

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROECOLÓGICA Y DESARROLLO RURAL.



**“ESTIMADO DE LA BIOMASA AÉREA Y CONTENIDO DE
CARBONO EN BOSQUE DE PINO (*Pinus radiata*)
RUNARUNAYOQ – SANTA ROSA - GRAU”**

Tesis presentada para optar al título profesional de Ingeniero Agroecólogo Rural.

Presentado por: **Bach. Dick COLL CAYTUIRO**

ASESOR:

Ing. Niki Franklin FLORES PACHECO

Abancay, agosto de 2017

P E R Ú



**“ESTIMADO DE LA BIOMASA AÉREA Y CONTENIDO DE
CARBONO EN BOSQUE DE PINO (*Pinus radiata*)
RUNARUNAYOQ – SANTA ROSA - GRAU”**



**“ESTIMADO DE LA BIOMASA AÉREA Y CONTENIDO DE
CARBONO EN BOSQUE DE PINO (*Pinus radiata*)
RUNARUNAYOQ – SANTA ROSA - GRAU”**

**Ing. Agustín Elguera Hilares
Presidente Jurado Evaluador**

**MSc. Juan Silver Barreto Carbajal
Primer Miembro Jurado Evaluador**

**MSc. Diana Margareth Quispe Roque
Segundo Miembro Jurado Evaluador
Accesitario**

**Ing. Niki Franklin Flores Pacheco
Asesor de Tesis**



DEDICATORIA

A mis padres; Marco Hugo y Victoria Dolores por darme la vida, por enseñarme la dirección correcta para abrirme el camino, por su apoyo incondicional en las etapas difíciles de mi vida, por brindarme todo lo que estuvo a su alcance para mi formación profesional y personal; a ellos que siempre estuvieron conmigo.

Dick C. Cayturo.

A la madre suprema GAIÁ.

*Al majestuoso bosque de pino de Runarunayoa
momentos de calma bajo la sombra de sus abrazos
en un estado sin tiempo ni espacio
hicieron valer todos los esfuerzos realizados.*



AGRADECIMIENTOS

A mis Padres y Hermanos:

Gracias por darle a mi vida: luz, alegría, experiencia, apoyo, esperanza, confianza, disciplina, valor y sentido. Gracias porque a pesar de mis tropiezos, de mi desdeñoso carácter, de mi indiferencia, de mi inanición siempre mantuvieron su fe y amor en mí.

No hay voluntades como ustedes y, olvidarlos, saben que no hay forma. Seguirán siendo parte de mí y yo de ustedes y, les aseguro que lo mejor de mí es reflejo de ustedes. Al contrario de lo que piensan han sabido guiarme y estoy listo. Gracias por todo: Pa', Ma', Max, Vicky.

A mi tía Luna, Susana, Jackeline, Fabio Nayil, Briana Antonella, Fernando, Jaden, Ayshane, Mirtha, Jack y en forma especial a Yessenia.

A este grupo agradezco su preocupación por mí, su apoyo, sus bromas, su interés, su motivación, su cariño y amor, su confianza, sus pensamientos, sus mensajes, sus palmadas, sus abrazos, sus besos, sus bendiciones, sus buenos deseos y hasta sus amenazas, sus regaños, sus celos, su desmotivación. Gracias por todo aquello que me han brindado. Los estimo muchísimo, son parte de mí y mi mundo y sobre todo LOS QUIERO MUCHO. Es un HONOR ser su amigo, compañero, hermano o lo que sea que ustedes me consideren.

Al Ing. Niki, por su ayuda en la realización de este trabajo, por su compromiso, paciencia y por el tiempo dedicado, Gracias.

A todos muchas gracias, por el tiempo que estuvieron conmigo.



ÍNDICE

	Pág.
Carátula.....	i
Título.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice.....	v
Índice de figuras.....	xii
Índice de cuadros.....	xiii
Índice de tablas.....	xiv
Índice de gráficos.....	xiv
Resumen.....	xvii
Abstract.....	xix
Introducción.....	xxi
Acrónimos, siglas y símbolos.....	xxiii
Capítulo I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
1.1 Planteamiento del Problema de Investigación.....	26
1.1.1 Descripción del problema.....	26
1.1.2. Formulación del problema.....	29
1.2 Justificación e importancia de la investigación.....	30
1.2.1. Justificación.....	30
1.2.2. Importancia.....	32
1.3. Limitaciones.....	32
1.4. Objetivos.....	33



1.4.1. Objetivo General.....	33
1.4.2. Objetivos específicos.....	33
Capítulo II: MARCO TEÓRICO.....	34
2.1. Antecedentes de la investigación.....	35
2.2. Cambio climático.....	39
2.3. Efecto invernadero.....	40
2.4. Gases de efecto invernadero.....	43
2.4.1. Carbono.....	45
2.5. El carbono en los bosques.....	46
2.6. Importancia e interés en el carbono.....	47
2.7. Importancia e interés en el carbono forestal.....	48
2.8. Ciclo biológico del carbono.....	49
2.9. Fotosíntesis.....	52
2.10. Servicios ecosistémicos.....	54
2.11. El servicio ambiental “captura de carbono” en la mitigación del cambio climático global.....	56
2.12. Biomasa.....	59
2.13. Biomasa aérea.....	60
2.14. Importancia del estudio de biomasa.....	61
2.15. Bosques.....	63
2.15.1. Definición de bosques.....	63
2.15.2. Bosques andinos.....	64
2.16. Descripción de la especie (<i>Pinus radiata</i>).....	65



2.17. Taxonomía.....	66
2.18. Descripción botánica.....	66
2.18.1. Árbol.....	66
2.18.2. Corteza.....	67
2.18.3. Ramas y ramillas.....	68
2.18.4. Vainas.....	68
2.18.5. Hojas.....	69
2.18.6. Yemas.....	69
2.19. Inventario forestal.....	70
2.19.1. Definición de inventario forestal.....	70
2.20. Tipo de inventario.....	71
2.20.1. Inventario exploratorio.....	72
2.20.2. Inventario forestal o censo forestal al 100%.....	72
2.21. Objetivo de un inventario forestal.....	73
2.22. Planificación de un inventario forestal.....	75
2.23. Dasonomía (mensura forestal o dasometría).....	77
2.23.1. Que podríamos medir/estimar en árboles.....	78
2.23.2. Resumen de las principales variables dendrométricas	79
2.24. Medida del diámetro del árbol.....	79
2.24.1. Por qué medir el diámetro de los árboles.....	79
2.24.2. Como se mide el diámetro de un árbol.....	80
2.24.3. Qué árboles deben ser medidos.....	84
2.25. Medida de la altura del árbol.....	85



2.25.1. Ojos del operador entre la cima y la base del árbol	85
2.25.2. Ojos del operador por debajo de la base del árbol	86
2.25.3. Ojos del operador por encima del ápice del árbol	86
2.26. Área basimétrica o área basal.....	87
2.26.1. Importancia del área basimétrica (g) como parámetro de masa forestal.....	87
Capítulo III: HIPÓTESIS.....	89
3.1. Hipótesis.....	90
3.2. Sistema de variables.....	90
Capítulo IV: DISEÑO METODOLÓGICO.....	91
4.1 Descripción de la zona de estudio.....	92
4.2 Ubicación del ámbito de estudio.....	92
4.3. Vías de acceso.....	95
4.4. Caracterización del clima.....	95
4.5. Descripción de los materiales.....	99
4.5.1. Materiales de campo.....	99
4.5.2. Equipos de gabinete.....	100
4.6. Superficie del área de estudio.....	101
4.7. Metodología.....	101
4.7.1. Tipo y nivel de estudio.....	101
4.7.2. Diseño de estudio.....	101
4.7.3. Población.....	102
4.7.4. Muestra.....	103



4.7.5. Conducción del experimento.....	106
4.7.6. Proceso metodológico.....	108
4.7.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	109
4.7.7.1. Validez y confiabilidad de los instrumentos.....	109
4.8. Parámetros de evaluación.....	110
4.9. Trabajo de gabinete.....	111
Capítulo V: RESULTADOS	112
5.1. Parámetros de evaluación para la estimación de biomasa y captura de carbono.....	113
5.1.1. DAP.....	113
5.1.2. Altura del árbol.....	119
5.1.3. Biomasa aérea.....	125
5.1.4. Contenido de carbono.....	129
5.2 Descripción de las muestras de suelo.....	133
5.2.1 Interpretación de la calicata N° C – 001 (Estrato 01) (muestra 01).....	135
5.2.2 Interpretación de la calicata N° C – 002 (Estrato 02) (muestra 02).....	138
5.2.3 Interpretación de la calicata N° C – 002 (Estrato 02) (muestra 03).....	140
5.2.4 Interpretación de la calicata N° C – 003 (Estrato 03) (muestra 04).....	142
5.3. Contrastación de los objetivos.....	143



5.3.1. Objetivo general.....	143
5.3.2. Objetivos específicos.....	144
5.4. Contrastación de hipótesis.....	146
5.4.1. Formulamos la H_0 y la H_1	146
5.4.2. Asumimos el nivel de significancia de la prueba.....	146
Capítulo VI: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	148
6.1. Resultados.....	149
6.2 Discusiones.....	153
Capítulo VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	156
7.1. Conclusiones.....	157
7.2. Recomendaciones.....	158



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Efecto invernadero.	42
Figura 02: La proporción relativa de carbono.	47
Figura 03: Los gases de efecto invernadero.	48
Figura 04: Ciclo del carbono.	50
Figura 05: Liberación y fijación de carbono.	57
Figura 06: Partes de un árbol	78
Figura 07: Variables dendrométricas	79
Figura 08: El diámetro a la altura del pecho (DAP) se mide a 1.30 metros sobre el suelo.	80
Figura 09: Cinta diamétrica (anaranjada) y forcípula (plata/azul).	81
Figura 10: (a) diámetro y (b) circunferencia de un árbol típico.	81
Figura 11: La manera (a) correcta y (b) incorrecta de tomar una medición DAP con una cinta diamétrica.	82
Figura 12: Midiendo el diámetro de un árbol con una forcípula.	83
Figura 13: Ojos del operador entre la cima y la base del árbol	86
Figura 14: Ojos del operador por debajo de la base del árbol	86
Figura 15: Ojos del operador por encima del ápice del árbol	87
Figura 16: Área basimétrica	88

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 01: Gases de efecto invernadero y sus características.	44
Cuadro 02: Tipos de servicios ecosistémicos.	55
Cuadro 03: Operacionalización de Variables, Indicadores e Índices.	90
Cuadro 04: Descripción de la calicata N° C – 001 HA	134
Cuadro 05: Descripción de la calicata N° C – 002 HA	137
Cuadro 06: Descripción de la calicata N° C – 002 HB	139
Cuadro 07: Descripción de la calicata N° C – 003 HA	141
Cuadro 08: Características DAP, altura, volumen (Estrato 01)	143
Cuadro 09: Características DAP, altura, volumen (Estrato 02)	144
Cuadro 10: Características DAP, altura, volumen (Estrato 03)	144



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Materiales y equipos utilizados en el experimento	100
Tabla 02: Validez y confiabilidad del instrumento	110
Tabla 03: Coeficiente de correlación Pearson	146
Tabla 04: Contenido de biomasa aérea y carbono por estrato	151



ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 01: Temperatura del área de estudio	96
Gráfico 02: Humedad Relativa del área de estudio	97
Gráfico 03: Precipitación del área de estudio	98
Gráfico 04: Histograma y Polígono de frecuencias Superpuestos DAP (Muestra 68 árboles)	113
Gráfico 05: Frecuencias DAP (Muestra 68 árboles)	114
Gráfico 06: Histograma y Polígono de frecuencias Superpuestos DAP (Muestra 115 árboles)	115
Gráfico 07: Frecuencias DAP (Muestra 115 árboles)	116
Gráfico 08: Histograma y Polígono de frecuencias Superpuestos DAP (Muestra 199 árboles)	117
Gráfico 09: Frecuencias DAP (Muestra 199 árboles)	118
Gráfico 10: Histograma y Polígono de frecuencias superpuestos - altura (Muestra 68 árboles)	119
Gráfico 11: Frecuencias altura (Muestra 68 árboles)	120
Gráfico 12: Histograma y Polígono de frecuencias superpuestos - altura (Muestra 115 árboles)	121
Gráfico 13: Frecuencias altura (Muestra 115 árboles)	122
Gráfico 14: Histograma y Polígono de frecuencias superpuestos - altura (Muestra 199 árboles)	123
Gráfico 15: Frecuencias altura (Muestra 199 árboles)	124



Gráfico 16: Relación DAP – Altura (Muestra 68 árboles)	125
Gráfico 17: Relación DAP – Altura (Muestra 115 árboles)	127
Gráfico 18: Relación DAP – Altura (Muestra 199 árboles)	128
Gráfico 19: Relación Biomasa – Contenido de Carbono (Estrato 01)	129
Gráfico 20: Relación Biomasa – Contenido de carbono (Estrato 02)	130
Gráfico 21: Relación Biomasa – Contenido de carbono (Estrato 03)	132



RESUMEN

Este presente trabajo titulado “Estimado de la biomasa aérea y contenido de carbono en bosque de pino (*Pinus radiata*) Runarunayoc – Santa Rosa - Grau”, bosque ubicado en el distrito de Santa Rosa, Provincia de Grau; propone determinar la cantidad y la característica de la biomasa aérea y la relación existente entre la cantidad de carbono en bosque de pino (*Pinus radiata*). La hipótesis planteada fue “La cantidad y características de biomasa aérea se relacionan favorablemente con la cantidad de carbono en bosque de pino (*Pinus radiata*)” y la metodología aplicada para esta investigación fue descriptivo correlacional donde el incremento de la cantidad de biomasa aérea esta en correlación con el incremento de la cantidad de carbono almacenado cuantificados mediante un inventario forestal.

Se georefenció un área de bosque de pino de 44 Ha; para un mejor desarrollo de la metodología, se dividieron en 3 estratos; donde el estrato 1 representa 8 Ha, estrato 2 representa 13 Ha, estrato 3 representa 23 Ha; por las irregularidades en crecimiento en altura y DAP de los árboles de pino, realizamos las mediciones en muestras representativas de un total de 382 árboles muestreados, distribuidos en cada estrato; para el estrato 1 se tomaron datos en altura y DAP de (68 muestras) de árboles, para el estrato 2 (115 muestras) y para el estrato 3 (199 muestras); se prosiguió con la estimación de biomasa aérea con la utilización de técnicas y metodologías dasométricas representadas en toneladas para cada estrato y se obtuvo, para el estrato 1 se estimó una biomasa aérea de 230.69 Tn/Ha; estrato 2 con 1 619.07 Tn/Ha; para el estrato 3 con 4 937.07 Tn/Ha; haciendo un total de 6 786.83 Tn/Ha, toneladas de biomasa aérea en el bosque de pino. Proseguimos a hallar el contenido de carbono



también representados en toneladas por estrato mediante métodos matemáticos encontrando así, en el estrato 1 con 847.02 Tn/Ha de carbono almacenado en su biomasa aérea; en el estrato 2 con 5 940.48 Tn/Ha, y en el estrato 3 con 18 117.12 Tn/Ha; haciendo un total de 24 904.62 Tn/Ha, de carbono almacenado en las 44 Ha de bosque de pino en el sector de Runarunayoq – Santa Rosa – Grau. El valor del coeficiente de correlación de Pearson (R^2) encontrados en cada estrato, nota un incremento considerable en la relación biomasa aérea y contenido de carbono en el bosque de pino (a mayor biomasa aérea, mayor contenido de carbono), según esta metodología afirma que hay una muy buena correlación/relación directa que se ajusta a los datos reales y por lo tanto el modelo de regresión lineal sirve para hacer pronóstico o para relacionar ambos datos. La curva de ajuste del modelo en el estrato 1 es igual a $R^2=0.723$, nos da buena correlación entre las variables de los ejes X, Y, la ecuación aplicable para este estrato es $Y= 33,55+2,77E2*X$. Para el estrato 2 la curva de ajuste es $R^2=0.542$, nos da una moderada correlación entre las variables de los ejes X, Y, la ecuación aplicable para este estrato es $Y= 2.73E2+2.28E2*X$. Para el estrato 3 la curva de ajuste es $R^2=0.908$, nos da muy buena correlación significativa entre las variables de los ejes X, Y, la ecuación aplicable para este estrato es $Y= 1,3E3+2,63E2*X$.

PALABRAS CLAVE:

DAP, biomasa, contenido de carbono.

ABSTRACT

The present work graduated with a title: ““Estimated aerial biomass and carbon content in pine forest (*Pinus radiata*) Runarunayoc - Santa Rosa - Grau”, Forest located in the district of Santa Rosa belonging to the Province of Grau; Proposed to determine the amount and characteristic of aerial biomass and the relationship between the amount of carbon in pine forest (*Pinus radiata*). Where the hypothesis was "The amount and characteristics of aerial biomass are favorably related to the amount of carbon in pine forest (*Pinus radiata*)" And the methodology applied for this research was correlational descriptive where the increase of the amount of aerial biomass is in correlation with the increase of the amount of stored carbon quantified by means of a forest inventory.

A 44 Ha pine forest area was georeferenced; For a better development of the methodology, were divided into 3 strata; Stratum 1 represents 8 Ha, stratum 2 represents 13 Ha, stratum 3 represents 23 Ha; By the irregularities in growth in height and DAP of the pine trees, we carried out the measurements in representative samples of a total of 382 trees sampled, Distributed in each stratum; For stratum 1, height and DAP data were collected from (68 samples) of trees, for stratum 2 (115 samples) and for stratum 3 (199 samples); The estimation of aerial biomass was followed with the use of dasometric techniques and methodologies represented in tons for each stratum, and for stratum 1 an aerial biomass of 230.69 Tn / Ha was estimated; Stratum 2 with 1 619.07 Tn / Ha; For stratum 3 with 4 937.07 Tn / Ha; Making a total of 6 786.83 Tn / Ha, tons of aerial biomass in the pine forest. We continue to find the carbon content also represented in tonnes per stratum by mathematical methods thus finding, in



stratum 1 with 847.02 Tn / Ha of carbon stored in its aerial biomass; In stratum 2 with 5 940.48 Tn / Ha, and in stratum 3 with 18 117.12 Tn / Ha; Making a total of 24 904.62 Tn / Ha, of carbon stored in the 44 Ha of pine forest in the sector of Runarunayoc - Santa Rosa - Grau. The value of the Pearson correlation coefficient (R^2) found in each stratum shows a significant increase in the relation between aerial biomass and carbon content in the pine forest (the higher aerial biomass, the higher the carbon content), according to this methodology That there is a very good correlation / direct relationship that fits the actual data and therefore the linear regression model serves to forecast or to relate both data. The adjustment curve of the model in stratum 1 is equal to $R^2 = 0.723$, gives us a good correlation between the variables of the axes X, Y, the applicable equation for this stratum is $Y= 33,55+2,77E2*X$. For the stratum 2 the adjustment curve is $R^2 = 0.542$, it also gives us a moderate correlation between the variables of the X, Y axes, the applicable equation for this stratum is $Y= 2.73E2+2.28E2*X$. For stratum 3 the adjustment curve is $R^2 = 0.908$, gives us a very good correlation between the variables of the X, Y axis, the applicable equation for this stratum is $Y= 1,3E3+2,63E2*X$.

