Tabla.

El pie tabla (***pt***) es una unidad de medida del sistema inglés comúnmente usada en los aserraderos y en las operaciones comerciales de madera. Teóricamente es un paralelepípedo de un pie de largo por un pie de ancho y una pulgada de grueso (**Fig. 6**). Su volumen es igual a 144 pulgadas cúbicas igual a 0.0023597 m^3 o sea 2 decímetros cúbicos 359 centímetros cúbicos = 0.00236 m^3. Un metro cúbico equivale a 423.776 *pt*.

Las tablas y tablones que se obtienen en los aserraderos, los durmientes de ferrocarril, las vigas, los cuadrados para minas y en general las piezas labradas con sierra o hacha se miden en pies tabla. (Romahn C. & Ramírez H., 2010).

Figura 6 Pie tabla.



$$v = a * L * e \quad (15)$$

Donde, a es el ancho; L es la longitud o altura; y e es el espesor.

En los aserraderos de la provincia de Pastaza las medidas de tablas se las realiza en centímetros ya que realizan pallets y cajones. Sin embargo para obtener los cálculos de pérdidas por aserrín fueron transformados a m^3.

2.1.4.2. Reglas Madereras de Estimación.

En la mayoría de los aprovechamientos forestales de madera los árboles y trozas se compran o se venden según la cantidad de madera aserrada que pueden producir una vez cortados y aserrados, tomando como unidad el millar de pies tabla (mpt).

Tratándose de trozas se tiene la ventaja de que pueden tomarse algunas medidas adicionales, tales como diámetros, longitudes o disminución gradual del espesor de la troza, curvaturas y otros defectos, por lo cual la cubicación puede hacerse hasta con una aproximación de 5%, manteniendo esta operación su carácter de estimación, ya que no se puede determinar de antemano lo que la sierra descubrirá (pudriciones, etc.) al ser aserradas las trozas, lo que puede influir en el volumen de madera aserrada que se producirá. Los volúmenes de madera aserrada que se pueden obtener de las trozas se determinan con el auxilio de una tabla que contiene estos volúmenes para trozas de diferentes diámetros y longitudes, conocida como tabla maderera de estimación, cuyos datos se pueden grabar en reglas de madera para diferentes longitudes de trozas en pies y diámetros en pulgadas. Para entrar a las tablas o utilizar la regla se considera el diámetro sin corteza de la sección transversal menor de la troza en pulgadas completas y las longitudes en pies también completos. El volumen estará expresado en pies tabla.

Las reglas madereras de estimación se han construido fundamentalmente por tres métodos.

- Por diagramas trazados a escala.

- Por fórmulas matemáticas.
- Por métodos empíricos.

Los volúmenes determinados para las reglas construidas por los dos primeros métodos pueden modificarse por un factor de corrección calculado por el tercer método. De hecho, todas las reglas construidas por medio de fórmulas matemáticas tienen un factor de corrección para lograr resultados más aproximados. Estos factores se calculan siguiendo un lote de trozas, desde que entra al aserradero hasta que salen las tablas obtenidas de dicho lote (Romahn C. & Ramírez H., 2010)

En nuestra investigación se aplicó el método de fórmulas matemáticas.

2.1.4.3. Método de fórmulas matemáticas.

Las reglas de estimación maderera también se han construido partiendo de una fórmula matemática que permite estimar la cantidad de madera aserrada que puede obtenerse de las trozas en función de su diámetro y de su longitud. Las reglas empleadas en la medición de trozas consideran a éstas como si fueran cilíndricas. El volumen de una troza de cualquier longitud expresado en pies tabla se puede obtener multiplicando el volumen de un cilindro de un pie de longitud, expresado en pies tabla, por la longitud de la troza.

Si no hubiera pérdidas al aserrar las trozas, el volumen de una troza de un pie de longitud expresado en pies tabla considerando 12 pies tabla por pie cúbico se obtendría por la fórmula:

$$V_{pt} = \frac{0.7854 D^2{}_{sc}}{12} pt \qquad (\mathbf{16})$$

Las pérdidas que se presentan al aserrar las trozas las podemos agrupar en dos tipos o partes. La primera incluye el aserrín y la contracción que experimenta la madera al perder agua y la segunda abarca las pérdidas por costeras, orillas y recortes. Las pérdidas por aserrín y contracción se pueden expresar en por ciento del volumen del cilindro y las pérdidas por costeras, recortes y orillas están relacionadas con la circunferencia o el diámetro de la sección de la troza. Las pérdidas por aserrín y contracción dependen del grueso de la sierra y del grueso que se dé a las tablas. El porcentaje correspondiente a estas pérdidas se puede calcular por la fórmula:

$$P_{\%} = \frac{\boldsymbol{a+c}}{\boldsymbol{g+a+c}} * 100 \qquad (\mathbf{17})$$

Donde, a es el grosor del corte de la sierra; $\boldsymbol{c}$ es la pérdida por contracción de la madera;

g es el grueso de las tablas que se elaboran; ***P%*** es el porcentaje de pérdidas del volumen total.

La fórmula que nos da el volumen en pies tabla de una troza de un pie de longitud sin descontar pérdidas se puede expresar así:

$$\boldsymbol{v_{pt}} = \frac{\mathbf{0.7854}D_{sc}{}^{2}}{\mathbf{12}} = 0.06545D_{sc}{}^{2} \qquad (\mathbf{17})$$

Si de dicho volumen se descuenta perdidas por aserrín y contracción expresado decimalmente el volumen queda reducido a la siguiente ecuación.

$$v_{pt} = (1 - P_d)^{*}0.06545^{*}\ D_{sc}{}^{2};P \qquad (\mathbf{18})$$

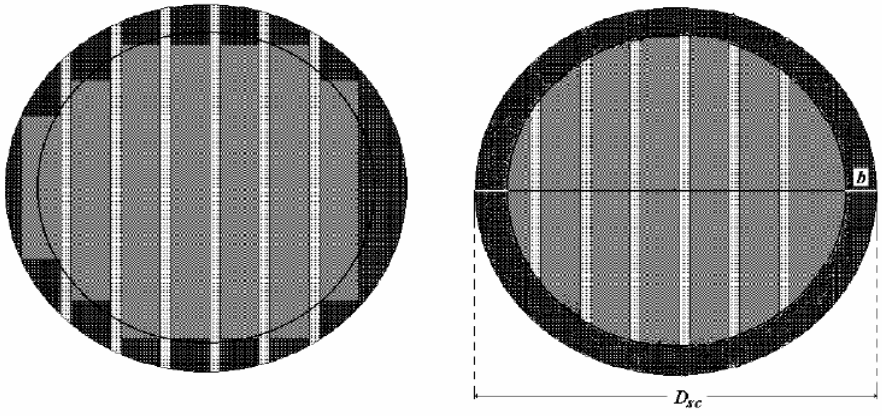
Las pérdidas por costeras y orillas* están relacionadas con el diámetro de la sección de la troza; dichas pérdidas pueden considerarse como equivalentes a un anillo del mismo grosor para todas las trozas, excepción hecha de las muy pequeñas, de las que no es posible producir tablas de la anchura mínima comercial (**Fig 8**). Este anillo tiene un grosor (***b***) que varía entre 0.75" y 1", conocimiento obtenido con base en experiencias realizadas, de tal manera que las pérdidas por costeras y orillas reducen el diámetro de la sección en una cantidad que varía de 1.5" a 2" o sea el doble del grosor del anillo circular.

Si deducimos las pérdidas por costeras y orillas, el volumen de la troza nos queda:

$$v_{pt} = (1 - p_d) * 0.06545 * (D_{sc} - 2b)^2 \qquad (\mathbf{20})$$

Que es la fórmula general para la estimación del volumen de madera aserrada obtenible de trozas de 1 pie de longitud (Romahn C. & Ramírez H., 2010).

Figura 7. Anillo circular con grosor b, que representa las pérdidas por costeras y orillas al aserrarse una troza.



Este volumen corresponde a una troza de un pie de longitud. Si la troza tiene una longitud diferente multiplicamos este volumen por ***L*** en pies, o sea la longitud de la troza considerada.

$$V_{pt} = (1 - p_d) * 0.06545 * (D_{SC} - 2b)^2 * L \quad (21)$$

Fórmula para calcular el volumen aprovechable de una troza en (m^3)

$$v_t = \frac{\pi}{4}(1 - P_d)(d_{cc} - 2b)^2 L \quad (22)$$

Donde, v_t es el volumen total de la troza, P_d es las pérdidas por aserrín, d_{cc} es el diámetro del tronco con corteza, *b* es el grosor de corteza de canteado, *L* es el largo de la tabla.

2.2 Herramientas Estadísticas

2.2.1. Análisis Exploratorio de Datos

El Análisis Exploratorio de Datos es una colección de técnicas que examinan la estructura del conjunto de datos antes de calcular algún modelo estadístico (Krzanowski, 1988). Su propósito es obtener información acerca de la distribución de los datos, de la presencia de *outliers* y conglomerados, y revelar relaciones y correlaciones *a priori* entre los objetos y/o variables. Además del uso clásico de estadísticas descriptivas y de gráficos, la exploración de datos se apoya hoy en técnicas de Descubrimiento de Conocimiento, entre ellas los Cubos OLAP (del inglés, *OnLine Analytical Processing*) y en las de reducción de datos, tanto por técnicas de *clustering* como por técnicas de selección y transformación de rasgos, entre estas últimas, el Análisis de Componentes Principales (Basilevsky, 1994; Jackson, 1991; Jollife, 1986).

2.2.2. Diseños Experimentales

Son procedimientos estadísticos para planificar un experimento, i.e. el colectar datos apropiados los cuales, luego de su análisis por métodos estadísticos, resultan en conclusiones válidas. El diseño incluye la selección de las unidades experimentales, la especificación de las condiciones experimentales (i.e. la especificación de los factores cuyo efecto será estudiado en los resultados de los experimentos), la especificación de los niveles de los factores involucrados y la combinación de tales factores, la selección de la respuesta a ser medida, y la elección del modelo estadístico para ajustar los datos (Box, Hunter, & Hunter, 1978; Carlson, 1992). Entre los diseños experimentales más conocidos se encuentran los Diseños Factoriales Completos, los Diseños Factoriales Fraccionados, los Diseños

estratificados, los Diseños Compuestos, los Diseños Optímales y los Diseños de Mezclas.

2.2.3. Análisis de Regresión

Este término representa un conjunto de métodos estadísticos que usan ecuaciones matemáticas para modelar la relación entre una respuesta medida u observada y una o más variables predictoras. El objetivo de este análisis es doble: modelar y predecir. La relación se describe en formas algebraica como:

$$y = f(x) + e \quad (\mathbf{23})$$

Con f una función en el caso más simple lineal, de las componentes del vector x. en el caso lineal, el problema puede ser expresado en forma matricial:

$$Y = B \bullet X + E \quad (\mathbf{24})$$

Donde, x denota la(s) variable(s) predictora(s), y la(s) variable(s) respuesta(s), $f(x)$ es la parte sistemática del modelo, y e es el error aleatorio, también conocido como error o residual del modelo. En la forma generalizada contigua: $\mathbf{Y}$, es el vector de las respuestas para cada uno de los datos de aprendizaje; $\mathbf{B}$ es el vector constante de coeficientes de regresión a ser estimados; $\mathbf{X}$ se denomina usualmente la matriz de datos , i.e. sus columnas son las variables independientes usadas en el modelo de regresión y sus filas representan los datos de aprendizaje; $\mathbf{E}$, es el vector de los errores aleatorios intrínsecos al modelo correspondiente. La ecuación matemática usada para describir la relación entre la(s) variable(s) respuesta(s) y la variable(s) predictora(s) se denomina modelo de regresión (Draper & Smith, 1998; Frank & Friedman, 1993; Ryan, 1997; Wold, 1994).

El análisis de regresión incluye no solo la estimación de los parámetros del modelo de regresión, sino también el cálculo de los estadísticos de la bondad de ajuste y la bondad de predicción, el diagnóstico de la predicción, el análisis de residuales, y el análisis de influencia (Atkinson, 1985).

Además de la bien conocida regresión lineal de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS, de sus siglas en inglés, *Ordinary Least Squares*), también son importantes los modelos de regresión sesgada, regresión no-lineal y de regresión robusta. Dentro de los métodos sesgados, los métodos de regresión más populares son: Regresión de Componentes Principales (PCR, de sus siglas en inglés, *Principal Components Regression*), Regresión de Mínimos Cuadrados Parciales (PLSR, de sus siglas en inglés, *Partial Least Squares*

Regression), (RR, de sus siglas en inglés, *Ridge Regression*), Regresión Continua (CR, de sus siglas en inglés, *Continuum Regression*), Regresión por Pasos o Etapas (SWR, de sus siglas en inglés, *StepWise Regression*).

Dentro de los métodos no lineales están además la regresión de mínimos cuadrados no lineal, i.e. Regresión Polinomial, el método PLS no lineal, las Expectativas Condicionales Alternantes (ACE, de sus siglas en inglés, *Alternating Condicional Expectations*), SMART y MAR. Sin embargo, algunas técnicas de Redes Neuronales Artificiales también se han considerado dentro de los métodos de regresión no-lineales tales como el Método de Propagación Hacia Atrás (*Back-Propagation Method*).

2.2.4. Métodos de Clasificación

Se utilizan para la asignación de objetos a una de varias clases basado en una regla de clasificación. Son métodos de aprendizaje supervisado, pues se "aprende" a partir de una serie de casos con variables predictivas y función "objetivo" o variable dependiente también conocida (esta serie de entrenamiento es el "maestro o supervisor"). Tal es el caso también del clásico método de regresión; solo que en los problemas de clasificación la función objetivo o variable dependiente es discreta (nominal u ordinal), i.e. es una clase. El objetivo de tales técnicas es calcular una regla de clasificación (y, posiblemente, límites de clases, o probabilidades de pertenencia a una clase), basados en los objetos de la serie de entrenamiento y aplicar esta regla para asignar una de estas clases, a objetos de clases previamente desconocidas (Frank & Friedman, 1989; Hand, 1981).Los Métodos de Clasificación son apropiados para modelar varias respuestas QSAR, como por ejemplo: compuestos activos/no-activos, compuestos de toxicidad baja/mediana/alta, compuestos mutagénicos/no-mutagénicos, etc.

Los Métodos de Clasificación de origen estadístico más populares son: Análisis Discriminante Lineal o LDA, de sus siglas en inglés, *Linear Discriminant Análisis*; Análisis Discriminante Cuadrático o QDA, de sus siglas en inglés, *Quadratic Discriminant Analysis*; Analisis Discriminante Regularizado o RDA, de sus siglas en inglés, *Regularized Discriminant Analysis*; *K*-ésimos Vecinos más Cercanos o KNN, de sus siglas en inglés, K^{th} *Nearest Neighbours*; Métodos de Árboles de Clasificación o CTM, de sus siglas en inglés, *Classification Tree Methods* (también conocidos en la literatura como DT, acrónimo de *Decision Trees*); *Regression Decision Trees* potentes árboles de decisión cuyas hojas finales no definen una clase para un segmento de la población, sino una ecuación de regresión, por ejemplo logística para clasificar a los elementos de ese segmento, los Clasificadores de

Función Potencial o PFC, de sus siglas en inglés, *Potencial Function Clasifiers*; los Clasificadores Medios más Cercanos o NMC, de sus siglas en inglés, *Nearest Mean Classifiers* y los Clasificadores Medios más Cercanos Ponderados o WNMC, de sus siglas en inglés, *Weighted Nearest Mean Classifiers*.

Por otra parte, se pueden encontrar varios métodos de clasificación o de análisis supervisado dentro de la Inteligencia Artificial, en particular las redes neuronales, con muchas posibilidades de aplicación en nuestro campo por su capacidad de tratar problemas con niveles mucho más libres de las variables predictivas y cuya función objetivo representa combinaciones esencialmente no lineales de ellas difíciles de representar por una ecuación de regresión, por complicado que se plantee el modelo no lineal de la misma.