KEY WORDS:

DAP, Biomass, Carbon content



INTRODUCCIÓN

Los bosques a través del proceso de fotosíntesis capturan dióxido de carbono atmosférico (CO₂), lo fijan en sus estructuras vivas y parte de éste lo acumulan en su biomasa, de esta manera constituyen reservas de carbono. Otra parte del carbono es intercambiado con la atmósfera, mediante los procesos de respiración y disturbio, como la deforestación e incendios o quemas forestales.

Estimar las reservas de biomasa de los bosques es una herramienta útil para valorar la cantidad de carbono que se almacena en las estructuras vivas en un momento dado, lo cual es importante para evaluar su contribución al ciclo del carbono. De ahí el interés por realizar estimaciones de biomasa en los bosques.

Los bosques en el departamento de Apurímac han sido sometidos a fuertes procesos de disturbio como deforestación y fragmentación, procesos que inciden en la dinámica de acumulación de carbono en su biomasa, por tanto es necesario cuantificar las reservas de biomasa actuales de estos bosques; se trata de cuantificar el carbono almacenado que presentan y de esta manera contribuir en la definición de estrategias de conservación que garanticen el mantenimiento de las reservas actuales, así como la continuidad de los servicios ambientales. La conservación de estos bosques y su manejo sostenible constituyen una estrategia apropiada de mitigación al cambio climático, al reducir las emisiones de carbono producto de las actividades antropogénicas, deforestación y al permitir que se siga acumulando más carbono. Por lo tanto, en el presente estudio titulado “ESTIMADO DE LA BIOMASA AÉREA Y CONTENIDO DE CARBONO EN BOSQUE DE PINO (*Pinus radiata*)

RUNARUNAYOQ – SANTA ROSA - GRAU”. Se ha propuesto estimar la biomasa aérea y contenido de carbono, de esta forma incentivaré estudios posteriores referentes a este tema de gran impacto ambiental.



ACRÓNIMOS, SIGLAS Y SÍMBOLOS

GEI	:Gases de Efecto Invernadero
MDL	:Mecanismo de Desarrollo Limpio
IPCC	:Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
BBC	:Corporación Emisora Británica
ONU	:Organización de las Naciones Unidas
INE	:Instituto Nacional de Ecología
PNUMA	:Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
FAO	:Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FRA	:Recursos Forestales Mundiales (por sus siglas en inglés)
Gt	:Gigatoneladas
REDD	:Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación
CMNUCC	:Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
PGMF	:Plan General de Manejo Forestal
POAs	:Planes Operativos Anuales
PCA	:Parcela de Corta Anual
DCM	:Diámetros Mínimos de Corta
INRENA	:Instituto Nacional de Recursos Naturales
DAP o DN	:Diámetro a la Altura del Pecho
H₂O	:Agua

CO₂	:Dióxido de Carbono
O₂	:Oxígeno
C	:Carbono
CH₄	:Metano
N₂O	:Óxido Nitroso
HCF	:Hidrofluorocarbonados
PFC	:Perfluorocarburos
SF₆	:Hexafluoruro de Azufre
N	:Nitrógeno
P	:Potasio
K	:Calcio
Mg	:Magnesio
GPS	:global positioning system

Capítulo I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN



1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1.1 Descripción del problema

El cambio climático ocasiona numerosos problemas a nivel mundial y es por ello que los países desarrollados, decidieron realizar distintas acciones como, reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), que resultan nocivos para el medio ambiente y en especial que favorecen al calentamiento global con sus múltiples consecuencias.

En este contexto se aprobó el Protocolo de Kyoto que entre los puntos propone, tres mecanismos como estrategias para reducir los gases de efecto invernadero (GEI) que afectan a nuestro planeta. Entre ellos se encuentra el mecanismo de desarrollo limpio (MDL) en el que se incluye la captura de carbono en sistemas boscosos o rodales.

Este es el mecanismo que realizan países en desarrollo y comprende un amplio espectro de posibilidades, proyectos de forestación y reforestación que por medio de la biomasa de la vegetación acumulan de forma temporal volúmenes de carbono. Los valores de carbono que se absorben son estimados mediante diversas técnicas propuestas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y por otras instituciones, para luego determinar el volumen comercial en el mercado internacional.

La discusión científica actual respecto al aumento de la concentración de CO₂ (dióxido de carbono) producto de la combustión de fósiles y la deforestación a nivel mundial, y los Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), conducen a que se centre el interés en la capacidad de captura y de retención de carbono por parte de los bosques, tanto naturales como de plantaciones forestales.

En la atmósfera las concentraciones de carbono cada vez se acumulan y ascienden más de los niveles normales, contribuyendo a la formación de problemáticas como el cambio climático; esta problemática genera diversas cuestiones sobre el llegar a disminuir las emisiones de CO₂ o el poder contrarrestar las actuales y futuras emisiones a través de la fijación de carbono atmosférico utilizando diversas plantaciones arbóreas dentro y fuera de las comunidades.

Esta condición genera una gran oportunidad para el país, y en particular para las comunidades con un sector forestal, donde el manejo de bosques nativos y el desarrollo de nuevas plantaciones ofrecen la posibilidad de generar una alta oferta de captura de carbono, transable en este mercado naciente, con nuevas posibilidades de negocio para el país y las comunidades.

Existen métodos destructivos antrópicos para estimar la biomasa aérea y el contenido de carbono en bosques o rodales, el cual implica la deforestación, tala, depredación de estos mismos, generando así una disminución de la cobertura forestal en zonas y comunidades donde los suelos son aptos para

plantaciones forestales, perdiendo así condiciones óptimas de suelo para sistemas boscosos, por medio de las erosiones: hídrica, eólicas y antrópicas.

En el Perú la mayor parte de los sistemas boscosos se encuentran en la región selva, las cuales pocas extensiones de bosques fueron estimadas en cuanto a biomasa y captura de carbono, debido a estas experiencias de investigación; en nuestro Departamento de Apurímac, aún no se aplica estas metodologías, debido a la existencia de pocas extensiones de bosques naturales o introducidos, algunas comunidades como es el caso del sector Runarunayoc, distrito de Santa Rosa, que poseen pequeñas extensiones de bosques en las cuales se pueden estimar la biomasa aérea y por consiguiente la captura de carbono esto para poder darle una utilidad ecológica económica en cuanto a bonos de carbono se refiere, por ocupar una extensión considerable de espacio geográfico dentro del distrito y este mismo beneficiarse por poseer hectáreas de bosques que no solo son utilizados en subproductos sino que también cumplen un papel importante en cuanto a servicios ambientales como medida de mitigación al cambio climático global.

Las características del bosque y de cada árbol son una importante fuente de información, para los objetivos que queremos alcanzar en el proyecto, el bosque de pino tiene una edad de 15 años, en el reconocimiento de la población observamos que los árboles crecieron irregularmente, encontramos diferentes factores por los cuales se evidencian ciertas características morfológicas de los árboles que serán tomados dentro de la muestra, estos factores son, por ejemplo: el tipo de suelo en distintas zonas dentro de la

población del pino, la altitud que varía desde donde inicia hasta donde termina el bosque, la falta de riegos, las condiciones climáticas, el desconocimientos del manejo técnico forestal por parte del propietario del bosque, debido a estos factores, las características en la altura, el diámetro, de cada árbol son distintos dentro de la población de pino por consiguiente hallaremos proporciones de biomasa aérea y contenido de carbono muy diferentes, que es el fin y lo que se desea estimar en esta investigación.

Por esta razón formulamos el problema en base a la siguiente pregunta:

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

a. Problema general.

¿Cuál es el contenido y característica de la biomasa aérea y cómo se relaciona con el contenido de carbono en bosque de pino (*Pinus radiata*)?

b. Problemas específicos.

¿Cuáles son las características de la biomasa aérea en bosque de pino?

¿Cuál es el contenido de biomasa aérea en bosque de pino?

¿Cuál es el contenido de carbono en bosque de pino?

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. JUSTIFICACIÓN

Los bosques son escenarios paisajísticos naturales que dan un equilibrio ecosistémico al lugar que ocupan en el espacio, en el cual existe diversidad biológica, esto conlleva a que los bosques formen sistemas ecogeográficos naturales donde se desarrolla nichos ecológicos en distintas categorías, en cuanto a temas medio ambientales es la producción del oxígeno (O₂) y la captura de carbono (C), así como su contribución en la disminución de gases de efecto invernadero como medida de mitigación al cambio climático global.

Existen vías políticas nacionales e internacionales como la convención del Protocolo de Kyoto, febrero del 2005, en el cual propones tres puntos, entre ellos el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), en las cuales las comunidades que poseen considerables extensiones de bosques, tal es el caso del bosque de pino en el sector Runarunayoq, distrito de Santa Rosa que pueden ser concesionados en el mercado internacional como bonos de carbono forestal o créditos de carbono a países industrializados firmantes del Protocolo de Kyoto, que tienen compromisos de reducción de (GEI), a favor del progreso y desarrollo de la comunidad. El precio actual varia, una tonelada de carbono almacenado en los sistemas boscosos puede costar entre US\$3 hasta US\$20. Los créditos de carbono son certificados emitidos cuando ocurre la reducción de emisión de gases del efecto invernadero resultado de alguna actividad de conservación de un bosque y/o de reforestación. Por convención, fue

establecido que una tonelada de (CO_2) corresponde a una unidad de crédito de carbono. Estos créditos de carbono son negociados en mercados nacionales o internacionales entre países o empresas.

La metodología utilizada en esta investigación tiene validez y confiabilidad y que al ser empleados en otros trabajos resultan ser eficaces; asimismo los procedimientos y técnicas empleados son pertinentes ya que al momento de seleccionar una población representativa en pie, aplicaremos el métodos no destructivo para estimar el contenido de biomasa aérea y carbono forestal, evitando así una depredación forestal por parte nuestra, respetando el sistema ecológico del bosque y la naturaleza del sector Runarunayoq.

Se busca estimar el contenido de biomasa aérea y captura de carbono forestal, así obtener información sobre el contenido de carbono total existente en el bosque de Pino. Esta investigación a futuro servirá como base para aquellas comunidades interesadas que deseen estimar el contenido de carbono existente en sus bosques y mediante vías políticas concesionarlas en el mercado como bonos de carbono forestal así buscar un desarrollo equilibrado y sustentable en bien del progreso de la comunidad y que este tema referente a captura de carbono en bosques sea un tema de agenda de desarrollo en las diferentes comunidades que cuentan con áreas de bosques en el ámbito de nuestra provincia de Grau y que organizaciones e instituciones como los gobiernos locales inmiscuidos en el tema desarrollen e impulsen proyectos forestales.



1.2.2 IMPORTANCIA

Los bosques juegan un rol importante en el ciclo del carbono global porque contribuyen a regular las concentraciones de CO₂ en la atmósfera. Se estima que las emisiones de carbono debido a la deforestación representan aproximadamente 20% de las emisiones totales generadas por las acciones humanas. En contraparte, resultados de parcelas permanentes de bosques intactos han funcionado como sumideros de carbono en las últimas décadas. En términos generales debemos recalcar que los bosques intactos han ayudado a reducir el aumento de CO₂ en la atmósfera en las últimas décadas, siendo una de las diferentes acciones en cuanto a mitigación al cambio climático global.

1.3. LIMITACIONES

El presente estudio Titulado “ESTIMADO DE LA BIOMASA AÉREA Y CONTENIDO DE CARBONO EN BOSQUE DE PINO (*Pinus radiata*) RUNARUNAYOQ - SANTA ROSA – GRAU”, cuyas limitantes para el desarrollo del proyecto de investigación, encontramos, que la población existente de bosque en el sector de Runarunayoq no cuenta con un debido manejo forestal, la población del bosque es de una edad de 15 años, en el cual encontramos tamaños irregulares en cuanto a diámetro y altura de los árboles, debido al tipo y calidad de suelo existente en la zona, la escasa información bibliográfica relaciona a la investigación en la región.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- ❖ Determinar el contenido y la característica de la biomasa aérea y la relación existente entre el contenido de carbono en bosque de pino (*Pinus radiata*).

1.4.2. Objetivos específicos

- ❖ Caracterizar la biomasa aérea en bosque de pino (*Pinus radiata*).
- ❖ Estimar el contenido de biomasa aérea en bosque de pino (*Pinus radiata*).
- ❖ Estimar el contenido de carbono en bosque de pino (*Pinus radiata*).

Capítulo II

MARCO TEÓRICO



2.1. Antecedentes de la Investigación.

BORRERO, (2012). Estudió la biomasa aérea y contenido de carbono en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, cuyo objetivo fue caracterizar la biomasa aérea y productividad primaria arbórea y su relación con el contenido de carbono en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Donde expresa que la producción de biomasa y la captura de carbono son elementos de gran importancia a considerar para establecer el estado de los ecosistemas naturales y urbanos. En el presente trabajo se realizó la estimación de la biomasa arbórea, de la producción primaria aérea y la estimación del contenido de carbono del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, a partir de la cuantificación de la cobertura arbórea, el cálculo de la biomasa arbórea aérea, la estimación de la producción primaria de biomasa y la estimación del contenido de carbono del campus. Los resultados muestran que la cobertura arbórea cuantificada fue de 21.16 ha. La biomasa aérea arbórea calculada fue para el área 1 de muestreo de 129,05 T/ha, para el área 2 fue de 32,55 T/ha. y para el área 3 fue de 90,14 T/ha. La producción primaria de biomasa estimada fue de 626,16 Kg/ha y el contenido de carbono estimado fue de 125,87 T/ha. La producción estimada de biomasa en el campus es comparable a la registrada en los bosques de pino de España, indicando que son áreas de bosques urbanos maduros, con un número considerable de especies introducidas europeas.

PIZZURNO, (2010). Estudió sobre la estimación preliminar del stock de carbono en diferentes tipos de bosques en el parque nacional de Caazapá,



Departamento de Caazapá, región oriental de Paraguay, se establecieron y midieron parcelas con el objetivo de estimar de manera preliminar el *stock* de carbono en el bosque. El área de estudio fue estratificado según la clasificación de la UNESCO – TNC que considera para el parque tres tipos de bosques: Bosque Denso Semidecídulo Estacionalmente Saturado (BDSES), Bosque Abierto Semidecídulo Subhúmedo (BASSH) y Bosque de Galería (BG). Fueron establecidas dos parcelas permanentes rectangulares de disposición anidada de 1000 m² en cada tipo de bosque, totalizando seis. Las parcelas en el BDSES que constituye el estrato I se encuentran en Emiliano-re en las coordenadas geográficas 26° 2' 2,92" S - 55° 45' 43,40" W y en la Colonia Pindo en 26° 5' 42,92" S - 55° 39' 38,91" W; en el estrato II denominado BASSH las parcelas se localizan en Cristal 26° 7' 42,36" S - 55° 43' 49,87" W y Correa-fue en 26° 7' 28,96" S - 55° 33' 40,02" W y en el estrato III designado como BG las unidades muestrales se sitúan en Gavilán 26° 6' 40,95" S - 55° 41' 47,92" W y Apepu en 26° 5' 41,53" S - 55° 26' 38,69" W. Empleando datos dasométricos provenientes de las seis parcelas de muestreo, se realizó un análisis del contenido de carbono por estrato. Para el estudio se tuvieron en cuenta la medición e identificación de los individuos con diámetro ≤ 5 cm. Los resultados arrojaron 22 familias botánicas, 42 géneros, 45 especies leñosas y 287 individuos. El estrato I almacena en promedio 195,2 tC/ha., el estrato II 151,3 tC/ha. y el estrato III 308,15 tC/ha, que convertido a dióxido de carbono equivalente remueve de la atmósfera 715,79 tCO₂e/ha., 554,45 tCO₂e/ha. y 1.129,98 tCO₂e/ha., en cada estrato respectivamente. En esta investigación las

variables estudiadas como área basal, volumen y carbono almacenado no presentan diferencias significativas en los distintos estratos.

JIMÉNEZ, (2010). Realizó un estudio sobre el uso de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en la parte aérea de *Pinus hartwegii* Linl., en el parque nacional Izta-Popo, donde menciona que, en los últimos años el pago por servicios ambientales como medida de mitigación al cambio climático global ha cobrado gran auge; en este contexto se busca realizar medidas más precisas en la cuantificación de la captura de carbono en los diferentes ecosistemas. En contribución, se generó este estudio realizando un muestreo destructivo de 29 árboles de *Pinus hartwegii* Lindl., en el Parque Nacional Izta-Popo, con el fin de conocer su contenido de biomasa aérea por medio de secado bajo condiciones de invernadero y estufa, así como su contenido de carbono por el método de combustión seca. El porcentaje de biomasa aérea respecto al peso húmedo que contuvieron los árboles fue de 57.95%, el 48.55% de la biomasa fue carbono. La biomasa se distribuyó en su mayoría en el fuste de los árboles y correspondió al 65.31%, en las ramas al 23.79% y en el follaje al 10.89 %. Así mismo el contenido de carbono respecto a la biomasa se distribuyó: 64.91% fuste, 24.19% ramas y 10.90% follaje. La variable diámetro normal (DN) fue suficiente para estimar la biomasa y el carbono presente en los árboles a través del cálculo de los parámetros del modelo $Y=bX^k$ por medio de una regresión. Para la biomasa se obtuvo la ecuación $B=0.0635*DN^{2.4725}$ y para el contenido de carbono $C=0.0309*DN^{2.4722}$. El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.98 para

ambas ecuaciones. El análisis de residuales y la gráfica normal de los mismos ayudaron a determinar la confiabilidad de los modelos.

ESPINOSA, (2005). Realizó un estudio sobre la estimación del contenido y captura de carbono en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cuenca alta del río Magdalena, D. F., en donde fundamenta que los bosques son los ecosistemas terrestres que capturan más carbono, por lo tanto han sido parte de los principales temas en las reuniones internacionales sobre cambio climático global. La evaluación del contenido de carbono del bosque de *Pinus hartwegii* en la cuenca alta del río Magdalena, D. F., es una de las primeras acciones que nos permitan conocer la capacidad que tiene éste bosque para mitigar la emisiones de carbono. Además de su importancia dado que se encuentra dentro de un área natural protegida en una zona urbana. El método utilizado se deriva a partir de reuniones internacionales convocadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) desde 1994. El área de estudio tiene una superficie de 2,926 ha, donde 1,014 ha (35%) corresponden al bosque de *Pinus hartwegii*. De acuerdo con la cobertura del estrato arbóreo se dividió en tres comunidades: la comunidad *Pinus hartwegii* cubre 679 ha., la comunidad *Pinus hartwegii*-Pastizal tiene una superficie de 133 ha., y la comunidad Pastizal- *Pinus hartwegii* una de 203 ha. En cada comunidad se evaluó la estructura, se estimó el incremento corriente anual (ICA) y se calculó la edad del arbolado, finalmente se estimó el contenido y la captura potencial de carbono. El diámetro normalizado (DN) promedio del bosque es de 0.17 m con una altura promedio de 9.22 m. El



contenido carbono total estimado para el bosque de *Pinus hartwegii* es de 44,564.21 tC/ha. El ICA difiere de una comunidad a otra, teniendo incrementos desde 0.017 hasta 4.62 m³/ha/ año; asimismo, se obtuvo la edad promedio para cada comunidad: *Pinus hartwegii* 30 años, *Pinus hartwegii* -Pastizal 34 años y Pastizal- *Pinus hartwegii* 39 años. La captura potencial de carbono consiste en realizar escenarios de crecimiento de los árboles a partir del ICA, la edad del bosque y el contenido de carbono obtenidos durante el año de muestreo. La estimación de captura potencial de carbono se realizó a 5, 10, 15, 20, 25, 35, 45 y 50 años. Considerando los resultados obtenidos en captura de carbono se sugieren intervenciones inmediatas de manejo forestal con la finalidad de mantener el incremento corriente anual del bosque, inclusive aumentarlo para potenciar la captura de carbono.

2.2. Cambio Climático

IPCC, (2007), (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). El cambio climático global, se define como las modificaciones termodinámicas que ocurren en la atmósfera a escala global, como consecuencia de incremento de las concentraciones de GEI, provocando el calentamiento del planeta.

DUARTE *et. al.*, (2006). Este cambio se halla atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas y a la variabilidad natural del clima. El cambio climático global, representa actualmente el problema ambiental más

grave y es derivado en buena medida de diversas fuentes antropogénicas, entre las que el IPCC, (2007), (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE), destaca: la generación de energía, los procesos industriales, la agricultura y el cambio de uso de suelo, la generación de desechos, los combustibles del transporte internacional aéreo y marítimo y las emisiones de CO₂ por quema de biomasa; que dan lugar a acentuación del efecto invernadero.

2.3. Efecto Invernadero

CAMILLONI I; VERA C, (2008). Nuestro planeta está rodeado por una delgada capa de gases denominada atmósfera que alcanza una altura de casi 1,000 km, compuesta por nitrógeno (78.3%), oxígeno (21.0%), argón (0.9%), dióxido de carbono (0.036%) y otros gases en concentraciones menores como helio, neón y xenón. Contiene además partículas en cantidades variables y vapor de agua en concentraciones fluctuantes.

IPCC, (1990). (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). El clima de la tierra está dado por el balance en la entrada y salida de energía en forma de radiación solar (equilibrio radioactivo), de su actividad radioactiva y de la abundancia de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera, nubes y aerosoles.

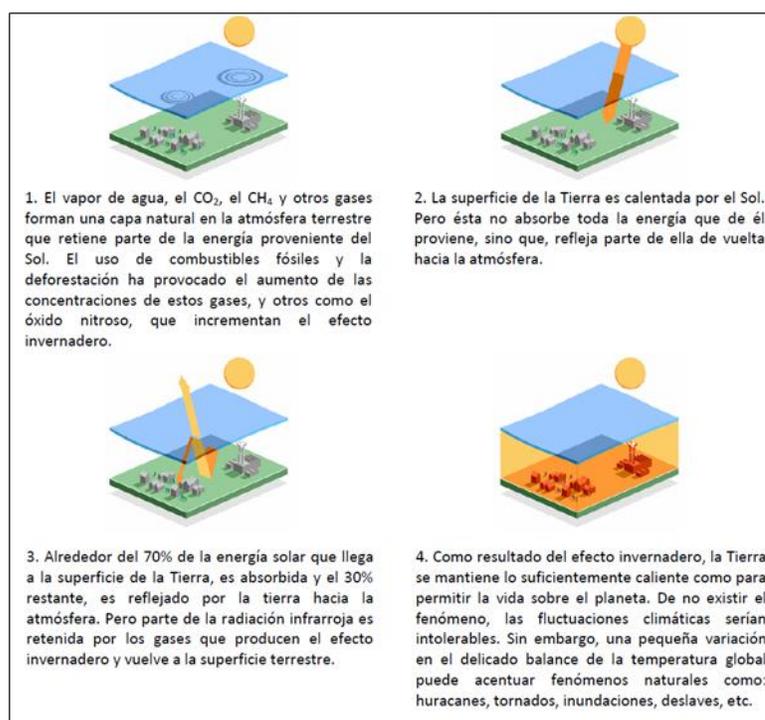
MAGAÑA, (1994). El 19% de la energía es absorbida por la atmósfera (depleción), 51% por la superficie de la tierra (insolación) y el 30% restante es reflejada al espacio exterior.

DUARTE et. al., (2006). A su paso por la tierra, la humanidad ha inducido modificaciones conocidas como cambio global, que afectan los componentes biofísicos (agua, aire, suelos, biodiversidad), el comportamiento de los ecosistemas y generan efectos en los sistemas socioeconómicos; entre las consecuencias más importantes de este cambio está el cambio en las concentraciones de algunos compuestos en la atmósfera, que han alterado la termodinámica del planeta.

WANG et. al., (1976); estos gases llamados de efecto invernadero (GEI) tienen la capacidad de aumentar la temperatura del aire y modificar los patrones climáticos globales.

MASERA, (2006). El efecto invernadero (Figura 01) se debe a que algunos gases atmosféricos en particular, permiten que la mayor parte de la radiación solar incidente penetre a través de la atmósfera, una parte de esa radiación es absorbida por la superficie terrestre propiciando que se caliente y otra es reflejada hacia el espacio exterior, cuanto mayor es la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, menor es la cantidad de radiación infrarroja que el planeta re emite libremente al espacio exterior, de esta manera, al aumentar la concentración de gases de efecto invernadero, se incrementa la cantidad de calor atrapado en la atmósfera, dando origen a que se eleve anormalmente la temperatura superficial de planeta.

Figura 01: Efecto Invernadero



Fuente: (BBC, 2010).

Según las proyecciones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2001), a medida que el CO₂ continúe aumentando en la atmósfera, la modificación de la temperatura podría resultar en un incremento entre 1.5 a 3.5 °C, lo que traería perturbaciones de tipo, biológico, social y económico.

IPCC, (2007). (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). Estos factores afectan directamente al hombre y aquellas actividades económicas que tienen una relación directa o indirecta con el estado del tiempo. De la misma forma las alteraciones climáticas y ambientales (Ejemplos., aumento del nivel del mar, incremento e intensidad de tormentas, entre las principales), traerían consigo una crisis social y conflictos políticos.

2.4. Gases de Efecto Invernadero

ONU, (1998). (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS). Los gases que incrementan el efecto invernadero y que son reconocidos por el protocolo de Kyoto son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los derivados fluorados del metano y etano (HFC), los perfluorocarburos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6).

IPCC, (1990). (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). Estos gases provienen de diversas fuentes que pueden ser naturales o antropogénicas, en el cuadro 01 (modificado y actualizado para este estudio), se proporciona información sobre los principales (GEI), la fuente antropogénica que los genera, la concentración al 2005 estimada en el planeta, la concentración que alcanzo en la era preindustrial, el tiempo de permanencia (residencia) en la atmósfera y su potencial de calentamiento.

Cuadro 01: Gases de Efecto Invernadero y sus Características

	Gas	Concentración		Actual	Tiempo de residencia en la atmósfera (años)	Potencial de calentamiento
		Fuentes	Preindustrial (1750)			
Gases de origen natural	Dióxido de carbono (CO ₂)	uso de combustibles fósiles y leña, reacciones químicas en proceso de manufactura	288 ppm	379 ppm (año 2005)	50 - 200	1
	Metano (CH ₄)	Cultivo de arroz, ganado, tiraderos de basura, uso de combustibles fósiles, escape de gas en minas y pozos de petróleo.	0.715 ppm	1.774 ppm (año 2005)	12	21
	Óxido nitroso (N ₂ O)	producción y uso de fertilizantes nitrogenados, deforestación, uso de leña	270 ppm	319 ppm (año 2005)	120 - 150	310
Gases antropogénicos	Hidrofluorocar bonados (HFCs)	procesos de manufactura y usados como refrigerantes	ND	0.014 ppm (año 1998)	45 - 260	140 - 11,700
	Perfluorocarburos (PFCs)	Emitidos en procesos de manufactura y usados como refrigerantes.	0.04 ppm	0.08 ppm (año 1998)	>50,000	6,500 - 9,200
	Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	Emitidos en procesos de manufactura donde se usa como fluido dieléctrico.	ND	0.0042 ppm (año 1998)	3,200	23,900

***1ppm=1mg/L. por paridad se usan las unidades ppm, empleadas por el IPCC**

Fuente: (IPCC, 1990).

SMITH *et al.*, (1993). Desde la revolución industrial, la concentración de GEI se ha incrementado rápidamente; el CO₂ es el gas más importante y su concentración en 1990, resulto 25% mayor que en la etapa preindustrial (antes de 1750), cuyo valor era de alrededor de 280 ppm y aun por encima de cualquier periodo durante los últimos 250 años.

IPCC, (1990). (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). Muchos de estos gases tienen tiempos de vida (residencia atmosférica) que van desde décadas hasta centenares de años, por lo que los cambios en las concentraciones de la atmósfera se manifiestan lentamente como respuesta a los que se dan en las tasas de emisión.

2.4.1. Carbono

HARRISON, (2003). El carbono es el cuarto elemento de mayor abundancia en el universo y es esencial para la vida que se desarrolla en nuestro planeta. El carbono colabora en la definición propia de la vida ya que su presencia o ausencia permite ayudar a definir si una molécula es considerada orgánica o inorgánica.

SCHIMMEL, (1995). Todos los organismos vivos están constituidos por compuestos de carbono, que se obtienen como resultado de procesos metabólicos realizados durante su desarrollo y que son liberados cuando mueren; se estima que aproximadamente el 50% del peso seco de cualquier organismo lo constituye este elemento.

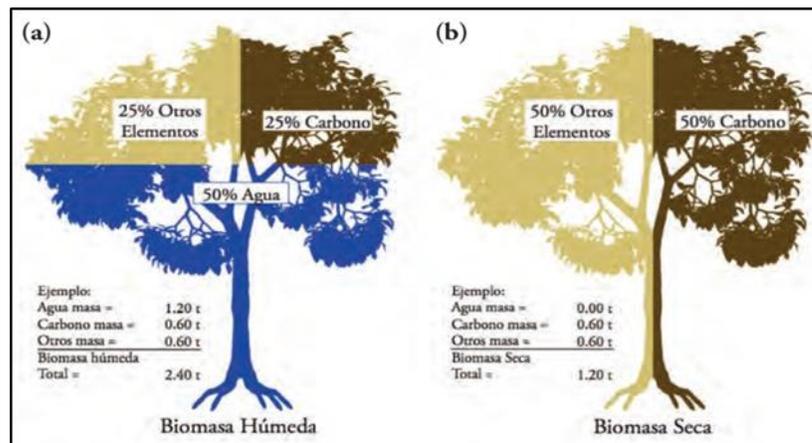
IPCC (1990). (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). El carbono se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza: en el agua en forma de carbonatos disueltos; en el aire como dióxido de carbono o anhídrido carbónico (CO_2) que es un componente importante de la atmósfera y la principal fuente de carbono que se

incorpora a la materia viva y en la tierra formando parte de las rocas calizas; aunque solo constituye un 0.025% de la corteza terrestre.

2.5. El Carbono en los Bosques

WALKER *et. al.*, (2011). El carbono es uno de los elementos químicos más abundantes del planeta Tierra y está presente en todos los seres vivos. Es también un componente que se encuentra naturalmente en la atmósfera de la Tierra. Representado por el símbolo C, el carbono se encuentra en grandes cantidades en las hojas, ramas, tallos y raíces de los árboles. Además de estar compuesta de hasta 50% de agua, la biomasa de un árbol vivo contiene aproximadamente 25% de carbono (Figura 02). El 25% restante está formado de otros elementos en diferentes cantidades incluyendo el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y otros elementos en cantidades mínimas. Sin embargo, si toda el agua contenida en un árbol vivo fuera removida, la proporción de la restante biomasa seca que consista de carbono se incrementaría de 25 a 50%. Por consiguiente, el carbono constituye aproximadamente la $\frac{1}{2}$ del total de la BSS de un árbol. Por ejemplo, si un árbol tiene una BSS de 2.4 toneladas métricas entonces el carbono encontrado en este árbol tiene un peso de 1.2 toneladas métricas (es decir; $2.40 \text{ t} \div 2 = 1.20 \text{ t}$) (Figura 02).

Figura 02: La proporción relativa de Carbono (C).

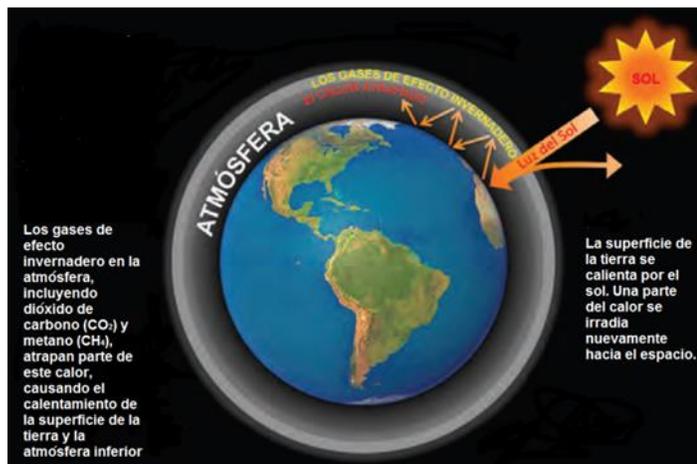


Fuente: (WALKER *et. al.*, 2011).

2.6. Importancia e Interés en el Carbono

WALKER *et. al.*, (2011). El carbono se encuentra en los compuestos químicos dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4), dos gases de efecto invernadero que se encuentran naturalmente en la atmósfera pero que también son producidos en grandes cantidades por las actividades humanas, esto es por la quema de combustibles fósiles tales como el carbón y el petróleo. Los gases de efecto invernadero actúan como una manta sobre la Tierra, atrapando el calor cerca de la superficie, manteniendo la temperatura del planeta lo suficientemente cálida para sustentar la vida (Figura 03). Sin embargo, mientras la concentración de estos gases se incrementa en la atmósfera, el grosor de esta manta también se incrementa, provocando que las temperaturas se eleven en todo el planeta. Demasiado calentamiento puede tener efectos dramáticos en el clima global, haciendo que algunas áreas del planeta se vuelvan no aptas para la existencia de plantas, animales y seres humanos.

Figura 03. Gases de efecto invernadero.



Fuente: (WALKER *et. al.*, 2011).

2.7. Importancia e Interés en el Carbono Forestal

WALKER *et. al.*, (2011). A través del proceso de fotosíntesis, los bosques absorben CO_2 de la atmósfera a medida que crecen, almacenando grandes cantidades de carbono en la biomasa de sus hojas, ramas, tallos y raíces mientras que liberan oxígeno hacia la atmósfera. Los bosques de la América, África y Asia tropicales representan bodegas enormes de carbono sin embargo están desapareciendo a un ritmo de casi 8.0 millones de hectáreas por año.

WALKER *et. al.*, (2011). En un esfuerzo por mantener los bosques tropicales y sus bastos almacenes de carbono intactos, la comunidad internacional está trabajando para implementar políticas que compensarían a las naciones tropicales por reducir emisiones de carbono debido a la deforestación y la degradación de los bosques tropicales. Políticas exitosas requerirán, entre otras cosas, el desarrollo de sistemas operacionales de medición y monitoreo de bosques para rastrear las ganancias y las pérdidas a través del tiempo del carbono forestal.

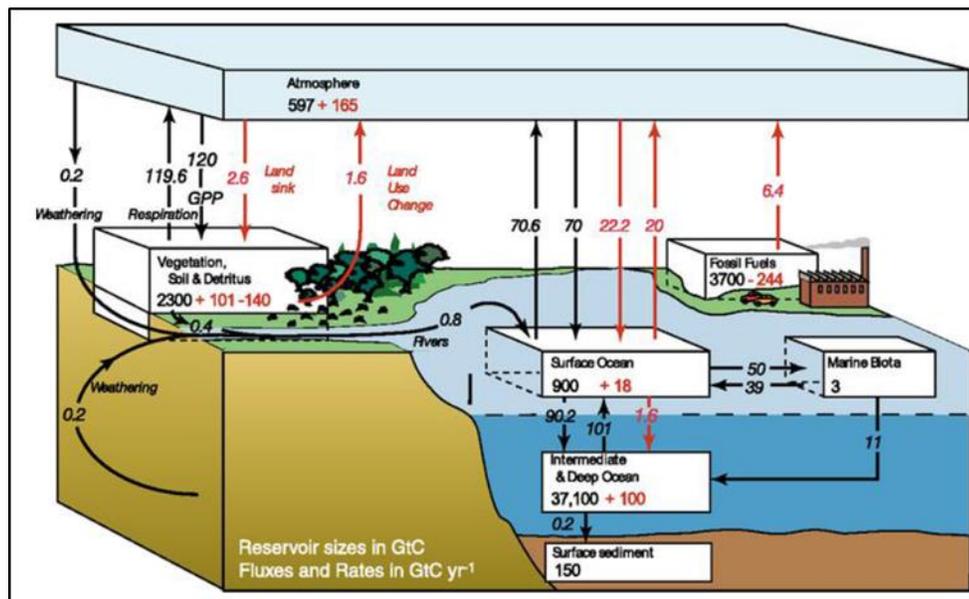
2.8. Ciclo Biológico del Carbono

ORDÓÑEZ, (2008). Para comprender la dinámica de acumulación e intercambio de GEI entre los componentes del sistema planetario como la atmosfera, la biosfera, la litosfera, la hidrosfera y la edafósfera, es indispensable comprender el funcionamiento del ciclo global del carbono identificando sus fuentes, flujos y almacenes, algunos de ellos representados en la figura 04.

SMITH, *et al.*, (1993). El ciclo del carbono se basa en una serie de fuentes y sumideros de almacenamiento de carbono y los procesos (naturales y antrópicos) por los cuales varias de estas intercambian carbono (las flechas y los números en la figura 04, señalan las fuentes y sumideros).

HARRISON, (2003). Si la cantidad de carbono que se emite de una fuente es mayor de la que se captura, el proceso es considerado como un emisor neto de carbono; pero si por el contrario la cantidad de carbono que se emite es menor de la que se almacena, entonces se considera un sumidero neto de carbono.

Figura 04: Ciclo del carbono.



Fuente: (IPCC, 2007).

FRAGOSO, (2003). El carbono atmosférico se encuentra asociado al oxígeno formando CO_2 (como producto de la respiración y/o de algún proceso de combustión), el cual es incorporado a través de los estomas de las hojas al interior de la plantas, por medio del proceso de fotosíntesis, mediante el cual los árboles toman CO_2 del aire, lo combinan con hidrógeno que obtienen del agua utilizando la energía almacenada en los cloroplastos y a partir de éstos se sintetizan los carbohidratos básicos que al incorporarse con otros elementos minerales del suelo pueden ser utilizados para aumentar el tamaño de los órganos vegetales (follaje, ramas, raíces, y tronco o tallo), satisfacer las necesidades reproductivas y suministrar energía al organismo al mismo tiempo que liberan oxígeno. Una parte del carbono fijado es transformado en biomasa, otra parte es liberada a la atmosfera por medio de la respiración a través de las

hojas o raíces y una última parte es consumida por los animales que también liberan CO_2 de su respiración.