Las redes Neuronales Artificiales (ANN, de sus siglas en inglés, *Artificial Neural Networks)* representan un conjunto de métodos matemático-computacionales, modelos y algoritmos diseñados para imitar los métodos de adquisición del conocimiento y procesamiento de la información del cerebro humano. Las ANNs son especialmente apropiadas para tratar con relaciones y tendencias no-lineales y se han propuesto para enfrentar una gran variedad de problemas tales como: la exploración de datos, reconocimiento de patrones, modelación de respuestas continuas y categorizadas, problemas de respuesta múltiple, etc (Anzali et al., 1998; Klopman, 1984; Zupan & Gasteiger, 1999). La calidad de los modelos de clasificación se evalúa por los parámetros de clasificación, para ambos, para propósitos de ajuste y predicción (Todeschini & Consonni, 2000). Existe toda una teoría, y técnicas concretas para el análisis y la comparación de diferentes modelos de clasificación ante problemas específicos (Vanhoof, 2006)

Existe además la convicción de que ante ciertos problemas, no es posible lograr con un único clasificador la respuesta óptima y se plantea entonces la necesidad de "multiclasificadores" que combinen de alguna manera, las respuestas de varios clasificadores. Los multiclasificadores pueden ser enfocados desde varios puntos de vista, desde los más simples (ponderación estadística) hasta su combinación inteligente (Rodríguez, 2007)

2.2.5. Análisis de Conglomerados (CA, de sus siglas en inglés, Cluster Analysis)

Además de las técnicas de aprendizaje supervisado, se utilizan técnicas de aprendizaje no supervisado, en la cual se conforman "clases" a partir de variables predictivas conocidas sin que haya un conocimiento previo (maestro o supervisor) sobre la clase a que pertenece cada instancia, a veces, ni siquiera, sobre el número de clases a considerar. Se trata de "agrupar"

o más bien "separar en grupos", a instancias similares entre sí y diferentes de otros grupos. Las técnicas estadísticas clásicas fueron denominadas técnicas de detección de "agrupamientos" o de "conglomerados", en inglés, *clustering*

Estos métodos representan un caso especial del análisis exploratorio de datos, enfocados a agrupar objetos similares en el mismo conglomerado y objetos menos similares en conglomerados diferentes (Massart & Kaufman, 1983; Willett, 1987). El Análisis de Conglomerados está basado en la evaluación de la similitud/disimilitud de todos los pares de objetos del conjunto de datos. Esta información se reúne en la matriz de similitud o en la matriz de distancia de datos.

Los métodos estadísticos de análisis de conglomerados incrementan indefinidamente su variedad por dos factores: las infinitas posibles formas de considerar las "distancias" o "similitud" entre casos y las formas de "aglomerar". Las distintas variantes de distancias son objeto de muchas investigaciones actuales. Los métodos de aglomerar más populares son los Métodos Aglomerantes Jerárquicos (i.e. de Unión Promedia, de Unión Completa, de Unión Simple, de Unión Promedia Ponderada, etc.), los cuales son más ampliamente usados que los Métodos Divisivos Jerárquicos. Otros métodos populares son los Métodos no-Jerárquicos, tales como el Método de las *K*-Medias y el Método de Jarvis-Patrick.

Las técnicas de Análisis Factorial, en particular el Análisis de Componentes Principales (PCA) y el Análisis de Componentes Principales Categóricos, son métodos "traspuestos" al análisis de clusters. En lugar de unir casos en *clusters* ellos unen variables en "factores", "dimensiones", "constructos", "variables latentes" o "componentes principales", de manera que se reduce el número de variables a considerar a la vez, sustituyéndolas por estas nuevas variables, no directamente observables, pero que expresan las dimensiones principales de la muestra y mantienen la mayor parte de la varianza de la misma.

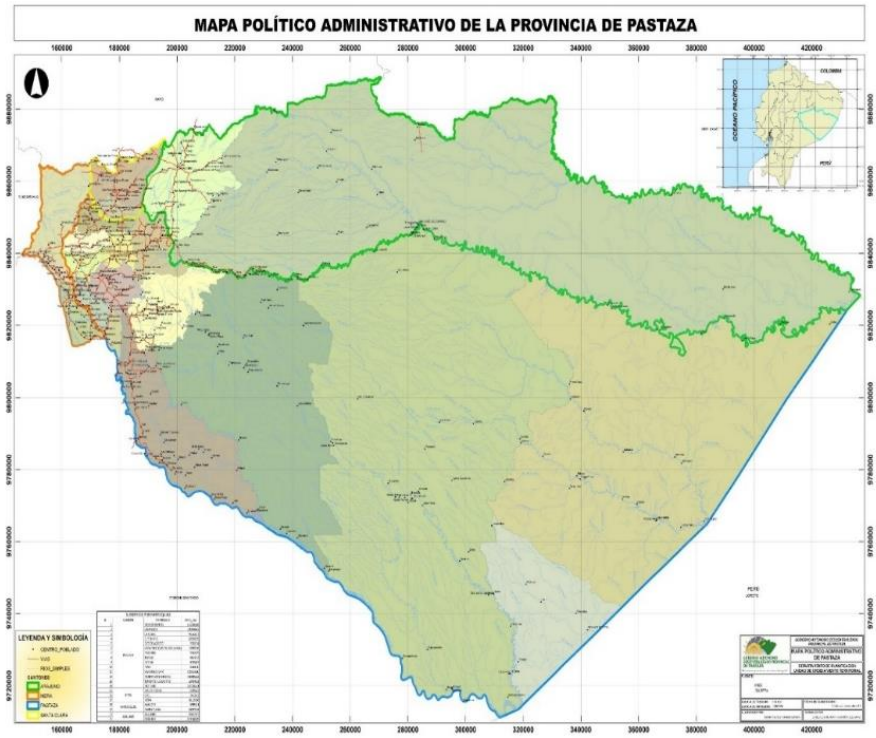
También la Inteligencia Artificial aporta métodos de análisis no supervisado análogos a las técnicas estadísticas de *clustering* pero de carácter esencialmente no jerárquico ni lineal, por ejemplo la bien conocida red de Cohonen y sus variantes (Ultsch, 2007)

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La investigación se realizará en la provincia de Pastaza, específicamente en los cuatro Cantones que son: Arajuno, Santa Clara, Mera y Pastaza (ver **Fig. 8**). Donde se seleccionará las áreas de estudio, y será determinado según la información obtenida los aserraderos de los diferentes sectores.

Figura 8. Mapa de cobertura vegetal del catón Pastaza



Fuente: (GADMM, 2015a)

Pastaza es la provincia más grande de Ecuador y la más rica en biodiversidad. El 95% de la flora provincial es bosque húmedo tropical, debido a la pluviosidad anual que varía entre 2.000 y 4.000 milímetros cúbicos, lo que favorece la formación de extensos y excelentes pastizales, además posee una cadena de ríos, esteros y vías de accesos como se aprecia en el Mapa 1. Su superficie total es de 29520 km^2. A continuación se mencionara los aserraderos ubicados en el cantón Pastaza:

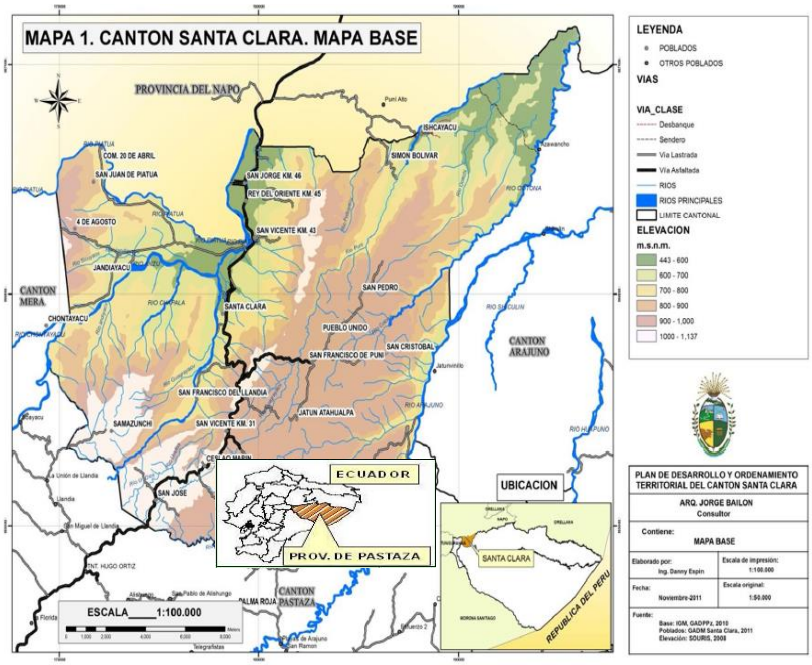
Aserradero "Nancy Mejía "ubicado en km. 3 $^1/_2$De la vía Puyo-Tena margen izquierdo.

- Aserradero "las Américas" ubicado en el km. 3 de la vía Puyo-Tena margen izquierdo.
- Aserradero "San Francisco" ubicado en el km.5 en la vía puyo-Shell margen izquierdo sector Santa Rosa.
- Aserradero "Estefany" ubicado en el barrio Las Américas sector Santa Isabel

- Aserradero "Maderol" ubicado en el barrio El Dorado calle ceslaomarin junto Arboriente.
- Aserradero "Jahel" ubicado en el km.3 via tena margen derecho entrada a yanacocha a 100 metros.
- Aserradero "Torres" ubicado en el km $3^1/_2$de la vía Tarqui margen izquierdo
- Aserradero "Manuel Gasitua" ubicado el Murialdo sector La libertad margen derecho.

Cantón Santa Clara

Figura 9. Mapa del Cantón Santa Clara de la provincia de

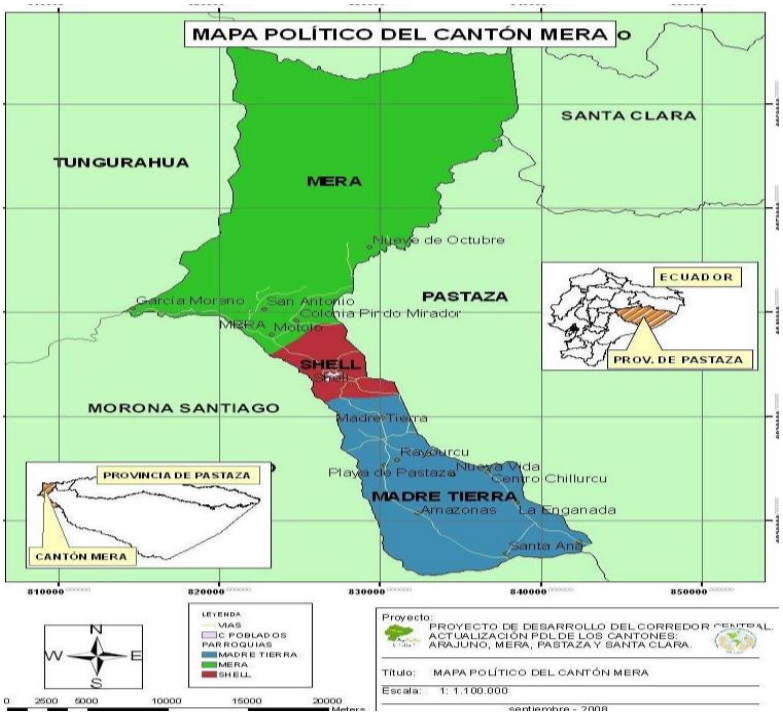


Fuente: (PDOT, 2011)

El Cantón Santa Clara se encuentra en la región central amazónica, al noreste de la Provincia de Pastaza, en el km. 35.7 vía Puyo – Tena. Presenta una superficie de 400.2 km^2, y con una altura mínima de 443 y máxima de 1137 m.s.n.m. En la **Fig. 9**, se muestra los diferentes ríos y las vías de acceso que posee el Cantón Santa Clara. En este cantón se localizó un solo aserradero que trabaja con madera de Pigüe,

- Aserradero "El Paquete", que está ubicado en el km 44 de la vía Puyo-Tena margen derecho frente a la entrada al CIPCA.
-

Figura 10. Mapa de cobertura vegetal del Cantón Mera de la provincia de Pastaza



Fuente:(GADMM, 2015b)

El cantón Mera tiene una superficie de 345 km², fue creado el 11 de abril de 1967. Posee una parroquia urbana y dos rurales: Madre Tierra y Shell. Se encuentra ubicado en el extremo oeste de las provincias de Pastaza. Es el cantón más pequeño dentro de las cuatro zonas de estudio, se encuentra ubicado en la ceja de la montaña, rodeado de los Parques Nacionales Llanganates y Sangay, en el corredor ecológico declarado en el año 2001, como "Regalo para la Tierra" por el Fondo Mundial para la Naturaleza, por sus características biológicas que la hacen única en el mundo, además posee varios bosques protectores: el Cerro Habitual y el del sector de La Moravia y una cobertura vegetal considerable (ver **Fig. 10**). En este cantón se localizó dos aserraderos que trabajan con madera de Pigüe.

- Aserradero “El Rosal” ubicado a 500 metros del control provincial de Mera margen izquierdo.
- Aserradero “La Esperanza” ubicado a 500 metros del control provincial de Mera margen izquierdo, junto al aserradero “El Rosal”.

3.2. Tipo De Investigación.

3.2.1 Carácter

La investigación tiene un carácter cuantitativo ya que tanto las variables medidas directamente o dasométricas, las calculadas indirectamente o dendrométricas y la variable "potencial biomásico" son numéricas continuas. Además las técnicas estadísticas de análisis de datos operan solamente sobre variables numéricas.

3.3. Métodos de Investigación

Se aplicó el método empírico-analítico por cuanto se parte de una hipótesis estadística que es contrastable a través de la medición experimental y modelación teórica.

3.3.1. Alcance

El alcance del estudio es correlacional, por cuanto se pretende hacer un estudio de similitud usando las variables operativas de los aserraderos, así como calcular el potencial biomásico del Pigüe a partir de las variables dasométricas o medidas directamente y dendrométricas o calculadas a partir de las primeras.

3.4. Diseño de la investigación

El presente trabajo se realizó un muestreo exhaustivo de todos los aserraderos de la provincia de Pastaza que trabajan la madera de Pigüe. En estos 11 aserraderos se midieron las variables cuantitativas: longitud del tronco, diámetro del tronco, grosor de la sierra de corteza, grosor de la sierra de canteado, numero de tablas, largo de la tabla ,grosor de la tabla, ancho de la tabla número de cortes, grosor de la corteza y grosor de canteado. Para la obtención de las medidas dasométricas se utilizó una cinta métrica y conocimiento empírico de los propietarios de los aserraderos. Para el cálculo de las variables dendrométricas se usaron fórmulas matemáticas reportadas en la literatura científica.

3.5. Tratamiento de los datos

Los datos obtenidos en los aserraderos fueron tabulados y pre procesados en una hoja Excel. Usando esta herramienta se registraron las variables dasométricas o medidas directamente en los aserraderos, y, se calcularon las variables derivadas o dendrométricas usando las funciones disponibles en este potente tabulador y graficador. Posteriormente las variables fueron procesadas estadísticamente usando el software de procesamiento estadístico

Statgraphics Centurion v. 15.2.14. Donde se aplicaron técnicas de agrupamiento jerárquicas y no jerárquicas, estadísticos de correlación, y estadísticos de contrastación de hipótesis.

3.6. Recursos Humanos y Materiales

3.6.1. Recursos Humanos.

Dr. Oscar Miguel Rivera Borroto

Mgs. Juan Elías Gonzales

Ing. Víctor Gonzales

Propietarios de aserraderos visitados

3.6.2. Recursos Materiales.

Cinta métrica

Cámara fotográfica

Calculadora

Computadora

Internet

Libreta

Esfero

Transporte

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de los aserraderos de la provincia Pastaza que usan Pigüe como materia prima.

Para realizar un inventario de los aserraderos de la provincia de Pastaza se obtuvo un listado de aserraderos emitido por el MAE, con un total de 24 aserraderos de los cuales no todos trabajaban con madera de Pigüe. Posteriormente, fueron inventariados todos los aserraderos que si trabajan con Pigüe, dándonos un total de 11 aserraderos en los cuales se obtuvo la información de las variables dasométricas por medición directa, usando una cinta métrica de precisión 1 mm (ver **Tabla 1**). Además, se contó con información de apoyo facilitada por los propietarios de los aserraderos acerca de las medidas a la madera y datos de insumos y producción semanales.