SCHIMEL, (1995). Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo, por lo que la materia orgánica del suelo se forma de los residuos en diferentes grados de descomposición, aunque este carbono no se acumula indefinidamente, sino que se libera cuando la materia orgánica es completamente descompuesta, pero también produce anhídrido carbónico (CO_2) que regresa a la atmosfera. Esta parte biológica del ciclo se efectúa en menos de un año para los procesos de respiración – fotosíntesis y hasta decenas de años para los de descomposición de la materia orgánica.

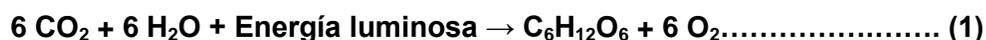
INE, (2007). (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA). La fijación de carbono por acción de las bacterias es otra manera de capturar el CO_2 de la atmosfera aunque cuantitativamente menos importante que la fijación por plantas. En ocasiones cuando los organismos vegetales son comprimidos por deposición, no son atacados por descomponedores y se favorece que transcurran una serie de cambios químicos para formar turba después lignita y finalmente carbono. Los cuerpos de algunos organismos marinos pueden tener cambios semejantes si existen las condiciones geológicas de temperatura y presión y formar a largo plazo depósitos de petróleo.



2.9. Fotosíntesis

SCHLESINGER, (1997). Actualmente el tema de captura de carbono es muy común en foros generales y científicos. Este estudio explica por la importancia que tiene el ciclo del carbono con el cambio climático. El papel de los bosques en el cambio climático global es importante por la relación de éstos con el ciclo del carbono. Desde el punto de vista de la química cuando se habla de carbono se está refiriendo a uno de los elementos básicos que forman parte de entorno y que puede constituir compuestos orgánicos e inorgánicos. Sin embargo, cuando nos referimos al carbono de la vegetación hablamos de formas de carbono orgánico que constituyen el tejido vegetal y que tuvieron origen a partir de dióxido de carbono (CO_2) atmosférico. Las formas orgánicas de carbono en tejido vegetal contienen principalmente enlaces de Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, donde en términos de masa, el carbono participa con alrededor del 50%. De tal manera que en los foros de cambio climático, el término carbono es referido a la fracción presente en el tejido vegetal. El carbono es uno de los insumos que requieren las plantas durante el proceso de fotosíntesis. Por medio de la fotosíntesis las plantas elaboran los compuestos de carbono que requieren tanto para mantener sus funciones vitales como para la acumulación de tejido que podemos ver a través del crecimiento o acumulación de biomasa. La forma en que las plantas asimilan el carbono es en CO_2 , que es un gas que forma parte de la atmósfera con una representatividad aproximada del 0.036% en volumen. En la naturaleza cualquier proceso requiere de energía. Por lo tanto, como cualquier otro

proceso la transformación de CO₂ en compuestos orgánicos requiere de energía. El proceso inicia con la activación de algunas moléculas en la hoja de la planta por medio de la radiación del sol. El proceso es complejo, pero su forma más sencilla se entiende con la siguiente reacción:



Si se empleara la reacción mostrada en la Ecuación (1) para estimar la proporción de carbono en los primeros carbohidratos (C₆H₁₂O₆) de la fotosíntesis, la aproximación burda del contenido de carbono sería de aproximadamente 40%. Este valor se obtiene considerando los valores de masa molecular y se puede ver que el carbono participa con 72 unidades de masa (6x12=72) de un total de 180 unidades de masa. De manera similar si se realizara un cálculo promedio de la contribución del C en el tejido vegetal encontraríamos en general una composición relativamente constante en C que oscila entre 47 a 51%. Por esta razón, un factor de 50% es aceptable para estimaciones preliminares de carbono en biomasa. Otra característica importante de la reacción (ver ecuación 1) es que el hecho de que se requiere CO₂ como insumo, que por supuesto proviene de la atmósfera. La reacción está indicando que la planta consume CO₂ para la fabricación de biomasa. Por lo tanto, resulta interesante identificar en la reacción de la fotosíntesis un proceso natural para abatir los niveles de CO₂ de la atmósfera. Además, viendo que uno de los productos de la reacción (1) es el oxígeno, llama aún más la atención la idea de revertir los niveles de CO₂ atmosférico con prácticas como

reforestación, preservación de los bosques existentes y la protección de la materia orgánica estable del suelo.

EUA = cantidad de CO₂ fijado en mmoles / cantidad agua perdida en moles... (2)

En la naturaleza el cociente de la ecuación (2) oscila de 0.86 a 1.50. No todas las especies forestales son igualmente atractivas para favorecer la captura de carbono y agua en el ecosistema. En resumen, en la reacción de la fotosíntesis (ecuación 1) se involucran los compuestos agua y carbono, lo que a su vez corresponden con los motivos principales para el pago por servicios ambientales. Los responsables de regular los sistemas de servicios ambientales deben estar conscientes de que están involucrando procesos físicos y biológicos los cuales presentan una gran variabilidad y que no hay fórmulas mágicas para su predicción. Las herramientas generadas a partir de investigación son una aproximación a la realidad y es muy importante promover la obtención de parámetros biofísicos medidos en nuestros ecosistemas.

2.10. Servicios Ecosistémicos

DAILY *et al.*, (1997). Los servicios ecosistémicos se definen como un conjunto de condiciones y procesos naturales cuya existencia brinda beneficios a la sociedad que los aprovecha de diferentes formas y que les permiten cubrir sus necesidades básicas para subsistir.

TORRES *et al.*, (2010). Estos servicios son generados por un complejo número de ciclos que operan a diferentes escalas y se pueden clasificar en 4

grandes categorías que se muestra en el (cuadro 02), reconocidos y aceptados por el PNUMA (PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE), (2005).

Cuadro 02: Tipos de servicios ecosistémicos.

Tipo de Servicio	Descripción	Servicio
Soporte	Aquellos que contribuyen a la autorregulación y mantenimiento del resto de los servicios. Algunos de estos procesos pueden llevarse a cabo en escalas de tiempo muy amplias	Formación de suelo, ciclos de nutrientes
Provisión	Son brindados de manera directa por los ecosistemas	Alimentos, fibras, recursos genéticos, fármacos, agua
Regulación	Aquellos que modulan o mantienen los procesos del ecosistema	Calidad del aire, regulación del clima, control de erosión, purificación y captura del agua, control biológico, polinización
Culturales	Beneficios no materiales que permiten una conexión espiritual, desarrollo cognitivo, reflexión, recreación y disfrute de la belleza escénica	Diversidad cultural, tradiciones religiosas y culturales, recreación y ecoturismo

Fuente: (PNUMA, 2005; TORRES *et al.*, 2010).

DAILY *et al.*, (1997). El valor de los servicios ecosistémicos en la tierra es generado y apreciado en la medida en que estos disminuyen o se pierden, así por ejemplo la forestación ha revelado el papel fundamental que juegan los bosques en el ciclo del agua que se ve reflejado en la escases del líquido, la magnitud de las inundaciones, la fuerza de los vientos y la erosión causada por la lluvias.

PEARCE, (1998). La degradación de los ecosistemas consecuencia de la necesidad de crecimiento de zonas urbanas, cambio de uso de suelo para generar espacios destinados a la ganadería, agricultura, la contaminación del

suelo, agua, aire, y los procesos industriales son parte de la problemática actual de los servicios ecosistémicos.

2.11. El Servicio Ambiental “Captura de Carbono” en la Mitigación del Cambio Climático Global

TORRES y GUEVARA, (2002). El concepto de captura de carbono integra la idea de conservar los contenidos de este elemento que se encuentran en suelos, bosques y sitios donde es inminente la pérdida de vegetación, así como el aumento de los sumideros de carbono a través del establecimiento de áreas en las que la vegetación es usada como reservorio.

DIXON *et. al.*, (1994). La evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA por sus siglas en ingles) de la FAO para el año 2010 estima que la superficie forestal en la tierra se encuentra alrededor de los 4 mil millones de hectáreas, que corresponden al 31% de la superficie total de nuestro planeta; de las cuales solo cerca del 13% se encuentran bajo protección y menos del 10% cuentan con algún tipo de manejo.

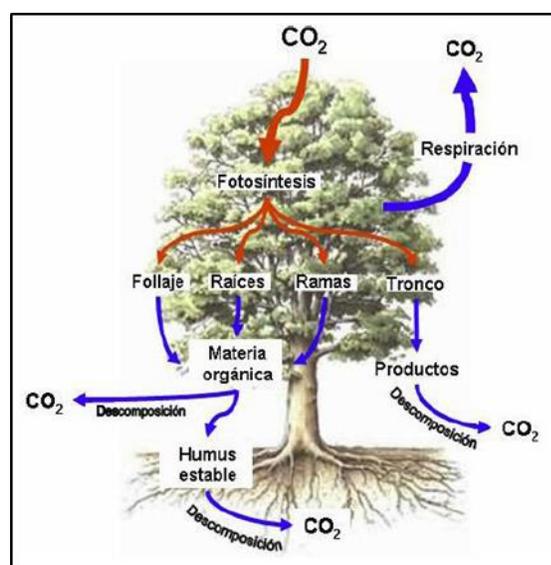
DIXON *et. al.*, (1994). Afirman que casi el 37% de carbono se encuentra en latitudes bajas (de 0° a 25° de latitud), 14% en las medias (de 25° a 50° de latitud) y 49% en las altas (de 50° a 75° de latitud), es por esto que es posible decir que la proporción de carbono capturado por la vegetación y suelo difiere también en cuanto a su ubicación geográfica respecto de su latitud.

ORDOÑEZ y MASERA (2001). Explican que durante el tiempo en que el carbono se encuentra constituyendo alguna estructura de la biomasa de un

árbol (follaje, ramas, raíces y fuste) (figura 05) y hasta que es enviado al suelo o a la atmosfera se considera almacenado.

SMITH, *et al.*, (1993); En los ecosistemas forestales boreales, templados y tropicales la biomasa almacena cerca de dos terceras partes del carbono del planeta en un ciclo de captura y emisión a través de la fotosíntesis, la respiración y la descomposición respectivamente.

Figura 05: Liberación y fijación de carbono



Fuente:(ORDOÑEZ, 2008).

MONTOYA *et al.*, (1995). Así los bosques del mundo capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono entre la atmósfera y el suelo.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION), (2010) calcula que los bosques del mundo almacenan aproximadamente 289 gigatoneladas (Gt) de carbono solo en su biomasa.

MONTOYA *et. al.*, (1995). Actualmente estos ecosistemas están siendo amenazados por el cambio de uso de suelo, la deforestación y la quema de combustibles fósiles, siendo las principales causas a nivel mundial de la liberación de CO₂ a la atmósfera.

BROWN, (1999). Estima que, combinando estrategias de conservación forestal con proyectos de reforestación en el mundo los bosques podrían resultar en un sumidero neto de carbono durante los próximos 100 años permitiendo reducir de 20% a 50% las emisiones de CO₂ a la atmósfera como acción de mitigación al cambio climático.

ORDÓÑEZ, (2008). Con la problemática actual, es conveniente decir que la reducción bruta de emisiones de CO₂ no resuelve el problema de los gases de efecto invernadero, porque no reduce la concentración de CO₂ que ya está en la atmósfera y con el progreso de la tecnología resulta cada vez menos posible desarrollar actividades productivas sin emisiones brutas.

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE), (2005). Desde hace algún tiempo los representantes de gobiernos y científicos de todo el mundo a través de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático plantean que se logre la estabilización de los GEI en la atmósfera a niveles que no representen un peligro para el ser humano, en un periodo suficiente que permita a los ecosistemas readaptarse de manera natural y en el que las actividades relacionadas al desarrollo económico y a la producción de alimentos continúen de forma sustentable, sin afectar al sistema

climático. Bajo este contexto las soluciones al problema del cambio climático consideran: la reducción en la demanda de energía, incrementar el uso de energías renovables, la reducción de emisiones de GEI industriales y domésticos y favorecer el secuestro de carbono orgánico en reservorios naturales a través de la fijación biológica por un mecanismo reconocido actualmente que es parte fundamental en el ciclo del carbono, la fotosíntesis.

ORDÓÑEZ, (2008). Estudios que permitan estimar las densidades de carbono asociadas a las distintas clases de vegetación y el desarrollo de métodos de cuantificación y predicción sobre el comportamiento de los procesos de emisión y captura de carbono bajo diferentes dinámicas de cambio de uso del suelo, permite ofrecer opciones de mitigación de GEI en el corto, mediano y largo plazo.

GALINDO, (2009). Así los beneficios pueden verse reflejados en aspectos como: en el aumento de la calidad de vida, actuar en favor de la mitigación del cambio climático y ampliar oportunidades de negocios para el crecimiento y el desarrollo.

2.12. Biomasa

GONZALES, (2008). La biomasa es toda la materia orgánica de origen reciente que se encuentra constituyendo los ecosistemas de la tierra, es fuente de energía de la que se pueden obtener combustibles sólidos, líquidos o gaseosos de origen animal y vegetal de organismos vivos o muertos. Cualquier tipo de biomasa vegetal proviene de la reacción de la fotosíntesis, que sintetiza

sustancias orgánicas a partir del dióxido de carbono (CO_2) del aire y de otras sustancias simples aprovechando la energía solar.

MUÑOZ *et. al.*, (2005). La biomasa forestal ayuda expresar la productividad de un sistema biológico y es considerada como la masa de todos los componentes arbóreos en una superficie dada.

SALAS e INFANTE, (2006). Definen a la biomasa de un árbol como su masa seca total de follaje, ramas, troncos y raíces, pero excluye a la materia orgánica en descomposición.

GARCIDUEÑAS, (1987). Menciona que la biomasa es el total de materia viva de las plantas en una determinada superficie y sus principales componentes son: fuste, ramas, corteza, estructuras reproductivas y raíces, que se expresan en términos de peso seco.

2.13. Biomasa Aérea

GARZUGLIA y SAKET, (2003). Definen a la biomasa aérea como la cantidad total de materia orgánica presente en los árboles, incluyendo follaje, ramas, fuste y corteza.

GASPARRI y MANGHI, (2004). La definen como toda la masa viva incluyendo troncos, tocones, ramas, semillas y follaje; como biomasa subterránea a la biomasa de raíces y como biomasa muerta a toda la biomasa leñosa muerta que no forma parte de la hojarasca, ya sea en pie o sobre el suelo.

VALLEJO *et. al.*, (2008b). La biomasa aérea de un árbol se define como la masa del mismo sobre el nivel del suelo; puede ser total o separado en sus compartimientos principales como son el fuste, ramas y follaje, cuyas proporciones varían tanto por especie como por el tamaño de los árboles.

ORDOÑEZ y MASERA, (2001). Mencionan que la biomasa aérea comprende el fuste, ramas y follaje y que el carbono contenido en la materia orgánica que se encuentra en descomposición se origina cuando las estructuras vegetales como fuste, ramas y follaje son depositadas en el suelo.

2.14. Importancia del Estudio de Biomasa

ARROYO y PAREDES, (2006). La importancia de la estimación de biomasa en las especies vegetales radica principalmente en conocer el valor que tiene como servicio ambiental.

SCHIEGEL, (2001). La estimación adecuada de la biomasa de un bosque es de gran importancia, debido a que mediante el conocimiento de la misma se pueden determinar el total de Carbono en sus compartimientos, asimismo representa la cantidad potencial de este elemento que se puede liberar a la atmósfera o se almacena en una determinada superficie cuando existe un adecuado manejo de los bosques.

AVENDAÑO *et. al.*, (2007). Mencionan que es necesario conocer la cantidad de biomasa de las especies arbóreas para estimar la cantidad de Carbono que captura un bosque, proceso que actualmente representa un servicio ambiental, por lo anterior esto constituye una alternativa para el manejo de recursos

naturales encaminada al desarrollo sostenible y representa una alternativa de obtención de beneficios para las comunidades.

NAJERA y HERNÁNDEZ (2009). Indican que el contenido de Carbono en un árbol es de alrededor del 45 al 50% del peso seco de la biomasa.

MONTERO *et. al.*, (2004); citado por VIDAL *et al.*, (2004). Asimismo ayuda a determinar la estructura, el funcionamiento y la dinámica de los ecosistemas forestales, esto permite hacer comparaciones entre ellos. En los ecosistemas forestales la determinación y el conocimiento de la biomasa total y por compartimentos tienen aplicación en el control de los tratamientos silviculturales.

ZAMORA, (2003). Su importancia radica en generar escenarios de Carbono almacenado en la vegetación, dando como resultado la estimación del Carbono absorbido o liberado a la atmosfera.

GARCIDUEÑAS, (1987). La información sobre biomasa sirve para comparar comunidades vegetales, también para estudiar los procesos biológicos y físicos que intervienen en el flujo de energía y su utilidad de la naturaleza, además se puede cuantificar la acumulación de nutrientes y la productividad primaria neta.

FONSECA *et. al.*, (2009). También indican que la estimación de la biomasa es importante para cuantificar la cantidad de nutrientes en diferentes partes de

los árboles y estratos de la vegetación, permite hacer comparaciones entre distintos tipos de especies, vegetación y sitios.

CASTELLANOS *et. al.*, (1996). Mencionan que es importante conocer la producción de biomasa aérea y su distribución en especies forestales, debido a que mediante este conocimiento los rodales se pueden clasificar por su capacidad para producir, además ayuda a proponer diferentes prácticas silviculturales para su manejo; también determina la cantidad de madera que se puede aprovechar en la industria o como fuente de energía y la acumulación de combustibles que podrían generar incendios.

2.15. Bosques

2.15.1. Definición de Bosques

WALKER *et. al.*, (2011). Un bosque se define como un área de tierra que tiene una dimensión mínima de 0.5 - 0.1 hectáreas, una cubierta de la copa de los árboles mayor a 10-30%, y árboles con un potencial para alcanzar una altura mínima de 2-5 metros en la madurez.

ELIZONDO, *et al.*, (2010). Las definiciones de bosque, el significado e importancia que tienen para diversas comunidades indígenas y las formas de valorarlos en la sociedad, son temas de transcendencia que darán más o menos jerarquía a REDD (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación), en el tamizado de políticas públicas relacionadas con el manejo de tierras y la conservación de los bosques. Hasta muy recientemente, se han definido indicadores para la

cuantificación de los bosques basados principalmente en el potencial que tienen para el aprovechamiento forestal. Con la creciente preocupación ambiental, el énfasis también se ha puesto en la cuantificación de los bosques, considerando servicios asociados con la captura de carbono, la recuperación de la biodiversidad y la retención de suelos y aguas. La CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) reconoce la complejidad en la definición de bosques, pero operacionalmente, los parámetros que ha adoptado para definir bosques hasta el momento provienen del mismo enfoque usado por FAO (Organizaciones de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Según el protocolo de Kioto, cada país debe elegir una definición de bosque en base a rangos de los tres parámetros usados (superficie mínima de bosque entre 0,05 y 1ha; cobertura de copas mayor del 10 al 30% y altura mínima entre 2 y 5m). Los umbrales que fije cada país en base a estos rangos (principalmente el parámetro de superficie mínima de bosques) repercutirá entre otras cosas, en la cuantificación de las reservas de carbono forestal, en las tasas de deforestación y en la definición y cuantificación de degradación.

2.15.2. Bosques Andinos

QUISPE, A. Y GOMERO, J. (2006). Son los bosques más altos del mundo y se extienden en las cimas y los valles interandinos de muchos departamentos del Perú (Huánuco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cajamarca y Cusco. Algunos son cobijados por los Andes, a



una altitud que oscila entre los 2000 y 4000 msnm. Y otros, los llamados Bosques de la Puna, crecen en el centro y sur del país a alturas que pueden llegar hasta los 5000 msnm.

2.16. Descripción de la Especie (*Pinus radiata*)

GARAY (1990). Pino (*Pinus radiata*) es una especie originaria de California, Estados Unidos. Fue introducido al Perú en 1887 por agricultores forestales, debido a su valor comercial, sobre todo de sus resinas.

BEIDERBICK, (1980). La especie es originaria de sitios aislados en la costa de California, (EE.UU), entre las latitudes 35 y 37 N. Su rango altitudinal va de 0 a 3 000 msnm. En su área de origen vive en suelos arcillosos, margosos o arenosos en substrato de pizarras areniscas o esquistos silíceos, no crece en suelos compacto, poco profundos o mal drenados, ya que requiere cierto grado de frescura.

FONAM, (2007). En altura alcanzan los 30 metros en promedio. El diámetro a la altura del pecho alcanza medidas entre los 30 y 90 cm. Hojas ligeramente azuladas, agrupados en ramilletes de unos 15 cm. de longitud no se desprenden en todo el año. La corteza es gris verdosa al principio, pero más tarde presenta el color marrón – rojizo, gruesa y con grietas profundas.

RZEDOWSKI, (1978). Una gran mayoría se localiza en lugares montañosos, templados y fríos y solamente pocas especies se desarrollan en lugares subtropicales.

MARTÍNEZ, (1992). La familia de las pináceas comprende en Perú 5 géneros; sin embargo, el género *Pinus* es el de más amplia distribución. Este género habita principalmente en zonas templadas y frías aunque también se encuentra en las altas mesetas y montañas de algunas zonas tropicales; se puede desarrollar desde cero hasta 4000 m.s.n.m.

2.17. Taxonomía

LAWRENCE, 1971. Estableció la taxonomía siguiente:

Reino: Plantae

División: Pinophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Subfamilia: Pinoideae

Género: *Pinus*

Especie: *P. Radiata*

Nombre Científico: (*Pinus radiata*) D. Don

Nombre Común: Pino Insigne, Pino Radiata

2.18. Descripción Botánica

2.18.1. Árbol

FARJON *et al*, (1997). En altura alcanzan los 30 a 50 metros en promedio, piramidal en la juventud, luego ensanchado globoso y truncado.

El sistema radicular es somero, de poco desarrollo en comparación al aéreo, El tronco es recto el diámetro a la altura del pecho alcanza medidas entre los 30 y 90 cm con corteza pardo – rojiza gruesa, que pronto se agrieta y arruga. La copa es densa y las ramas verticiladas, en forma de brazos de candelabro horizontales o erecto patentes. Las yemas son ovoides – agudas, con escamas rojizas apenas resinosas. Las acículas aparecen envainadas de tres en tres, son de color verde vivo y miden de 7 a 15 cm de longitud duran hasta 3 a 4 años en la planta. Las piñas de 7 – 14 x 5 – 8 cm, aparecen en verticilos de 3 -5 o apareadas, subsentadas, muy asimétricas, con la apófisis de las escamas externas muy prominentes el piñón es negruzco, de 5 – 8 mm de longitud, con una ala estrecha, 3 – 4 veces más larga que la semilla.

2.18.2. Corteza

MARTÍNEZ, (1992). La corteza es de color moreno oscuro en los árboles jóvenes y muy oscuros después; profundamente hendida, dividida en placas grandes y desiguales con escamas de color canelo rojizo claro; mide de tres a cinco centímetros de espesor gruesa en el tronco, por dentro de color café y por fuera de color gris.

PERRY, (1991). La corteza es gris verdosa al principio, pero más tarde presenta de color marrón - rojizo, gruesa y con grietas profundas. Señala que la corteza en árboles maduros es gruesa, de color moreno rojizo, configuraciones profundas y largas, dividida en placas escamosas,

irregulares y grandes. Enarboles jóvenes la corteza es de color moreno rojizo áspera y escamosa. Los árboles puede sobrepasar los 150 años de vida, pero en las plantaciones los turnos máximos son de 30 años.

2.18.3. Ramas y ramillas

STYLES, (1994). Las ramas son gruesas y extendidas, las ramas inferiores son largas, extendidas horizontalmente o curvado hacia abajo, las superiores son ascendentes o extendidas de forma irregularmente sigmoidea, en árboles maduros con ramas únicamente en su tercio superior.

MARTÍNEZ, (1992). Las ramillas son ásperas y fuertes, morena anaranjadas, un poco glaucas en sus partes tiernas, tornándose después moreno grisáceas; las bases de las brácteas son cortas, apretadas, contiguas y su cordiformes. Las ramillas miden de 6 a 8 milímetros de grosor, escamosas, con las bases de las brácteas decurrentes; ramillas tiernas a veces con tinte azuloso.

2.18.4. Vainas

MARTÍNEZ, (1992). Las vainas son anilladas, de 15 a 20 milímetros, de color castaño claro cuando jóvenes y oscuras después, acortándose hasta 5 a 12 milímetros al madurar.

STYLES, (1994). Las vainas son inicialmente largas con aproximadamente 10 escamas imbricadas, presentan márgenes ciliados, son persistentes, presentan bases engrosadas.

2.18.5. Hojas

MARTÍNEZ, (1992). Las hojas de los pinos se denominan acículas (forma de aguja) son ligeramente azuladas, agrupadas en ramilletes y de unos 15 cm. de longitud. No se desprenden en todo el año. Las hojas se reúnen en grupos de tres, muy rara vez cuatro o cinco en algunos fascículos; miden de 12.5 a 17.5 centímetros de largo o a veces hasta 22, y se aglomeran en la extremidad de las ramillas; son fuertes, tiasas y agudas, anchamente triangulares; de color verde, a veces algo oscuro. Presenta estomas en las tres caras, numerosos y perfectamente marcados; sus bordes son aserrados, con los dientecillos finos y pequeños, en ocasiones algo separados; los canales resiníferos son medios y en número de 5 a 10; la hipodermis es grueso e irregular, con entrantes profundas en la colénquima; las paredes externas de las células del endodermo son muy engrosadas.

2.18.6. Yemas

STYLES, (1994). Las yemas son morenas, largamente ovoides y acuminadas, las yemas terminales miden de 15 a 30 milímetros de largo y de 10 a 15 milímetros de ancho, las laterales son más pequeñas, no

resinosas; las escamas del ápice son extendidas o re curvadas con los márgenes largos ciliados de color blanco a café.

2.19. Inventario Forestal

2.19.1. Definición de Inventario Forestal

MELÉNDEZ *et al* (2002). Los inventarios, definidos también como censos forestales, constituyen una primera información de la planificación y del manejo forestal. En ellos se evalúa el estado actual del bosque, priorizando las especies arbóreas de importancia comercial con aprovechamiento adecuado para el concesionario forestal. El inventario forestal permite asegurar la sostenibilidad del aprovechamiento del recurso forestal permitiéndole al concesionario planificar las cosechas provenientes del área concesionada, así mismo constituye una herramienta de negociación frente al mercado cumpliendo un papel fundamental para su futuro inmediato, tanto en su desarrollo económico, como en su capitalización, por lo tanto debe reflejar de manera exacta lo que las áreas censadas contienen. El inventario es una actividad de inversión económica necesaria y debe estar articulado a un programa de aprovechamiento en el corto o mediano plazo para abastecer industrias que pueden ser básicas o estar integradas. Su objetivo es determinar el volumen y calidad de madera disponible en el área concesionada, permitiéndole de esta manera al concesionario tomar decisiones sobre lo que pueda ofertar en el mercado y lo que puede dejar para posibilitar la capitalización de futuras

cosechas de acuerdo a la estrategia de manejo sostenible del bosque establecidas en el Plan General de Manejo Forestal (PGMF).

WABO ENRIQUE, (2003). Existen muchas definiciones de inventario forestal, pero con el fin de simplificar su comprensión recurriremos a una más simple, que lo define como el conjunto de procedimientos aplicados para determinar el estado actual de un bosque. La interpretación de la expresión “estado actual” varía de una situación a otra, conforme varía el objetivo perseguido por el inventario. Por ejemplo, para un productor que desea vender su madera, el objetivo del inventario es determinar la cantidad de madera que tiene disponible para la venta; el estado actual quedaría representado por el volumen de madera comercializable que tiene disponible. En cambio, para quien desea predecir el volumen futuro de madera, el objetivo del inventario es determinar el volumen que hoy tienen los árboles involucrados y obtener alguna medida de su crecimiento; el estado actual quedaría representado por el volumen de madera actual y su tasa de crecimiento. Para cumplir con los objetivos, el inventario forestal recurre a distintas herramientas; entre ellas se destacan: las Técnicas e Instrumentos de Medición, la Teoría del Muestreo, la Topografía, la Cartografía, la Teledetección y últimamente la Navegación Satelital.

2.20. Tipo de Inventario

MELÉNDEZ *et al.*, (2002). Cada inventario forestal responde a las necesidades de detalle de información que requiera el concesionario maderero



para la elaboración de los Planes de Manejo. Teniéndose que para los Planes Generales de Manejo Forestal (PGMF) se requiere de información general del estado actual del área concesionada, mientras que para los Planes Operativos Anuales (POAs) se requiere información más precisa del volumen que contiene el área definida dentro de la parcela de corta anual (PCA).

Se distinguen dos tipos de inventarios MELÉNDEZ *et al.*, (2002):

2.20.1. Inventario Exploratorio

MELÉNDEZ *et al.*, (2002). El inventario forestal exploratorio o por muestreo, se realiza sobre toda la superficie del área concesionada según tipos de bosques. Este inventario desarrolla metodologías propias que considera el diseño del inventario, tamaños y formas de las parcelas de muestreo, distribución de las muestras y error de muestreo. Los inventarios exploratorios vienen a ser una fuente de información para la elaboración de los PGMF dando al concesionario una visión amplia y general del estado actual del bosque.

2.20.2. Inventario Forestal o Censo Forestal al 100%

MELÉNDEZ, *et al.*, (2002). Este inventario se realiza en el área de una Parcela de Corta Anual (PCA) equivalente a un veinteavo del total del área concesionada, consignadas en la distribución administrativa del PGMF de la concesión. El inventario o censo forestal al 100% es una herramienta de evaluación cuantitativa y cualitativa que da cuenta de las especies arbóreas de importancia comercial para la empresa concesionaria, representando el potencial total de recursos forestales aprovechable de la

PCA, teniendo como referencia los Diámetros Mínimos de Corta (DMC), criterio reglamentado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). La información obtenida de cada área de PCA debe ser precisa y debe generar confianza, ya que se constituye como la base para la elaboración de los POAs que cada empresa maderera presentará ante INRENA. Dicha información permite estimar la producción y comercialización de los recursos maderables, así como asegurar la sostenibilidad de los bosques naturales en corto y largo plazo.

2.21. Objetivo de un Inventario Forestal

WABO ENRIQUE, (2003). Determinar el estado actual del bosque implica contestar dos preguntas básicas: ¿qué hay? y ¿dónde está? Plantear y contestar correctamente las dos preguntas es, a grandes rasgos, el objetivo de un inventario forestal. La respuesta a la primera pregunta (¿qué hay?) depende de la información requerida. En términos generales hay dos mecanismos básicos para su obtención, que son: a) la observación de todos los árboles de interés, en cuyo caso hablamos de un inventario al 100 por ciento; y b) la observación de sólo una parte de esos árboles, en cuyo caso hablamos de un inventario por muestreo. Salvo situaciones excepcionales, lo usual es operar con técnicas de muestreo. Podría pensarse que un inventario al 100 por ciento brinda mejores resultados que el mismo inventario hecho mediante muestreo, pero ello no es necesariamente cierto. Los trabajos de campo siempre están sujetos a error, los que se incrementan al incrementarse la carga del trabajo. Al operar mediante una muestra la carga de trabajo se reduce, permitiendo que se reduzcan al

máximo aquellos errores; el precio es el error de muestreo, pero este error es controlable. La respuesta a la segunda pregunta (¿dónde está?) depende en gran medida de la escala geográfica del trabajo. La pregunta pierde trascendencia cuando el inventario es solicitado por el dueño de una propiedad, ya que en estos casos los rodales suelen estar perfectamente delimitados y ubicados. Pero toma especial importancia cuando el territorio a cubrir es extenso y no se tiene información sobre la ubicación y límites exactos de los bosques, como ocurriría en un inventario forestal regional, provincial o nacional. El área de interés debe tener límites perfectamente definidos por dos razones, a saber: 1) porque la información lograda es válida exclusivamente para esa área, y 2) porque debe coincidir con el área de interés. Para lograr esta información se dispone del relevamiento a campo, de las fotografías aéreas y de las imágenes digitales. El objetivo definido para un inventario forestal juega un papel importante en su posterior diseño; es por ello que la determinación correcta del objetivo es condición necesaria para el éxito. Si el objetivo ha sido erróneamente planteado, el inventario no dará la información esperada y será un fracaso. Esto es así aunque técnicamente las tareas se hayan llevado a cabo en forma impecable; en estos casos, podemos decir que el inventario contestó preguntas distintas a las que debía responder. Por cierto, el usuario de la información debe comprender con claridad sus alcances y sus límites, ya que con los medios disponibles no siempre se puede averiguar todo aquello que se pretende conocer. Es así, que en ocasiones se deben establecer prioridades y, eventualmente, sacrificar una parte de la información pretendida: la de menor

importancia. En otros casos, la solución es una batería de inventarios a distintas escalas.

2.22. Planificación de un Inventario Forestal

WABO ENRIQUE, (2003). La planificación de un inventario forestal implica diseñar todas las actividades que se llevarán cabo, la forma de hacerlas y el momento en que se harán; todo ello para cumplir con el objetivo establecido. Si bien son muchas las cuestiones que se deben tener en cuenta al momento de planificar un inventario, se pueden mencionar cuatro pautas que podemos llamar básicas, que son las siguientes:

1. Los métodos a emplear deben guardar un cierto equilibrio en la calidad de los datos que proveen; por ejemplo, no tiene sentido decidir que el diámetro de los árboles se mida con precisión de 1 milímetro, cuando se ha decidido que su altura se evalúe a ojo.
2. No deben registrarse más datos que los estrictamente requeridos, ya que ello implicaría un costo inútil. En el otro extremo, registrar menos datos también implicaría un esfuerzo inútil, ya que cuando se quiera obtener la información pretendida, ella no aparecerá.
3. Debe existir una relación razonable entre el objetivo propuesto y el costo del inventario.
4. Las tareas deben tener una duración razonable. Si la toma de datos se prolonga en el tiempo, por diversas causas, la información obtenida al comienzo quedará desactualizada al momento de presentarse los resultados.

5. En términos generales, puede decirse que en función de los medios disponibles, de los costos y de la duración prevista de un inventario, es que cuanto mayor es la superficie que se pretende cubrir, menos detallada es la información a obtenerse. Cuando se emplean imágenes satelitales, el responsable de la planificación y el del procesamiento de las imágenes deben trabajar en forma coordinada. El planificador debe comunicarle al segundo qué elementos de la superficie pretende tener identificados y eventualmente cuantificados, y el segundo debe intentar la obtención de esa información. Un comentario aparte se merece la técnica conocida como Sistema de Información Geográfica (SIG, o GIS en inglés). Se podría pensar que son lo mismo SIG e inventario forestal, pero no es así. Son técnicas diferentes, orientadas a objetivos diferentes. Lo que ocurre es que cuando la información cartográfica correspondiente a un inventario forestal se encuentra georeferenciada, es común transferirla a un SIG. La técnica de muestreo es otro aspecto importante de la planificación. Al planificarse el inventario se deben definir: a) la unidad de muestreo; b) la forma de selección de la muestra; y c) las formas de cálculo de las cantidades de interés (estimadores). Cada uno de estos aspectos admite diferentes alternativas y, por supuesto, la cantidad de combinaciones posibles es numerosa. La unidad de muestreo típica es la parcela, que puede adoptar distintas formas, siendo las más comunes las formas rectangulares y circulares. En su forma elemental, el volumen promedio estimado por parcela se convierte en volumen promedio estimado por hectárea, que

multiplicado por la superficie total del bosque da el volumen total. Esto pone en evidencia, una vez más, la importancia de conocer con una razonable exactitud la superficie ocupada por el bosque inventariado.

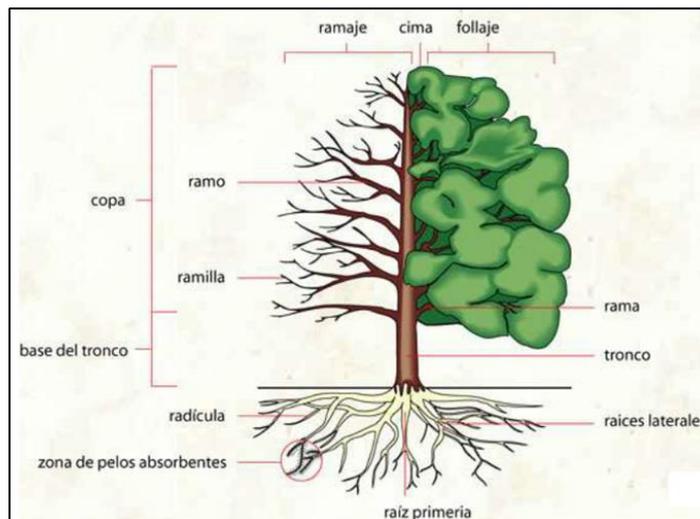
2.23. Dasonomía (Mensura Forestal o Dasometría)

CANCINO J, (2006). La Dasonomía, Mensura Forestal, Dasometría, es el conjunto de técnicas y metodologías que permiten resolver los problemas de medición en todos los aspectos de las ciencias forestales.

CATIE, (2002). La Dasometría, es parte de la Dasonomía, que se encarga de cuantificar el crecimiento y producción forestal, el volumen de la madera se determina mediante inventarios. El Inventario o censo forestal, es una herramienta básica para la cuantificación del manejo sostenible de los recursos del bosque. La Dasometría, es la ciencia que se ocupa de la medición y estimación de las dimensiones de árboles y bosques, de su crecimiento y de sus productos. Cuyo objetivo es la de medir y estimar variables, además de servir de instrumento para generar la información necesaria para el manejo del recurso de interés. Se requiere conocimientos básicos de álgebra y trigonometría para su aplicación.

CANCINO J, (2006). Es necesario conocer bien las partes de un árbol para la aplicación de procedimientos dasométricos.

Figura 06: Partes de un Árbol



Fuente: CATIE, (2002).