Del análisis estadístico descriptivo puede observarse (ver **Tabla 1**). Que la variable "diámetro del tronco" oscila entre los valores 10-25 cm. Con respecto a la variable "largo del tronco" se observa que siete (7) aserraderos trabajan con trozas de 1.10 m de largo, cuatro (4) aserraderos que trabajan con trozas de 1.08 m, dos (2) aserraderos trabajan con 1.25 m de largo y tres (3) aserraderos que traban con madera de 1.5 m de largo. Teniendo en cuenta la variable "grosor de la sierra de corteza", la mayoría de los aserraderos trabajan con cierras de 4 mm de grosor a excepción de dos aserraderos que trabajan con cierra de 5 mm.
En la variable "grosor de la corteza" se pudo apreciar que, a más "diámetro del tronco" más "gruesa la corteza" lo cual se confirmó a través de un coeficiente de Pearson (PMCC) $r = 0.9877$. En la variable "grosor de canteado" se observan diferentes dimensiones ya que depende del "diámetro de la troza cortada", por lo que puede afirmarse que la mayoría de aserraderos pierden alrededor de un centímetro por canteado y que *a menor diámetro mayor pérdidas por canteado* ($r = -0.5502$). Con respecto a la variable "grosor de la sierra de tabla" se encontró que todos los aserraderos trabajan con el mismo grosor de cierra que es de 3 mm. La variable "número de cortes" indica la cantidad de cortes que recibe una troza para obtener las tablas. Similarmente, la variable "número de tablas" cuantifica las tablas que se obtiene de una troza de Pigüe de determinado diámetro; mientras más gruesa sea la troza por lo general mayor será el número de tablas. En la variable "grosor de la tabla" se midió las tablas y se concluyó que todos los aserraderos traban con la misma medida (1,8). En cuanto a la variable "ancho de la tabla" se obtuvo medidas de 12 cm y 9 cm, siendo la más fabricada la de 12 cm, ya que la de 9 de ancho se obtiene solo de troncos pequeños de 10 cm de

diámetro. Para la variable "procesamiento semanal" se consultó a los propietarios de los aserraderos acerca de cuál es el volumen de trozas de Pigüe que trabajan a la semana.

Del análisis estadístico descriptivo puede observarse que la variable "diámetro del tronco" oscila entre los valores 10-25 cm. Con respecto a la variable "largo del tronco" se observa que siete (7) aserraderos trabajan con trozas de 1.10 m de largo, cuatro (4) aserraderos que trabajan con trozas de 1.08 m, dos (2) aserraderos trabajan con 1.25 m de largo y tres (3) aserraderos que traban con madera de 1.5 m de largo. Teniendo en cuenta la variable "grosor de la sierra de corteza", la mayoría de los aserraderos trabajan con cierras de 4 mm de grosor a excepción de dos aserraderos que trabajan con cierra de 5 mm.

En la variable "grosor de la corteza" se pudo apreciar que, a más "diámetro del tronco" más "grosor de la corteza" lo cual se confirmó a través de un coeficiente de Pearson (PMCC) $r = 0.9877$. En la variable "grosor de canteado" se observan diferentes dimensiones ya que depende del "diámetro de la troza cortada", por lo que puede afirmarse que la mayoría de aserraderos pierden alrededor de un centímetro por canteado y que *a menor diámetro mayor pérdidas por canteado* ($r = -0.5502$). Con respecto a la variable "grosor de la sierra de tabla" se encontró que todos los aserraderos trabajan con el mismo grosor de cierra que es de 3 mm.

La variable "número de cortes" indica la cantidad de cortes que recibe una troza para obtener las tablas. Similarmente, la variable "número de tablas" cuantifica las tablas que se obtiene de una troza de Pigüe de determinado diámetro; mientras más gruesa sea la troza por lo general mayor será el número de tablas.

En la variable "grosor de la tabla" se midió las tablas y se concluyó que todos los aserraderos traban con la misma medida (1.8). En cuanto a la variable "ancho de la tabla" se obtuvo medidas de 12 cm y 9 cm, siendo la más fabricada la de 12 cm, ya que la de 9 de ancho se obtiene solo de troncos pequeños de 10 cm de diámetro. Para la variable "procesamiento semanal" se consultó a los propietarios de los aserraderos acerca de cuál es el volumen de trozas de Pigüe que trabajan a la semana.

Tabla 1. Variables dasométricas de la madera de Pigüe medidas directamente en los aserraderos de Pastaza.

		VARIABLES											
Cantones	**Aserraderos**	**Diámetro Tronco (cm)**	**Largo Tronco (m)**	**Grosor Sierra de Corteza**	**Grosor Corteza (mm)**	**Grosor Canteado (cm)**	**Grosor. Sierra de Tabla (mm)**	**No. de Cortes**	**No. de Tablas**	**Grosor Tabla (cm)**	**Largo Tabla (m)**	**Ancho Tabla (cm)**	**Procesamiento Semanal (m^3)**
Pastaza	**Nancy Mejía**	20	1.08	4	4.0	1.5	3	10	8	1.8	1.06	12	90
		15	1.08	4	3.0	1.3	3	7	4	1.8	1.06	12	
	Las Américas	18	1.08	4	3.5	1.0	3	9	6	1.8	1.06	12	75
		14	1.25	4	3.0	1.1	3	7	4	1.8	1.20	12	
	San Francisco	10	1.50	4	2.0	1.3	3	6	3	1.8	1.20	9	50
	Estefany	25	1.10	5	5.0	0.6	3	14	11	1.8	1.08	12	90
		13	1.25	4	2.0	1	3	7	4	1.8	1.20	9	
	Maderol	22	1.10	4	4.0	1	3	12	9	1.8	1.08	12	55
		25	1.10	4	5.0	0.6	3	14	11	1.8	1.08	12	
	Jahel	16	1.10	4	3.0	0.8	3	8	5	1.8	1.08	12	150
		15	1.10	4	3.0	1.3	3	7	4	1.8	1.08	12	
	Torres	20	1.10	4	4.0	1.5	3	10	8	1.8	1.08	12	100
		15	1.10	4	3.0	1.3	3	7	4	1.8	1.08	12	
	Manuel Gacitúa	20	1.10	4	4.0	1.0	3	10	7	1.8	1.08	12	100
		15	1.10	4	3.0	1.3	3	7	4	1.8	1.08	12	
Santa Clara	**El Paquete**	18	1.08	4	3.5	1.0	3	9	6	1.8	1.06	12	30
Mera	**El Rosal**	10	1.50	4	2.0	1.3	3	6	3	1.8	1.20	9	100
		25	1.10	4	5.0	0.7	3	14	11	1.8	1.08	12	
	La Esperanza	10	1.50	4	2.0	1.3	3	6	3	1.8	1.20	9	90
		25	1.10	5	5.0	0.6	3	14	11	1.8	1.08	12	
Estadísticos Descriptivos	**Media**	0.17	1.17	0.00	0.00	0.01	0.00	9.20	6.30	0.01	1.10	0.11	89.00
	Desv. Est.	0.05	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	2.93	2.97	0.00	0.05	0.01	28.91
	Min	0.10	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	3.00	0.01	1.06	0.09	30.00
	max	0.25	1.50	0.00	0.00	0.01	0.00	14.00	11.00	0.01	1.20	0.12	150.0

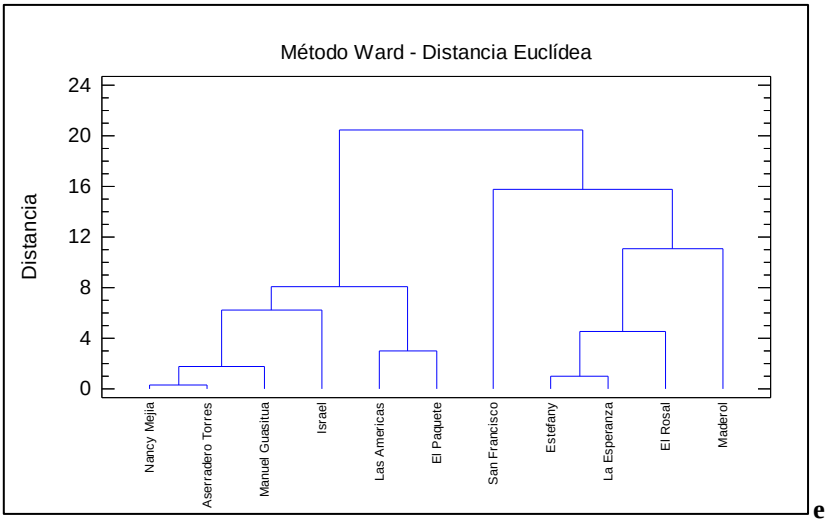
Fuente: elaboración propia

Para estudiar la similitud entre los aserraderos con respecto a las variables operativas de trabajo, se decidió aplicar dos técnicas de conglomerados o clústeres: el *método de Ward* y el *método de las k-medias*. El primer método es del tipo *jerárquico* y *aglomerativo*. En términos de optimización, su función objetivo es minimizar la suma de cuadrados de los nuevos clústeres formados. Permite obtener un árbol de unión por medio de distancias, de modo que las ramas del árbol se van uniendo de acuerdo a su similitud (a menor distancia, mayor similitud) hasta obtener la raíz del árbol (árbol invertido), donde todos los casos (aserraderos) están unidos en un solo clúster. El segundo método tiene la misma función objetivo pero es un método *no jerárquico* cuya función consiste en relocalizar los casos (aserraderos) hasta obtener el valor mínimo global buscado. Este método no jerárquico se aplica comúnmente de manera secuencial al primero. El motivo radica en que depende de un número de clústeres a formar, valor que se obtiene de la primera técnica, y por otra parte, complementa las limitaciones del primer método que depende del orden inicial de los datos (Rivera, Marrero, García, & Grau, 2011)

El dendrograma muestra cómo fue formado cada clúster. La línea horizontal que conecta dos grupos indica que los grupos fueron combinados a la distancia correspondiente en el eje vertical.