2.23.1. Que podríamos medir/estimar en árboles CATIE, (2002).

- Diámetro a la altura del pecho, a (1.30 m, sobre el suelo)
- Área basal
- Altura total, comercial y de copa
- Volumen total y comercial de madera
- Biomasa arriba del suelo
- Biomasa de raíces
- Carbono en biomasa

2.23.2. Resumen de las principales variables dendrométricas

Figura 07: Variables dendrométricas

PARTE DEL ÁRBOL	ATRIBUTO	SIMBOLOGÍA (IUFRO ¹)	UNIDAD DE MEDIDA (sistema métrico decimal)	INSTRUMENTO / MÉTODO DE MEDICIÓN
Fuste	Diámetro	d	cm	Cinta diamétrica
	Circunferencia o perímetro	c	cm	Cinta métrica
	Altura	h	m	Clinómetro
	Volumen	v	m^3	Modelos, tablas, factor de forma
	Área transversal	g	m^2	$g = \pi / 4 \cdot DAP^2$
	Área Basal	G	$m^2 \text{ árbol}^{-1}$ ó $m^2 \text{ ha}^{-1}$	$G = \sum g$
Copa	Biomasa	B	t o Mg	Modelos, tablas, factor de forma
	Diámetro	d	cm	Métodos Indirectos
	Altura	h	m	Clinómetro
	Biomasa	B	t o Mg	Modelos, tablas, factor de forma

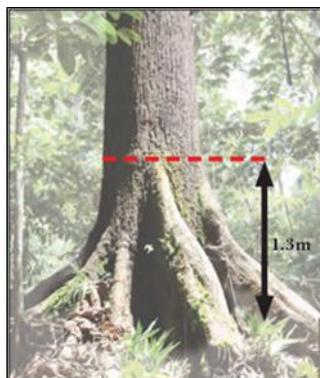
Fuente: IUFRO, (1969).

2.24. Medida del Diámetro del Árbol

2.24.1. Por qué medir el diámetro de los árboles

WALKER *et. al.*, (2011). Una de las mediciones forestales más comunes adquiridas en todo el mundo es el diámetro a la altura del pecho o el DAP de los árboles. En el campo de las ciencias forestales, la altura del pecho, definida a 1.3 metros (o 4.5 pies) sobre el suelo (Figura 07), es la altura estándar reconocida internacionalmente a la cual se mide el diámetro. Las mediciones del DAP son utilizadas para calcular estimaciones de volumen de madera, área basal y biomasa sobre el suelo (carbono) de árboles individuales y bosques enteros. Tomar la medición del DAP de un árbol es relativamente fácil de hacerlo, y con un poco de práctica, las medidas de varios árboles pueden ser obtenidas de manera rápida y precisa.

Figura 08: El diámetro a la altura del pecho (DAP) se mide a 1.30 metros sobre el suelo.



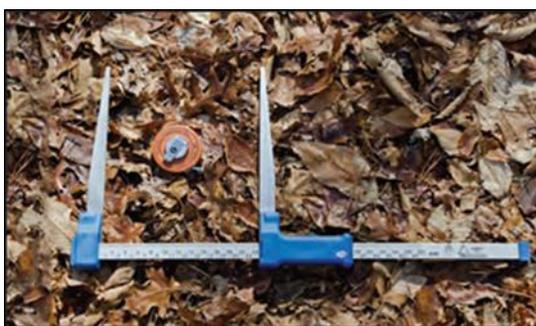
Fuente: WALKER *et. al.*, (2011).

2.24.2. Como se mide el diámetro de un árbol

WALKER *et. al.*, (2011). Para obtener el DAP de un árbol se debe usar un dispositivo de medición apropiado. Las dos herramientas más comúnmente utilizadas para la medición del DAP son la cinta diamétrica y la forcípula (o calibrador) (Figura 08). Una cinta diamétrica es un aparato especial de medición que generalmente tiene dos escalas diferentes, una a cada lado de una cinta de acero blanco. En un lado de la cinta, la escala corresponde a unidades de distancia estándar, típicamente medidas en centímetros. Esta escala puede ser usada para determinar la posición de “la altura del pecho” (1.30 m) en el tronco de un árbol o medir la circunferencia (es decir, la distancia alrededor del tronco) de un árbol. Al otro lado de la cinta, la escala corresponde a unidades de diámetro, también frecuentemente medido en centímetros. Aquí, el diámetro se refiere a la distancias medida directamente a través del centro del tronco del árbol (Figura 10a). Para medir el DAP de un árbol usando una cinta

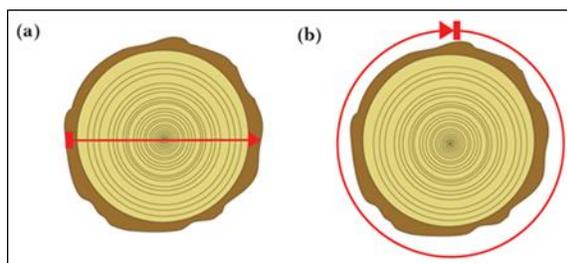
diamétrica, la cinta de acero es envuelta alrededor del árbol (es decir, su circunferencia; Figura 10b) a 1.3 m sobre el suelo con la escala diamétrica de la cinta hacia fuera (Figura 09). Siempre se debe tener cuidado en asegurarse que la cinta es sostenida en una posición nivelada mientras se la envuelve alrededor del árbol.

Figura 09: Cinta diamétrica (anaranjada) y forcípula (plata/azul).



Fuente: WALKER *et. al.*, (2011).

Figura 10: (a) diámetro y (b) circunferencia de un árbol típico.

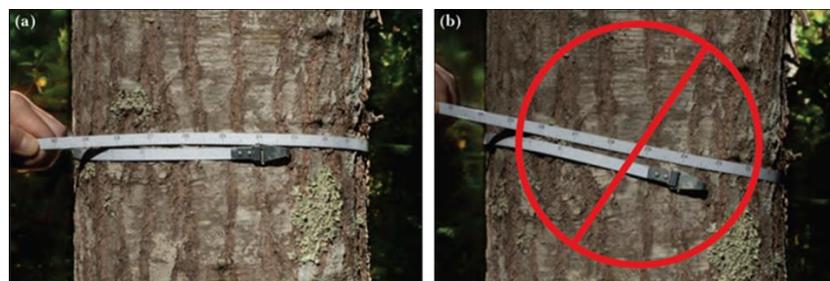


Fuente: WALKER *et. al.*, (2011).

WALKER *et. al.*, (2011). Entonces se lee la medida del diámetro de la cinta hasta la más próxima décima de centímetro. A pesar de que la cinta es envuelta alrededor de la circunferencia del árbol cuando se obtiene la medición del DAP, las cintas diamétricas están diseñadas para que la conversión de circunferencia a diámetro se la haga automáticamente.

Debido a que la cinta diamétrica tiene dos escalas diferentes (distancia y diámetro), es importante que las mediciones de diámetro se las haga usando el lado correcto de la cinta, es decir, el lado con la escala para la medición de diámetros. Las cintas diamétricas tienen la ventaja de ser pequeñas, son dispositivos compactos que pueden ser fácilmente llevados en un bolsillo. Están hechas de acero o nylon reforzado que no se estira o deforma por cambios en la temperatura o cuando se moja. Las cintas diamétricas además tienen un gancho en el extremo de la cinta que puede ser incrustado en la corteza del árbol para mantener este extremo fijo en su lugar mientras se toma la medida del diámetro. El gancho es de mucha ayuda especialmente cuando se mide árboles grandes o en posición incómoda. Sin embargo, el gancho es bastante filo y se debe tener cuidado para evitar lastimarse accidentalmente.

Figura 11: La manera (a) correcta y (b) incorrecta de tomar una medición DAP con una cinta diamétrica.



Fuente: WALKER *et. al.*, (2011).

WALKER *et. al.*, (2011). Una forcípula (o calibrador) es otra herramienta que puede ser usada para medir el DAP de los árboles (Figura 11). Las

forcípulas vienen en variedad de tamaños, requiriéndose forcípulas grandes para medir el diámetro de árboles grandes. Para medir el DAP de un árbol usando una forcípula, las mandíbulas de la forcípula se colocan a ambos lados del árbol a la altura del pecho (Figura 14). Entonces, de la escala se lee la medida del diámetro hasta la décima de centímetro más cercana. Cuando se usa una forcípula es una práctica común tomar dos medidas DAP, tomando la segunda medida perpendicularmente a la primera. Las dos medidas DAP son entonces promediadas para obtener el valor final del diámetro. Las forcípulas son generalmente más fáciles de usar que las cintas diamétricas, especialmente para árboles pequeños; sin embargo, también tienden a producir mediciones menos precisas, especialmente en árboles grandes o de forma irregular. Las forcípulas grandes son también más incómodas al ser trasladadas que las cintas diamétricas, especialmente en bosques con una maleza densa.

Figura 12: Midiendo el diámetro de un árbol con una forcípula.



Fuente: WALKER *et. al.*, (2011).

WALKER *et. al.*, (2011). Después de medir el DAP de un árbol, el árbol debe ser marcado con un crayón o pedazo de material de señalización de color brillante para que por accidente no sea medido más de una vez.

Comúnmente, se coloca una “X” grande u otra marca similar en el árbol (Figura 15). Las marcas deberán ser colocadas consistentemente a la misma altura y posición en cada árbol para que uno pueda determinar inmediatamente a la distancia si un árbol ya ha sido medido.

2.24.3. Qué árboles deben ser medidos

WALKER *et. al.*, (2011). El protocolo de medición para cualquier campaña de campo debe especificar que árboles en una parcela de muestreo serán medidos. Por ejemplo, en protocolos que están siendo utilizados para obtener estimaciones de carbono y biomasa forestal sobre el suelo, se recomienda que se mida todo árbol vivo cuyo diámetro sea igual o más grande que 5 cm. Un umbral de 5-cm asegura que la mayoría de los árboles que contribuyen al total de la BSS (AGB en inglés) de la parcela sean incluidos en la estimación final. Los árboles (es decir, retoños) de menos de 5 cm de diámetro frecuentemente no se los mide ya que a nivel general tienden a tener una biomasa muy pequeña y frecuentemente son muy numerosos para ser medidos eficientemente. Adicionalmente, los protocolos deben tratar sobre si se debe o no medir lianas, enredaderas, palmas y/o árboles muertos en pie. Las lianas, enredaderas y palmas tienden a tener densidades bajas de madera y, consecuentemente, baja biomasa comparadas con otras especies de árboles. Como resultado, no se necesitará tomar mediciones, particularmente si este grupo representa solo una pequeña porción del bosque en pie. Se tiende a no medir los árboles muertos en pie como parte

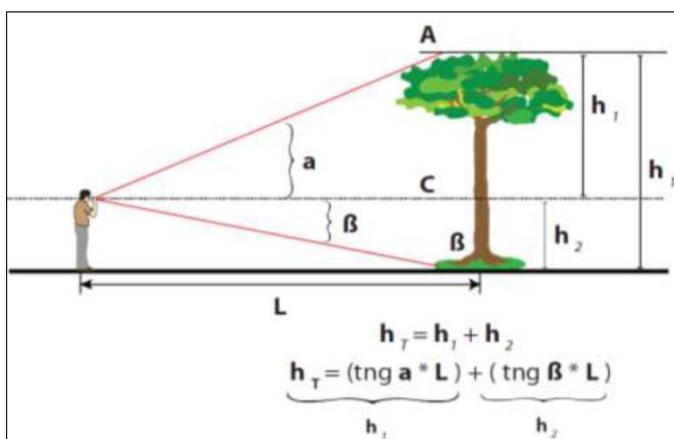
de las estimaciones de la BSS (AGB) ya que tienen la tendencia a permanecer en pie solo por relativamente cortos períodos de tiempo antes de dejar el fondo de carbono sobre el suelo para unirse al fondo de carbono de las capas de hojarasca y suelo.

2.25. Medida de la altura del árbol

GLOBE, (2005). Debido al fototropismo positivo de los árboles, éstos, indiferente de la pendiente y tipo de terreno donde se encuentren, crecen en forma erguida hacia el sol. La altura total de un árbol se define como la distancia desde el suelo hasta la punta o ápice del Árbol. La altura comercial se define como la longitud del fuste que puede ser aprovechado comercialmente. Hay diferentes métodos e instrumentos para la medición de la altura, dentro de los cuales se destacan los Sunnto, Clinómetro, Hipsómetros, Blume-leiss, etc. La medición de altura de árboles con estos instrumentos comúnmente se realiza a partir de la medida de un ángulo desde la visual horizontal a la base y otra medida al ápice del árbol. De acuerdo a la posición del operador existen de tres formas de medir:

2.25.1. Ojos del operador entre la cima y la base del árbol, GLOBE, (2005). Medición de la altura de los arboles a nivel de los suelos:
Técnica simplificada del Clinómetro.

Figura 13: Ojos del operador entre la cima y la base del árbol.

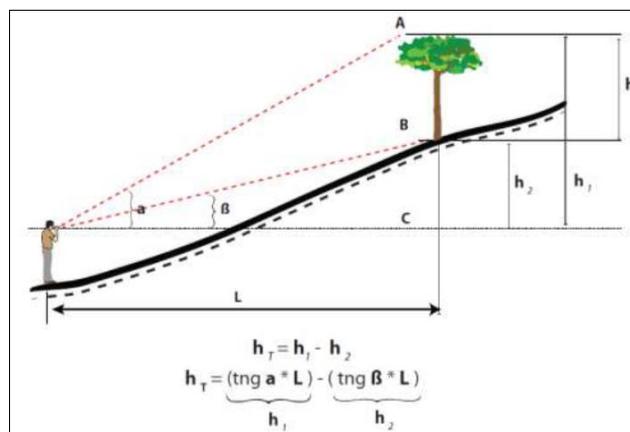


Fuente: GLOBE, (2005).

2.25.2. Ojos del operador por debajo de la base del árbol, GLOBE, (2005).

Medición de la altura de los árboles en pendiente: Técnica de triangulación con los ojos bajo el nivel de la base del árbol.

Figura 14: Ojos del operador por debajo de la base del árbol.

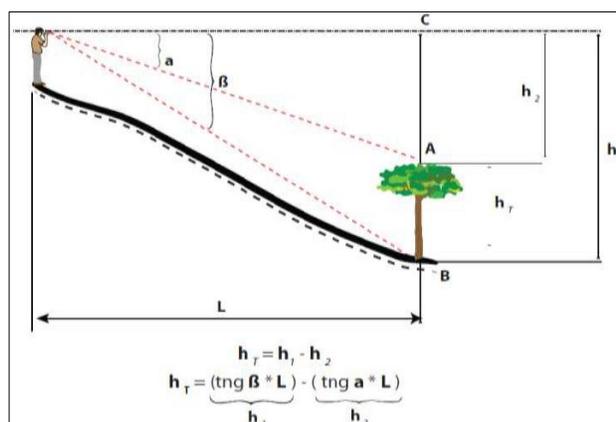


Fuente: GLOBE, (2005).

2.25.3. Ojos del operador por encima del ápice del árbol, GLOBE, (2005).

Medición de la altura de los árboles en pendiente: Técnica de triangulación con los ojos sobre el nivel de la base del árbol.

Figura 15: Ojos del operador por encima del ápice árbol.



Fuente: GLOBE, (2005).

2.26. Área Basimétrica o Área Basal

LÓPEZ, C; MARCHAL, B; (1991). Es una variable de gran interés, universalmente utilizada para el conocimiento y manejo de la masa forestal. Se define como la relación existente entre la superficie de las secciones normales de los árboles de una determinada masa expresada en m^2 , y la del terreno que ocupa expresada en hectáreas. Se representa habitualmente por la letra “g” o “AB”.

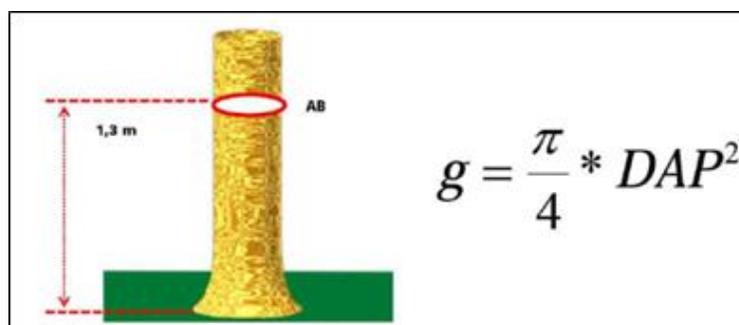
2.26.1. Importancia del área basimétrica (g) como parámetro de masa forestal, LÓPEZ, C; MARCHAL, B; (1991).

- a. El área basimétrica es una variable de referencia en el manejo de la masa forestal, se trata de un parámetro que nos resume en gran medida sus características.
- b. Minimiza la significación de los árboles delgados, y va dando importancia a su altura según aumenta su grosor.

- c. El área basimétrica, nos permite entre otras cuestiones, conocer y controlar la espesura de la masa, siendo una variable fundamental para la gestión de la misma.
- d. A través del área basimétrica podemos cubicar un bosque y conocer la cantidad de biomasa que almacena, así como estimar la cantidad de CO₂ retenido en él.

La obtención del área basimétrica se genera mediante la siguiente formula
LÓPEZ, C; MARCHAL, B; (1991):

Figura 16: Área basimétrica.



Fuente: LÓPEZ, C; MARCHAL, B; (1991).

Dónde:

“AB” o “g” : Área Basimétrica.

“D” , “d” , “DAP” : Diámetro a la altura del pecho

Capítulo III

HIPÓTESIS



3.1. HIPÓTESIS

El contenido y características de biomasa aérea se relacionan favorablemente con el contenido de carbono en bosque de pino (*Pinus radiata*).

3.2. SISTEMAS DE VARIABLES

Cuadro 03: Operacionalización de Variables, Indicadores e Índices

VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
DAP	Diámetro	Metros
Altura de árbol	Longitud	Metros
Volumen del árbol	Biomasa aérea aérea	Tn/Ha
Biomasa Aérea	Volumen de biomasa	Tn
Contenido de carbono	Volumen de carbono	TnC/Ha

Capítulo IV

DISEÑO METODOLÓGICO



4.1. Descripción de la Zona de estudio.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Distrito de Santa Rosa – en el Sector de Runarunayoq – Departamento de Apurímac – Provincia de Grau.

4.2. Ubicación del Ámbito de Estudio

Se encuentra ubicado de la siguiente manera:

Ubicación Política:

- Departamento : Apurímac
- Provincia : Grau
- Distrito : Santa Rosa
- Sector : Runarunayoq

Ubicación Geográfica:

- Longitud Oeste : 72° 40' 40.7"
- Latitud Sur : 14° 07' 49.2"
- Altitud : 4 172 m.s.n.m.

Ubicación Hidrográfica:

- Cuenca : Apurímac
- Sub Cuenca : Vilcabamba
- Microcuenca : Río Vilcabamba

Ubicación Ecológica:

- **Medio Biológico:**

ARAGÓN *et. al.*, (2014). **Zonas de Vida:** El Bosque de Pino está situado dentro de **3 Zonas de Vida:**

La primera zona de vida, denominado Páramo muy húmedo Subandino Subtropical (pmh-SaS) a una altitud de 4 189 m.s.n.m, con un clima semiseco frío, con una temperatura promedio de 4.5 – 6.9 C°, con una precipitación que varía de 500 a 750 mm y una humedad relativa de 30%, como promedio anual.

La segunda zona de vida, denominado Páramo húmedo Subandino Subtropical (ph-SaS) a una altitud de 4 086 m.s.n.m, con un clima semiseco frío, con una temperatura promedio de 3 – 6 C°, con una precipitación que varía de 480 a 660 mm y una humedad relativa de 30%, como promedio anual.

La tercera zona de vida, denominado Bosque húmedo Montano Subtropical (bh-MS) a una altitud de 3 983 m.s.n.m, con un clima semifrío lluvioso, con una temperatura promedio de 12.4 C°, con una precipitación que varía de 410 – 1119 mm y una humedad relativa de 40%, como promedio anual.

ARAGÓN *et. al.*, (2014). **Vegetación o Cobertura Vegetal:** Dentro y alrededor del bosque de pino predomina la vegetación y está caracterizada en

gran parte por Pajonal rastrero semidenso y Matorral arbolado bajo ralo (arbustos) en la parte inferior del bosque.

- **Medio físico:**

Erosión: El suelo del estrato 1 se caracteriza por presentar una erosión severa en cuanto al estrato 2 y 3 encontramos con una erosión moderada.

ZEE, (2010). **Fisiografía:** El bosque de pino se ubica fisiográficamente entre las: Regiones Semisecas Frías Secas (SSFS). En esta región climática se puede distinguir la Unidad de Gran Paisaje: Relieve Montañoso Estructurales (SSFSM). Esta unidad de gran paisaje se distribuye predominantemente en el ámbito de la Región Apurímac, donde se puede distinguir la Unidad de Paisaje: Vertiente de Montaña Rocosa Allanada (SSFSM-Vma). Son estructuras fisiográficas moderadamente empinada que se caracterizan por presentar laderas sin disección aparente. Constituyen los niveles de transición entre fisiografías llanas a fisiografías de pendiente.

La configuración litológica en la mayoría de estas unidades fisiográficas es variada, generalmente están compuestas por suelos cuaternarios profundos que recubren los macizos rocosos metamórficos, ígneos o sedimentarios, por consiguiente la presencia de cobertura de suelo es también muy considerable. Estos suelos son utilizados por actividades agropecuarias y forestales en forma intensa.

Pendiente: El bosque de pino presenta una Ladera de Valle Empinada LV-E, que va desde 20% en la parte superior más alta donde inicia el bosque y 40% en la parte posterior donde finaliza el bosque.

Ubicación Temporal:

El trabajo de investigación comenzó el 19 de Febrero del 2016 con la georeferenciación (delimitación) de la población de pino con GPS y culminó la parte experimental el 17 de Agosto del 2016.

4.3. Vías de Acceso.

Para llegar al ámbito de intervención del proyecto refiriéndonos al bosque de pino, donde se realizó el presente trabajo de investigación, ya sea en los servicios de transporte de ruta o motocicleta, con un costo de pasaje de S/. 8 soles por persona; cuenta con las siguientes vías de acceso: trocha carrozable carretera Chuquibambilla – Santa Rosa a 25 km (1 hora y 20 minutos de recorrido). Acceso a la plantación de pino, lateral derecho (camino de herradura, Santa Rosa – Choqchoq – Runarunayoq a 1 hora con 30 minutos de recorrido a pie).

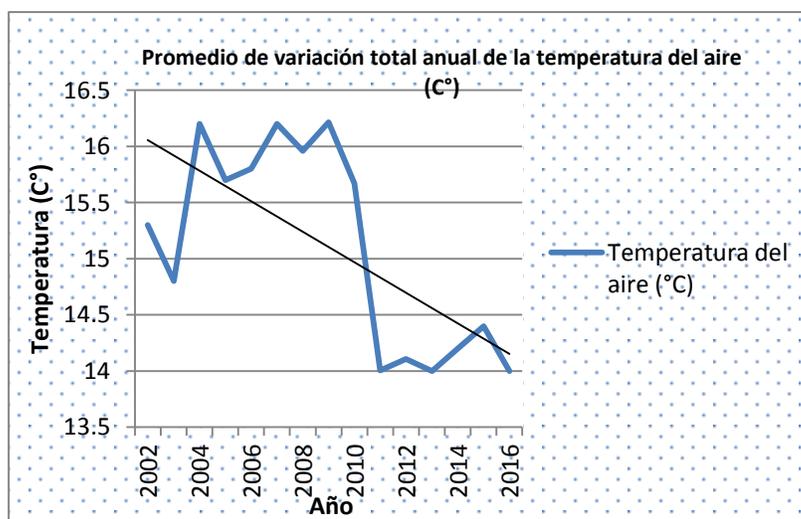
4.4. Caracterización del Clima

- **Clima:** Debido a diversos factores, geomorfológicos, fisiográficos, la duración del día y la noche, los meses de invierno y verano, la variación altitudinal (desde 3.300 hasta más de 4.300 msnm), es muy significativo

para el desarrollo y crecimiento de los árboles. Consecuente a esto, se registra así, un clima frío y templado.

- Temperatura (C°)

Gráfico 01: Temperatura del área de estudio



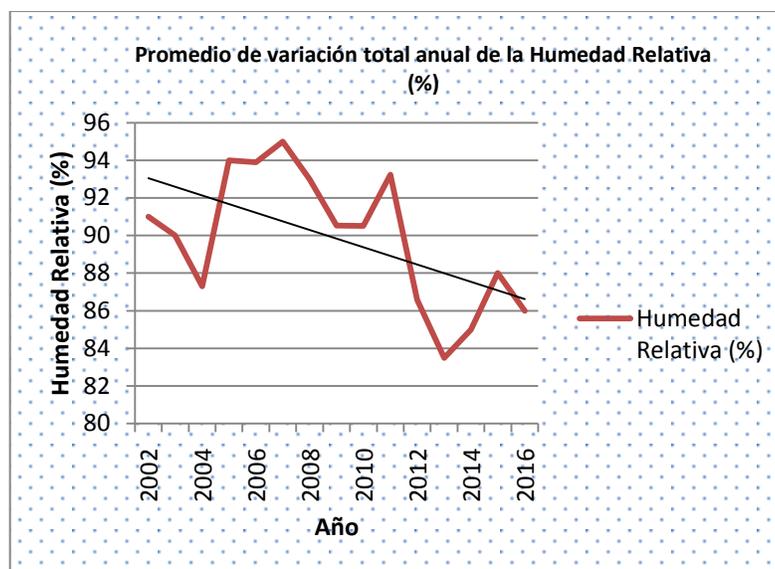
Fuente: SENAMHI, (2016).

Según nuestro gráfico de variación promedio anual de la temperatura del aire, realizado anteriormente, podemos observar que, en el transcurso de los años, la temperatura tiende a aumentar en el año 2004 hasta el año 2010, hasta llegar a la máxima magnitud que es de aproximadamente 16°C, el cual es registrado durante un transcurso de 7 años consecutivos, significativos para el desarrollo y crecimiento del bosque de pino. A partir de este año la temperatura del aire va descendiendo en el año 2011, mantiene este promedio hasta el año 2015, con un registro de temperatura aproximado de 14°C. Es muy probable que este comportamiento se dé el presente año, afectando en cierta medida el aumento en el volumen del

bosque; de acuerdo a la tendencia que presenta la variación anual de la temperatura del aire observado en el gráfico.

– **Humedad relativa (%)**

Gráfico 02: Humedad Relativa del área de estudio



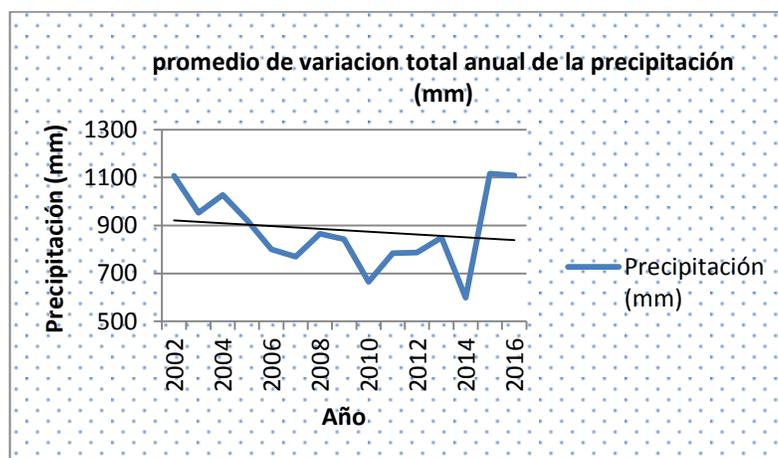
Fuente: SENAMHI, (2016).

En el gráfico del promedio de la variación total anual de la Humedad relativa, observamos que al comienzo, exactamente en el año 2002 la humedad relativa empieza a descender llegando a registrar aproximadamente 87% de humedad en el año 2004, a partir del 2005 la humedad relativa asciende durante el transcurso de 7 años consecutivos, llegando a su máximo promedio en el 2007 que es de 95% de humedad, manteniendo así un promedio hasta el 2011 de 93%. A partir del año 2012 empieza a descender, alcanzando su mínimo registro que es de 83% de humedad. De esta manera, podemos comprobar que la Humedad relativa

tiene un comportamiento en el que desciende en los últimos tres años, según su línea de tendencia.

– Precipitación (mm)

Gráfico 03: Precipitación del área de estudio



Fuente: SENAMHI, (2016).

Las precipitaciones muestran un comportamiento variable durante los años 2002 al 2015 donde no existe una tendencia uniforme a lo largo de estos años, esto limita el crecimiento y desarrollo del bosque, debido a la falta del recurso hídrico presente en él, en ciertos periodos de año, afectando el sistema radicular y el prendimiento de este al sistema suelo. Viendo el cuadro de encima se puede apreciar que las precipitaciones se inician considerablemente desde el año 2002 hasta el 2007. La mayor cantidad de precipitación se registra en el año 2015. Los registros climáticos señalan que a lo largo de los 14 años mostrados en los registros de las lluvias, han tenido una gran variación provocadas por los efectos del fenómeno de El Niño y el Cambio Climático, que se han traducido en años de sequía como en el año 2010 y 2014; habiéndose registrado 665 y 598 mm/año

respectivamente y lluvias excesivas como en los años 2002 y 2015 llegando a registrarse entre 1,106.8 y 1,117.2 mm/año respectivamente.

4.5. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES.

4.5.1. Materiales de campo

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Libreta de campo, (para el apunte de los datos en campo).
- Ficha de recojo de datos en bosque.
- Lápiz o bolígrafo, (para anotar los datos).
- Marcadores permanentes.
- Cámara fotográfica, (para evidenciar todo el procedimiento).
- Clinómetro para medir la altura del árbol.
- Forcípula y/o cinta diamétrica (para la medición del DAP).
- Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS) (Garmin eTrex 16), (para la delimitación de bosque de pino).
- Brújula de mano, (para la ubicación de la dirección del bosque).
- Cinta métrica de 5 m.
- Cinta métrica de 50 m.
- Tabla de Tangentes y de Cosenos, para hallar la altura del árbol.
- Pala, barrena, (para la apertura de la calicata).
- Hacha y/o machete, serrucho, (para actividades de poda de los árboles muestra).
- Pico, (para la apertura de la calicata).

- Barreta, (para la apertura de la calicata).
- Balanza, (para el pesaje de la muestra del suelo).
- Bolsas herméticas, (para las muestras de suelo de 1 kg).
- Guantes de látex.
- Etiquetas, (para designar y señalar las calicatas).
- Micas, (para cubrir las etiquetas y protegerlas de la humedad).

4.5.2. Equipos de gabinete

- **Computadora y laptop**, utilizado en el momento del procesamiento de datos y redacción de tesis.
- **Calculadora**, para realizar los cálculos.

Tabla 01: Materiales y Equipos utilizados en el Experimento.

Materiales y Equipos	Características	Unidad	Cantidad
Materiales de Campo	Libreta de campo	Und.	1
	Ficha de recojo de datos	Und.	100
	Lápiz o bolígrafo	Und.	2
	Marcadores permanentes	Und.	2
	Cámara fotográfica	Und.	1
	Clinómetro	Und.	1
	Forcípula y/o cinta diamétrica	Und.	1
	GPS (Garmin eTrex 16)	Und.	1
	Brújula de mano	Und.	1
	5 m de cinta métrica	Und.	1
	Cinta métrica de 50 m	Und.	1
	Tabla de Tangentes y de Cosenos	Und.	2
	Pala, barrena	Und.	1
	Hacha y/o machete	Und.	2
	Pico	Und.	1
	Barreta	Und.	1
	Balanza	Und.	1
	Bolsas herméticas	Und.	12
	Guantes de látex	Par.	1
	Etiquetas	Und.	3
Micas	Und.	3	

Equipos de Gabinete	Computadora y laptop	Und.	1
	Calculadora	Und.	1
	Libreta de campo	Und.	1

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

4.6. Superficie del Área de Estudio.

La superficie total del bosque de pino de Runarunayoq es de 43.7211 hectáreas.

4.7. METODOLOGÍA.

4.7.1. TIPO Y NIVEL DE ESTUDIO.

El tipo de investigación fue descriptivo correlacional, ya que tuvo propósito práctico definido, que es estimar el contenido de biomasa aérea y contenido de carbono almacenado en bosque de pino representativo, cuantificados mediante un inventario forestal.

El nivel de investigación fue no experimental, porque se recolectó mediante la ficha de evaluación datos de medición dasométricos con los cuales estimó la relación entre el contenido de biomasa aérea y el contenido de carbono almacenado en el bosque de pino.

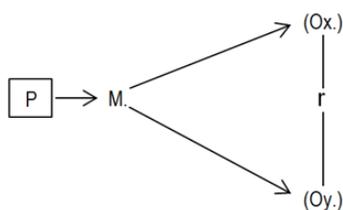
4.7.2. DISEÑO DE ESTUDIO

Diseño:

Se utilizó un diseño correlacional, porque se buscó describir correlaciones entre variables o relaciones de asociación entre variables, en este caso

entre las variables cantidad de biomasa aérea y cantidad de carbono forestal almacenado, en un momento determinado.

Esquema:



Dónde:

-P es la población de investigación.

-M es la muestra de investigación.

-Ox es la primera variable.

-Oy es la segunda variable, y

-r es el grado de relación que existe entre ambas variables.

El método a utilizar para la obtención de datos se realizará mediante la observación directa y la manipulación de herramientas de medición.

4.7.3. POBLACIÓN

La población de estudio estuvo constituido por un bosque de pino de 48 093 árboles (43.7211 hectáreas), cuantificados mediante un inventario forestal, que se encuentran a una edad de 15 años de vida, con una altura promedio de 5 a 15 metros y un diámetro de 05 a 25 (cm) en el sector de Runarunayoq – Distrito de Santa Rosa – Provincia de Grau.

4.7.4. MUESTRA

La muestra fue una parte representativa de la población del bosque de pino, cuyas características esenciales son las de ser objetiva y reflejo fiel

de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población.

- **Técnicas de Muestreo: Muestreo Aleatorio Estratificado**

En esta clase de muestra todos los elementos (árboles) de la población del bosque de pino tienen la misma probabilidad de ser elegidos para ser parte de la muestra. Es necesario recordar que en el muestreo aleatorio estratificado, todos los elementos de la población tienen la posibilidad de ser seleccionados.

$$\text{ESTRATO}_{(n)} = \frac{\text{n}^\circ \text{ árboles Estrato}_{(n)}}{\text{Total de árboles}}$$

- **Tamaño y Cálculo de la Muestra**

Se empleó fórmulas para calcular la población de bosque de pino conocida. Se estimó en primera instancia el n° de árboles en 10000 m² que es equivalente a (1Ha.), de un área total de 43.7211 (Ha). El sistema de plantación observado fue cuadrado latino cuyo distanciamiento establecido es de (3m x 3m) en bosques de pino, donde en un área de 10000 m² bajo este sistema existen 1 100 árboles y se estimó una cantidad de 48 093 árboles; como describe la siguiente fórmula:

$$\begin{array}{l} 10\,000\text{ m}^2 = (1\text{ Ha}) \text{ ----- } 1\,100 \text{ árboles} \\ 43.7211\text{ (Ha)} \text{ ----- } X \\ X = 48\,093 \text{ árboles} \end{array}$$

Obteniendo este dato indispensable para las próximas estimaciones de la cantidad de árboles muestreados en el bosque de pino, se procedió a realizar una metodología de muestreo estratificado, es una técnica de muestreo probabilístico en donde el investigador divide a toda la población en diferentes subgrupos o estratos. Luego, selecciona aleatoriamente a los sujetos finales (muestra) de los diferentes estratos en forma proporcional donde son plenamente identificables en sus características, peculiaridad y en su tamaño, esta metodología se desarrolló de la siguiente manera:

ESTRATO 1: cantidad de árboles

10 000 m² = (1 Ha) ----- 1 100 árboles

7.793 (Ha) ----- X

$$X = 8\,572 \text{ árboles}$$

Por consiguiente el número de muestra para el ESTRATO 1 es:

$\text{ESTRATO 1} = \frac{8\,572 \text{ árboles}}{48\,093 \text{ árboles}} = 68 \text{ árboles}$
--

ESTRATO 2: cantidad de árboles

10 000 m² = (1 Ha) ----- 1 100 árboles

13.214 (Ha) ----- X

$$X = 14\,535 \text{ árboles}$$

Por consiguiente el número de muestra para el ESTRATO 2 es:

$$\text{ESTRATO 2} = \frac{14\,535 \text{ árboles}}{48\,093 \text{ árboles}} = 115 \text{ árboles}$$

ESTRATO 3: cantidad de árboles

10 000 m² = (1 Ha) ----- 1 100 árboles

22.796 (Ha) ----- X

$$X = 25\,075 \text{ árboles}$$

Por consiguiente el número de muestra para el ESTRATO 3 es:

$$\text{ESTRATO 3} = \frac{25\,075 \text{ árboles}}{48\,093 \text{ árboles}} = 199 \text{ árboles}$$

La muestra obtenida a partir de la población de pino para la investigación, se obtuvo sumando la cantidad de árboles de cada estrato, el cual nos dio un total de 382 árboles muestreados. Cuyas características son de ser parte representativa del problema de investigación, son posibles de estudiar, poseen características auténticas de la población, son de tamaño moderado y proporcional al de la población.

4.7.5. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.

En la conducción del experimento se dividieron en etapas que son:

Etapas I: Georeferenciación de la población con GPS.

Se Georeferenció el perímetro de la población del Bosque y se halló el área total de este (44 Ha, aproximadamente) dividido en 3 estratos. La obtención de mediciones de campo del bosque generalmente requiere de

un equipo de campo para navegar a lugares específicos predeterminados en donde se realizó las mediciones o donde se registraron las posiciones de los lugares específicos. Se encontró y marcó los lugares para las mediciones, se logró más fácilmente usando un receptor de mano GPS, que pueden ser usados en el campo para una navegación eficiente y precisa.

Etapa II: Disposición del diagrama de muestra.