.

Figura 11. Dendrograma



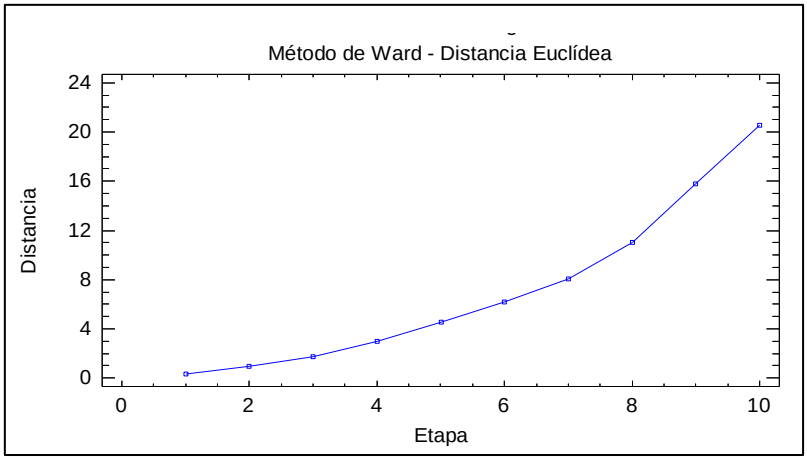
Fuente: elaboración propia

El árbol de aglomeración muestra en la **Fig. 11**, donde puede observarse el esquema de unión secuencial de los aserraderos. Para obtener la poda o número de clústeres subyacentes

óptimo se aplicó el *método de Mojena* (Rivera, Rabassa, Grau, Marrero, & García, 2012). Dicho método consiste en monitorear el cambio más abrupto en los valores de distancia con cada paso de unión. La técnica permitió encontrar un primer cambio abrupto a la distancia de ocho (8) (ver **Fig. 12**). Si podamos el árbol a esta altura se encontrará que el número de clústeres formado es de cinco (5).

El gráfico de distancias de aglomeración muestra la distancia entre grupos cuando los mismos fueron combinados. El cambio relativamente abrupto en la etapa 8 y distancia 8 indica una buena opción para la elección del número óptimo de clústeres.

Figura 12. Distancia de aglomeración



Fuente: elaboracion propia

Al aplicar el *método de k medias* no jerárquico se obtuvo la tabla de membresía mostrado en la **Tabla 2**. A partir de la misma pueden conformarse los grupos de similitud (Nancy Mejia, Israel, Aserradero Torres, Manuel Gacitúa); (Las Américas); (San Francisco); (Estefany, El Rosal, La Esperanza) y (Maderol, El Paquete). Este resultado significa que los aserraderos pueden agruparse en cinco (5) grupos dentro de los cuales las condiciones operativas de trabajo muy similares entre sí.

Tabla 2.Menbresía del método de k medidas usando la distancia euclidea

Aserradero	Nombre	Clúster
1	Nancy Mejía	1
2	Las Américas	2
3	San Francisco	3
4	Estefany	4
5	Maderol	5
6	Israel	1
7	Aserradero Torre	1
8	Manuel Gacitúa	1
9	El Paquete	5
10	El Rosal	4
11	La Esperanza	4

Fuente: elaboración propia

4.2. Cálculo de las Variables Dendrométricas de la Madera de Pigüe en los Aserraderos de la Provincia de Pastaza

Con el objetivo de calcular las variables dendométricas de la madera tomadas en los aserraderos, fue necesario calcular algunas variables previas como el "volumen de la troza con corteza" para la cual se usó la siguiente expresión:

$$v = \frac{\pi}{4} D^2 h_0 \quad \textbf{(25)}$$

Donde, *v* es el volumen, D^2 es el diametro de la troza al cuadrado, h_0 es el largo de la troza.
Para calcular el volumen de la troza sin corteza se utilizó la siguiente ecuación:

$$v_{sc} = \frac{\pi}{4} (d_{cc} - 2b)^2 h_0 \quad \textbf{(26)}$$

Donde, v_{sc} es el volumen de la troza sin corteza, d_{cc} es el diámetro con corteza, h_0 es el largo de la troza.
Para calcular el volumen de la corteza en (m^3) se utilizó la siguiente ecuación:

$$v_c = v_{cc} - v_{sc} \quad \textbf{(27)}$$

Donde, v_c volumen de la corteza; v_{cc} volumen con corteza; v_{sc} volumen sin corteza.
Para Calcular el porcentaje de corteza se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_c = \frac{v_c}{v} * 100 \quad \textbf{(28)}$$

Donde, P_c porcentaje de corteza; v_c es el volumen de la corteza; *v* es el volumen de la troza.

Para calcular las pérdidas por aserrín se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_{\%} = \frac{a}{g+a} * 100 \quad (\mathbf{29})$$

Donde, $P_{\%}$ es el porcentaje de pérdida del volumen total; a es el grosor del corte de la sierra; g es el grueso de la tabla que elaboran.

Para calcular las perdidas por grosor de sierra de de 3mm. se utilizó la siguiente ecuación.

$$P_{1\%} = \frac{a}{g+a} * 100 \quad (\mathbf{30})$$

Donde, $P_{1\%}$ es el porcentaje de perdidas promedio de aserrín uno con cierra de 3mm, a es el grosor del corte de la sierra, g es el grueso de la tabla que elaboran.

Para calcular las perdidas por grosor de sierra de 4 mm. se utilizó la siguiente ecuación.

$$P_{2\%} = \frac{a}{g+a} * 100 \quad (\mathbf{31})$$

Donde, $P_{1\%}$ es el porcentaje de perdidas promedio de aserrín uno con cierra de 4mm; a es el grosor del corte de la sierra; g es el grueso de la tabla que elaboran.

Para calcular el promedio de pérdidas por aserrín se utilizó la siguiente ecuación.

$$P_{\%} = \frac{P_{1\%}+P_{2\%}}{2} \quad (\mathbf{32})$$

Donde, $P_{\%}$ es el porcentaje de pérdidas por aserrín; $P_{1\%}$ son las perdidas por aserrín 1; $P_{2\%}$ son las perdidas por aserrín 2.

Para calcular el volumen de madera aprovechable en (m^3) se utilizó la siguiente ecuación.

$$v_t = \frac{\pi}{4}(1 - P_d)(d_{cc} - 2b)^2 L \quad (\mathbf{33})$$

Donde, v_t es el volumen total de la troza, P_d es las pérdidas por aserrín, d_{cc} es el diámetro del tronco con corteza, b es el grosor de corteza de canteado, L es el largo de la tabla.

Para calcular el volumen de la madera aprovechable en número de tablas se utilizó la siguiente ecuación.

$$v_t = n * a * L * e \quad (\mathbf{34})$$

Dónde, a es el ancho de la tabla, L es la Longitud o altura de la tabla, e es el espesor de la tabla, n es el número total de tablas aserradas.

Tabla 3. Calculo de variables dendrometrícas de las variables de la madera de Pigüe de la provincia de Pastaza.

Aserradero	Volumen Troza con Corteza (m3)	Volumen Troza sin Corteza (m^3)	Volumen Corteza (m3)	% Corteza	% Pérdida Promedio de Aserrín	Volumen Madera Aprovechable (m^3)	Vol. Madera Aprov. × N Tablas (m^3)	% Madera Aprovechable	Volumen Aserrín (m^3)	Volumen Canteado (m^3)	% Canteado	% Total
Nancy Mejía	0.033	0.031	0.002	7.840	16.23	0.020	0.018	64.45	0.005	0.006	19.31	100.00
	0.019	0.017	0.001	7.840	16.23	0.010	0.009	60.96	0.002	0.004	22.80	100.00
Las Américas	0.027	0.025	0.002	7.630	16.23	0.017	0.013	70.32	0.004	0.003	13.44	100.00
	0.019	0.017	0.001	8.390	16.23	0.011	0.010	62.36	0.002	0.003	21.41	100.00
San Francisco	0.011	0.010	0.000	7.840	16.23	0.004	0.005	39.82	0.001	0.004	43.95	100.00
Estefany	0.054	0.049	0.004	7.840	18.01	0.039	0.025	79.16	0.009	0.001	2.83	100.00
	0.016	0.015	0.001	6.060	16.23	0.009	0.007	61.29	0.002	0.003	22.48	100.00
Maderol	0.041	0.038	0.003	7.140	16.23	0.028	0.021	73.20	0.006	0.004	10.57	100.00
	0.054	0.049	0.004	7.840	16.23	0.040	0.025	80.88	0.008	0.001	2.89	100.00
Jahel	0.022	0.020	0.001	7.360	16.23	0.014	0.011	71.91	0.003	0.002	11.86	100.00
	0.019	0.017	0.001	7.84	16.23	0.010	0.009	60.98	0.002	0.004	22.78	100.00
Torres	0.034	0.031	0.002	7.84	16.23	0.020	0.018	64.48	0.005	0.0061	19.29	100.00
	0.019	0.017	0.001	7.84	16.23	0.010	0.009	60.98	0.002	0.004	22.78	100.00
Manuel Gacitúa	0.034	0.031	0.002	7.84	16.23	0.023	0.016	72.28	0.005	0.003	11.48	100.00
	0.019	0.017	0.001	7.84	16.23	0.010	0.009	60.98	0.002	0.004	22.78	100.00
El Paquete	0.027	0.025	0.002	7.63	16.23	0.017	0.013	70.32	0.004	0.003	13.44	100.00
El Rosal	0.011	0.010	0.000	7.84	16.23	0.004	0.005	39.82	0.001	0.004	43.95	100.00
	0.054	0.049	0.004	7.84	16.23	0.039	0.025	79.52	0.008	0.002	4.24	100.00
La Esperanza	0.011	0.010	0.000	7.84	16.23	0.004	0.005	39.82	0.001	0.004	43.95	100.00
	0.054	0.049	0.004	7.84	18.01	0.039	0.025	79.16	0.009	0.001	2.83	100.00
Media	0.029	0.027	0.002	7.7	16.41	0.018	0.014	64.64	0.004	0.003	18.95	100.00
Desv. Est.	0.015	0.013	0.001	0.45	0.55	0.012	0.007	12.72	0.002	0.001	12.94	0.000
Min	0.011	0.010	0.000	6.06	16.23	0.004	0.005	39.82	0.001	0.001	2.83	100
Max	0.054	0.049	0.004	8.39	18.01	0.040	0.025	80.88	0.009	0.006	43.95	100

Fuente: elaboración propia

Para calcular el porcentaje de madera aprovechable se utilizó la siguiente ecuación.

$$\%v_t = \frac{v_t}{v_{sc}} * 100 \quad \textbf{(35)}$$

Donde, $\%v_t$ es el porcentaje de volumen total aprovechable, v_t es el volumen de madera aprovechable, v_{sc} es el volumen de la troza sin corteza.

Para calcular el volumen de aserrín en (m^3) se utilizó la siguiente ecuación:

$$v_a = \frac{(v_{sc}) * P_{\%}}{100\%} \quad \textbf{(36)}$$

Donde, v_a es el volumen de aserrín, v_{sc} es el volumen de la troza sin corteza, $P_{\%}$ es el porcentaje de pérdidas por aserrín.

Para calcular el volumen de canteado en (m^3)se utilizo la siguiente ecuación.

$$v_k = v_{sc} - v_t - v_a \quad \textbf{(37)}$$

Donde, v_k es el volumen de canteado, v_{sc} es el volumen de la troza sin corteza, v_t es el volumen de madera aprovechable total, v_a es el volumen de aserrín.

Para calcular el porcentaje de canteado se utilizó la siguiente ecuación.

$$\%v_k = \frac{v_k}{v_{sc}} * 100 \quad \textbf{(38)}$$

Donde, $\%v_k$ es el porcentaje de canteado; v_k es el volumen de canteado; v_{sc} es el volumen de la troza sin corteza.

Como cálculo de control se aprovechó el hecho que los porcentajes deben sumar un total del 100%.

4.3. Determinación del Potencial Biomásico de Pigüe

Con el objetivo de obtener el potencial biomásico de Pigüe, fue necesario calcular algunas variables (ver **Tabla 4**). Previas como la "producción semanal de aserrín" para la cual se usó la expresión:

$$PSA = (PS - PSO) * PPA \quad \textbf{(39)}$$

Donde, *PSA* es la "producción semanal de aserrín", *PS* es el "procesamiento semanal de trozas", *PSO* representa la producción semanal de corteza, *PPA* representa la "pérdida promedio de aserrín"

Para calcular la producción semanal de madera en (m^3) se utilizó la siguiente ecuación:

$$PSM = (PS - PSO) * PMA \quad (\mathbf{40})$$

Donde, PMA es el "porcentaje de madera aprovechable"

Para obtener la producción semanal de canteado en (m^3) se utilizó la siguiente ecuación:

$$PSC = (PS - PSO) * PCA \quad (\mathbf{41})$$

Donde, *PCA* es el "porcentaje de canteado".

Para la obtención de producción semanal de corteza en (m^3) se utilizó la siguiente ecuación:

$$PSO = PC * PS \quad (\mathbf{42})$$

Donde, PC es el "porcentaje de corteza".

Finalmente, para la obtención del "potencial biomásico del Pigüe" se utilizó la siguiente ecuación:

$$PBIO = \frac{PSA+PSC+PSO}{PSA+PSM+PSC+PSO} * 100 \quad (\mathbf{43})$$

Donde, *PSM* es la producción semanal de madera y representa el porcentaje de troza que finalmente es destinado a la comercialización y *PSC* es la "producción semanal de corteza". De acuerdo a la **Tabla 4**, la producción semanal de aserrín en la provincia de Pastaza es variable, ya que el coeficiente de variación es 47%. El aserradero que menos genera aserrín es "El Paquete" con una cantidad de 10.51 kg, mientras que el aserradero que más genera este subproducto es el Jahel, con una producción semanal neta de 115.77 kg de aserrín. Sin embargo, la variable "Potencial Biomásico de Pigüe" nos indica que el aserradero con menos potencial es el "Maderol", mostrando un valor de 28.74%; mientras que el aserradero con más potencial es el "San Francisco", que aporta un valor del 63.30%. Desde este punto de vista, la variable "Potencial Biomásico de Pigüe" puede interpretarse como una *medida de la ineficiencia en el aprovechamiento de la madera de Pigüe*. Con respecto a esta interpretación, el aserradero "San Francisco" sería el menos eficiente, al menos en el período analizado; sin embargo, para propósitos de la investigación misma es el que más pudiera aportar biomasa de Pigüe frente a un aumento de los insumos semanales.

Finalmente, para calcular el potencial biomásico total de la provincia de Pastaza se tomó el cociente entre la producción semanal total de biomasa en kg y la producción total de

subproductos de la madera, también en kg. Como resultado, se obtuvo que el potencial biomásico total tiene un valor de 40.41%. Ello significa que por cada tonelada de madera procesada, se obtienen 404 kg de biomasa no aprovechable por la industria maderera con potencial para la generación de energía alternativa y renovable en la provincia de Pastaza. (ver **Tabla 4**).

Tabla 4. Variables de producción de biomasa total para el cálculo del potencial biomásico de Pigüe.

Aserraderos	Producción Semanal de. Aserrín (m^3)	Producción Semanal de Madera (m^3)	Prod. Sem. Canteado (m^3)	Producción Semanal de Corteza (m^3)	Prod. Sem. de Biomasa (kg)	Producción Semanal Total (kg)	Potencial Biomásico del Pigüe (%)
Nancy Mejía	13.464	53.460	16.018	7.056	75.974	180.000	42.2079
	13.464	50.565	18.913	7.056			
Las Américas	11.246	48.720	9.3133	5.719	58.434	150.000	38.956
	11.154	42.845	14.709	6.290			
San Francisco	7.4805	18.348	20.251	3.920	31.651	50.000	63.303
Estefany	14.940	65.659	2.3446	7.056	62.522	180.00	34.734
	13.725	51.818	19.003	5.453			
Maderol	8.291	37.383	5.3984	3.927	31.621	110.00	28.746
	8.228	40.995	1.4639	4.312			
Jahel	22.558	99.925	16.476	11.039	115.769	300.00	38.589
	22.441	84.304	31.493	11.760			
Torres	14.961	59.420	17.778	7.840	84.376	200.00	42.188
	14.961	56.203	20.995	7.840			
Manuel Gacitúa	14.961	66.617	10.582	7.840	77.179	200.00	38.589
	14.961	56.203	20.995	7.840			
El Paquete	4.4987	19.488	3.7253	2.288	10.512	30.000	35.031
El Rosal	14.961	36.696	40.502	7.840	90.013	200.00	45.006
	14.961	73.289	3.9091	7.840			
La Esperanza	13.464	33.026	36.452	7.056	81.314	180.00	45.174
	14.940	65.659	2.3446	7.056			
Media	13.483	53.031	15.633	6.851	65.397	161.818	41.139
Desv. Est.	4.3636	20.087	11.272	2.243	30.588	75.606	8.7995
Min	4.4987	18.348	1.4639	2.288	10.512	30.000	28.746
Max	22.558	99.925	40.502	11.760	115.769	300.00	63.303

Fuente: elaboración propia

La cantidad o volumen de biomasa que se desaprovecha anualmente son: de aserrín 7.712,43 m3, canteado 8.942,42 m3 y corteza 3.919,06 en relación al volumen de madera aprovechada fue de 30.334,02 m3. Esto representa en la primera parte a un 40,41% sin dar ningún uso alguno y el 59,59% aprovechado para la industria de la madera. Sin embargo el resto queda como residuo y que arrojan al suelo o ambiente, siendo un recurso de gran interés económico como fuente energía renovable para el aprovechamiento industrial.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En la provincia de Pastaza existen 11 aserraderos que trabajan la madera de Pigüe, su distribución es: cantón Pastaza (Nancy Mejía, Las Américas, San Francisco, Estefany, Maderol, Jahel, Torres y Manuel Gacitúa), cantón Santa Clara (El Paquete) y Mera (El Rosal y La Esperanza).
- Algunos de los aserraderos trabajan con parámetros operativos (variables dasométricas) similares de modo que pueden establecerse los grupos de similaridad (Nancy Mejia, Israel, Torres, Manuel Gacitúa); (Las Américas); (San Francisco); (Estefany, El Rosal, La Esperanza) y (Maderol, El Paquete).
- El potencial biomásico de Pigüe en los aserraderos estudiados oscila entre los valores de 28.74 % al 63.30 %. El potencial biomásico de Pigüe en la provincia Pastaza alcanza un valor del 40.41%, de modo que por cada tonelada de madera procesada pueden obtenerse semanalmente aprox. 404 kg de biomasa de Pigüe.

5.2. Recomendaciones

- Representar los datos de potencial biomásico usando herramientas de geovisualización para un uso más efectivo de científicos, operarios y funcionarios del gobierno de Pastaza.
- Aplicar los resultados obtenidos para activar un sistema logístico de transportación y almacenamiento con el ánimo de recolectar esta materia prima que se pudre o quema en los aserraderos sin ser aprovechada.
- Implementar efectivamente una agroindustria encargada de la obtención de pellets para transformar esta biomasa en energía útil.

V. BIBLIOGRAFIA

Anzali, S., Gasteiger, J., Holzgrabe, U., Polanski, J., Sadowski, J., Teckentrup, A., & Wagener, M. (1998). The use of self-organizing neural networks in drug design. Perspectives in drug discovery and design, 9, 273-299.

Asamblea Constituyente, d. M. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Retrieved from http://biblioteca.defensoria.gob.ec/handle/37000/823

Atkinson, A. C. (1985). Plots, Transformations, and Regression. Oxford (UK): Clarendon Press.

Basilevsky, A. (1994). Statistical Factor Analysis and Related Methods. New York (NY): Wiley.

Box, G. E. P., Hunter, W. G., & Hunter, J. S. (1978). Statistics for Experimenters. New York (NY): Wiley.

Carlson, R. (1992). Design and Optimization in Organic Synthesis. Amsterdam (The Netherlands): Elsevier.

de Montecristi, A. C. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Quito: Retrieved from http://biblioteca.defensoria.gob.ec/handle/37000/823.

Draper, N., & Smith, H. (1998). Applied Regression Analysis. New York (NY): Wiley.

Dupas, G., & Diegues, A. C. S. A. (2008). Meio ambiente e crescimento econômico: tensões estruturais: Editora UNESP.

Frank, I. E., & Friedman, J. H. (1989). Classifications: Oldtimers and Newcomers J. Chemom., 3, 463-475.

Frank, I. E., & Friedman, J. H. (1993). A Statistical View of Some Chemometrics Regression Tools. Technometrics, 35, 109-135.

GADMM. (2015a). Cobertura vegetal del Catón Pastaza.

GADMM. (2015b). mapa de Cobertura vegetal del Cantón Mera

González, Y. G. (2012). *Diseño de una planta de peletización en Castilla y León.* BS. Ing. Impresa, Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España. Retrieved from http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/14463/PFC_Guillermo_Gonzalez_Yanquez.pdf?sequence=2

Greenpeace. (2015). Greenpeace International, from www.greenpeace.org/

Hand, D. J. (1981). Discrimination and Classification. Chichester (UK): Wiley.

Jackson, J. E. (1991). A User's Guide to Principal Components. New York (NY): Wiley.

Jollife, I. T. (1986). Principal Component Analysis. New Yor (NY): Springer-Verlag.

Klopman, G. (1984). Artificial Intelligence Approach to Stucture-Activities Studies. Computer Automated Structure Evaluation of Biological Activity of Organic Molecules. J Am Chem Soc, 106, 7315-7321.

Krzanowski, W. J. (1988). Principles of Multivariate Analysis. New York (NY): Oxford Univ. Press.

Llambí, L., et.al. (Ed.). (2016). *Estado Prurinacional, Interculturalidad y Derechos de la Naturaleza. Los retos de la Amazonía Ecuatoriana.* ..

Massart, D. L., & Kaufman, D. L. (1983). The Interpretation of Analytical Chemical Data by the Use of Cluster Analysis. New York (NY): Wiley.

Mena, P. A. (2014). El desarrollo de la energía renovable en el Ecuador. *Corporación para la Investigación Energética*. Retrieved from http://www.energia.org.ec/cie/

Morges, S. (1961). Fondo mundial para la naturaleza. Directorio Biodiversidad, from http://www.wwf.org.mx/quienes_somos/

Municipal, P. G. (2016). Ordenanzas Municipales. Puyo: Retrieved from http://www.puyo.gob.ec/municipalidad/ordenanzas.html.

PDOT. (2011). Mapa de cobertura del canton Santa Clara.

Rivera, B., Oscar Miguel, Marrero, P., Yovani, García, d. l. V., José Manuel, & Grau, Á., Ricardo del Corazón. (2011). Comparison of Combinatorial Clustering Methods on Pharmacological Data Sets Represented by Machine Learning-Selected Real Molecular Descriptors. *J. Chem. Inf. Model., 51*(12), 3036-3049. doi: 10.1021/ci2000083

Rivera, B., Oscar Miguel, Rabassa, G., Mónica, Grau, Á., Ricardo del Corazón, Marrero, P., Yovani, & García, d. l. V., José Manuel. (2012). Dunn's index for cluster tendency assessment of pharmacological data sets. [doi: 10.1139/y2012-002]. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, *90*(4), 425-433. doi: 10.1139/y2012-002

Rodríguez, A., Abdel. (2007). *Nuevo sistema multiclasificador jerárquico. Posibilidades de aplicación.* MSc., Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

Romahn C., & Ramírez H. (2010). apuntes de dendrometria. *ENA/UACH. Chapingo*.

Ryan, T. P. (1997). Modern Regression Methods. New York (NY): Wiley.

Todeschini, R., & Consonni, V. (2000). Handbook of Molecular Descriptors (1st ed. Vol. 11). D-69469 Weinheim, Federal Republic of Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH.

Ultsch, A. (2007). Emergence in Self-Organizing Feature Maps. Paper presented at the Workshop on Self-Organizing Maps (WSOM '07) Bielefeld, Germany.

Vanhoof, K. (2006). Performance Measures. Conceptual Course on Data Mining. Presentation. Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.

Willett, P. (1987). Similarity and Clustering in Chemical Information Systems. Letchworth (UK): Research Studies Press.

Wold, S. (1994). PLS for Multivariate Linear Modelling. In H. van der Waterbeemd (Ed.), Chemometric Methods in Molecular Design (Vol. 2, pp. 195-218). Weinheim, Germany: VCH Publishers

Zupan, J., & Gasteiger, J. (1999). Neural Networks for Chemistry and Drug Design. Weinheim (Germany): Wiley-VCH Publishers.