Las mediciones de bosques del tipo que se usan en la estimación de biomasa y carbono sobre el suelo se obtuvieron dentro de la población de pino. Se escogió aleatoriamente una cierta cantidad de árboles, que fueron la muestra representativa del total de la población de pino, las cuales fueron objeto de mediciones dasométricas individuales, cuyos datos fueron necesarios para las estimaciones de biomasa aérea y carbono forestal presente en el bosque.

Etapa III: Medida del diámetro y altura del árbol.

En esta etapa las mediciones del diámetro de árboles individuales constituyen la base, para muchos de los métodos comúnmente usados, para obtener estimaciones de campo de biomasa y carbono forestal sobre el suelo. Se midieron el diámetro y la altura de un árbol, utilizando la técnica DAP (≥ 5 a 25 cm) a una altura de 1.30 m del piso. Para obtener este dato se utilizó los instrumentos (forcípula y cinta diamétrica y técnicas para la obtención de la altura de un árbol), técnicas usadas en el

campo para obtener mediciones de diámetro precisas de manera rápida y eficiente. Debido a que los árboles vienen en variedad de formas y tamaños.

Etapa IV: Estimación de Biomasa y Carbono Forestal.

A. Cálculo de la biomasa seca viva sobre el suelo para una parcela de muestreo:

$$BSS_{ha} = (A_{ha}/A_p) * BSS_p$$

Dónde:

BSS_{ha} = Estimación de la biomasa seca viva sobre el suelo (toneladas métricas.)

A_{ha} = área de una hectárea (m²).

A_p = área de la parcela (m²).

BSS_p = Estimación a nivel de parcela de biomasa sobre el suelo en toneladas métricas.

B. Cálculo de emisiones de dióxido de carbono para un área forestada.

$$CO_2 = BSS_p * PMCO_2 / PM_C$$

Dónde:

BSS_p = Biomasa seca viva total sobre el suelo en parcela de muestreo.

PMCO₂ = Peso molecular del Dióxido de Carbono.

PM_C = peso molecular del carbono.

4.7.6. PROCESO METODOLÓGICO.

- ❖ Para caracterizar la biomasa aérea en bosque de pino (*Pinus radiata*), se georreferenció la población con el uso de un GPS, de acuerdo al procedimiento de la etapa I; se dispuso el diagrama de muestra, como detalla la etapa II; se tomaron las mediciones dasométricas del diámetro y altura del árbol, como menciona el procedimiento de la etapa III. Por consiguiente de acuerdo a esta metodología se obtuvo la caracterización de biomasa aérea en el bosque de pino.
- ❖ Para estimar el contenido de biomasa aérea en bosque de pino (*Pinus radiata*), se calculó la biomasa seca viva sobre el suelo para una parcela de muestreo, según el procedimiento de la etapa IV sección A.
- ❖ Para estimar el contenido de carbono en bosque de pino (*Pinus radiata*), se calculó las emisiones de CO₂ para un área forestada, según el procedimiento de la etapa IV sección B.

4.7.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

El instrumento utilizado fue la ficha de evaluación para árboles en plantaciones forestales. Entre las principales técnicas que se utilizaron en la aplicación de este estudio fue la codificación, tabulación y técnicas estadísticas consistentes en estadísticos descriptivos como también la inferencial, acudiendo a las medidas de tendencia central, medidas de dispersión, para la comparación de promedios entre los estratos se acudió

al análisis de varianza. Para el procesamiento de los datos se utilizó software como SPSS Statistics 22; MINITAB y Excel y para el procesamiento del texto se utilizó el Software Word.

4.7.7.1. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS.

El método de consistencia interna basado en el alfa de Cronbach permite estimar la fiabilidad de un instrumento de medida a través de un conjunto de ítems que se espera que midan el mismo constructo o dimensión teórica.

La validez se refiere al grado en que el instrumento mide lo que se pretende calcular. La confiabilidad se refiere a la confianza que se concede a los datos.

CRONBACH, (1951). Es un índice usado para medir la confiabilidad del tipo consistencia interna de una escala, es decir, para evaluar la magnitud en que los ítems de un instrumento estén correlacionados.

Tabla 02: Validez y confiabilidad del instrumento

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	5	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	5	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticos de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,833	3

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 22.

Los resultados muestran una fiabilidad del 0.833, demuestra por consiguiente que hay una correlación en los ítems. Por consiguiente se trata de un instrumento fiable que hace mediciones consistentes. Este valor se encuentra dentro del rango de fiabilidad con tendencia alta.

4.8. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.

De acuerdo a los objetivos del presente trabajo y el cronograma de actividades establecido se obtienen:

Los parámetros para hallar el contenido de carbono considerados en esta investigación están fundamentados bajo muchas bibliografías entre ellas WALKER *et. al.*, 2011; y GLOBE (2005).

- **DAP:** Medición dasométrica del diámetro a la altura del pecho de un árbol individual ≥ 5 a 25 cm, con una forcípula o cinta diamétrica a una altura de 1.30 metros sobre el nivel de suelo.
- **Altura del árbol:** Constituido desde la base del tronco del árbol, que inicia en el suelo, hasta el ápice de la copa.
- **Biomasa aérea:** La masa viva del árbol, que inicia a la altura del cuello de la planta, solo el fuste.
- **Contenido de carbono:** Es el contenido de carbono que se encuentra presente en los seres vivos, en la biomasa de los árboles se encuentra en grandes cantidades en las hojas, ramas, tallos y raíces; un árbol con biomasa fresca contiene aproximadamente 25% de carbono y un árbol con biomasa seca contiene en el 50% de carbono.

4.9. TRABAJO DE GABINETE.

De todas las evaluaciones realizadas se procedió a procesar información para poder contrastar, los objetivos, probar las hipótesis y dar respuesta a los problemas planteados.

Capítulo V

RESULTADOS



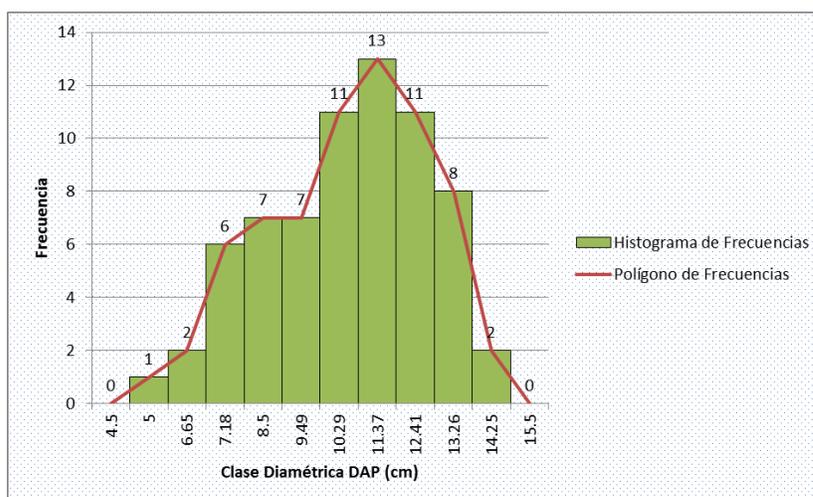
5.1. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CAPTURA DE CARBONO

Durante la medición dasométrica se recolectaron datos de campo de acuerdo a los parámetros establecidos en la ficha de evaluación.

5.1.1. DAP

ESTRATO 01: Datos representativos del DAP tomados en campo, correspondiente al estrato 01, donde se ordenaron mediante el establecimiento de la clase diamétrica DAP (cm), así como el promedio de frecuencias de las clases diamétricas de las medidas tomadas de una muestra de 68 árboles, como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 04: Histograma y Polígono de frecuencias Superpuestos DAP.



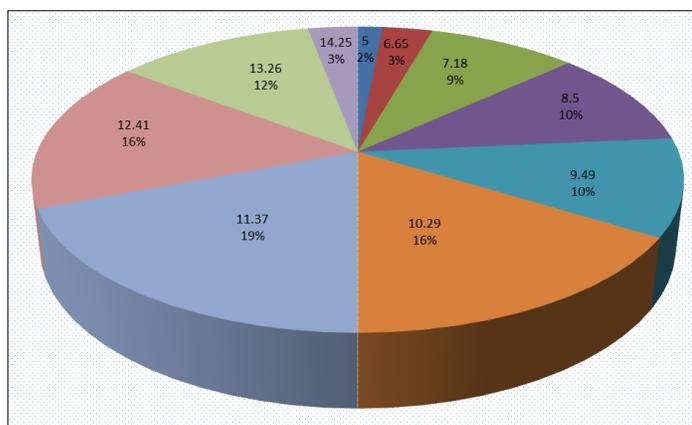
Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

En el gráfico se observa una representación del histograma y polígono de frecuencias superpuestos de las medidas obtenidas del DAP (cm) en una muestra de 68 árboles representativos, en un área de 7.793 Ha. y un estimado de 8 572 árboles; interpretando el gráfico se cumple que en el eje X se observa el promedio de medidas del DAP, ordenadas mediante una clase diamétrica; en el eje Y observamos las frecuencias de las mediciones del DAP, donde el histograma y el polígono de frecuencias nos muestran que el promedio de árboles con medidas DAP de (10.29; 11.37 y 12.41) son los más predominantes en el estrato 01 y los árboles con medidas DAP de (5; 6.65 y 14.25) son los que menos predominan.

Representamos de igual forma la cantidad porcentual de cada clase diamétrica según el DAP (cm) obtenidos de la muestra en un estadístico circular, como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 05: Frecuencias DAP (Muestra 68 árboles)



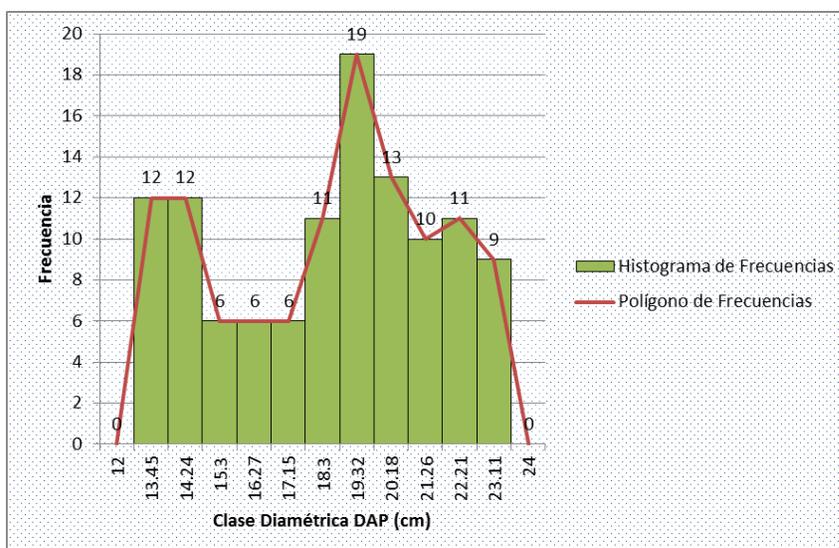
Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

Se observa en el gráfico de frecuencias que las mediciones de árboles con DAP (cm) (10.29; 11.37 y 12.41) representan un (16%; 19% y 16%) respectivamente los cuales son más predominantes y las mediciones de árboles con DAP (cm) (5; 6.65 y 14.25) representan un (2%; 3% y 3%) respectivamente y son los que menos predominan; para una muestra de 68 árboles correspondiente al estrato 01 del bosque de pino.

ESTRATO 02: Datos representativos del DAP tomados en campo, correspondiente al estrato 02, donde se ordenaron mediante el establecimiento de la clase diamétrica DAP (cm), así como el promedio de frecuencias de las clases diamétricas de las medidas tomadas de una muestra de 115 árboles, como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 06: Histograma y Polígono de frecuencias Superpuestos DAP.



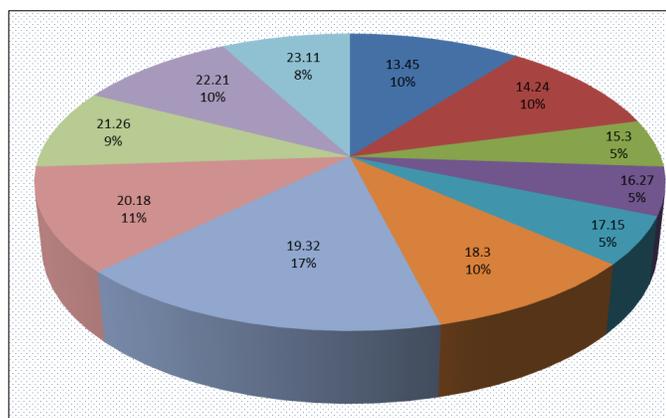
Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

En el gráfico se observa una representación del histograma y polígono de frecuencias superpuestos de las medidas obtenidas del DAP (cm) en una muestra de 115 árboles representativos, en un área de 13.214 Ha. y un estimado de 14 535 árboles; interpretando el gráfico se cumple que en el eje X se observa el promedio de medidas del DAP, ordenadas mediante una clase diamétrica; en el eje Y observamos las frecuencias de las mediciones del DAP, donde el histograma y el polígono de frecuencias nos muestran que el promedio de árboles con medidas DAP de (13.45; 14.24; 19.32 y 20.18) son los más predominantes en el estrato 02 y los árboles con medidas DAP de (15.3; 16.27; 17.15 y 23.11) son los que menos predominan.

Representamos de igual forma la cantidad porcentual de cada clase diamétrica según el DAP (cm) obtenidos de la muestra en un estadístico circular, como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 07: Frecuencias DAP (Muestra 115 árboles)



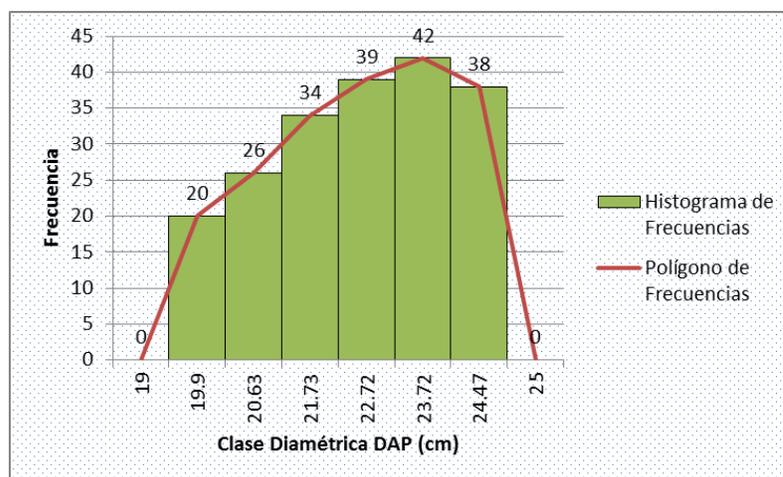
Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

Se observa en el gráfico de frecuencias que las mediciones de árboles con DAP (cm) (13.45; 14.24; 19.32 y 20.18) representan un (10%; 10%; 17% y 11%) respectivamente los cuales son más predominantes y las mediciones de árboles con DAP (cm) (15.3; 16.27; 17.15 y 23.11) representan un (5%; 5%; 5% y 8%) respectivamente y son los que menos predominan; para una muestra de 115 árboles correspondiente al estrato 02 del bosque de pino.

ESTRATO 03: Datos representativos del DAP tomados en campo, correspondiente al estrato 03, donde se ordenaron mediante el establecimiento de la clase diamétrica DAP (cm), así como el promedio de frecuencias de las clases diamétricas de las medidas tomadas de una muestra de 199 árboles, como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 08: Histograma y Polígono de frecuencias DAP.



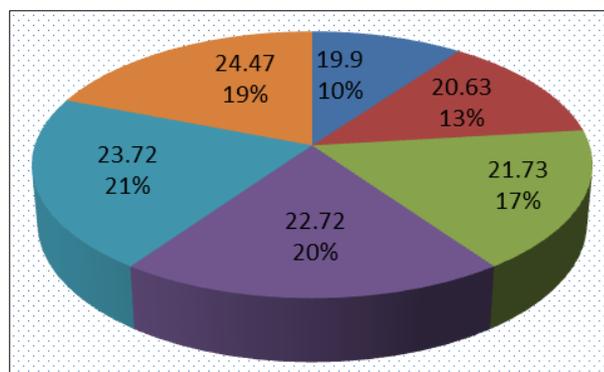
Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

En el gráfico se observa una representación del histograma y polígono de frecuencias superpuestos de las medidas obtenidas del DAP (cm) en una muestra de 199 árboles representativos, en un área de 22.796 Ha. y un estimado de 25 076 árboles; interpretando el gráfico se cumple que en el eje X se observa el promedio de medidas del DAP, ordenadas mediante una clase diamétrica; en el eje Y observamos las frecuencias de las mediciones del DAP, donde el histograma y el polígono de frecuencias nos muestran que el promedio de árboles con medidas DAP de (22.72; 23.72 y 24.47) son los más predominantes en el estrato 03 y los árboles con medidas DAP de (19.9; 20.63 y 21.73) son los que menos predominan.

Representamos de igual forma la cantidad porcentual de cada clase diamétrica según el DAP (cm) obtenidos de la muestra en un estadístico circular, como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 09: Frecuencias DAP (Muestra 199 árboles)



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

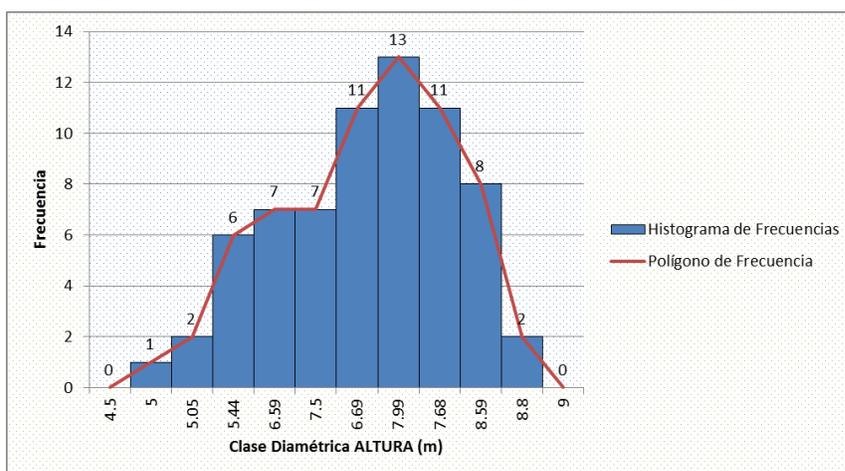
Interpretación.

Se observa en el gráfico de frecuencias que las mediciones de árboles con DAP (cm) (22.72; 23.72 y 24.47) representan un (20%; 21%; y 19%) respectivamente los cuales son más predominantes y las mediciones de árboles con DAP (cm) (19.9; 20.63 y 21.73) representan un (10%; 13%; y 17%) respectivamente y son los que menos predominan; para una muestra de 199 árboles correspondiente al estrato 03 del bosque de pino.

5.1.2. ALTURA DEL ÁRBOL

ESTRATO 01: Datos representativos de la altura tomados en campo, correspondiente al estrato 01, donde se ordenaron mediante el establecimiento de la clase diamétrica altura (m), así como el promedio de frecuencias de las clases diamétricas de las medidas tomadas de una muestra de 68 árboles, como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 10: Histograma y Polígono de frecuencias Superpuestos - altura.



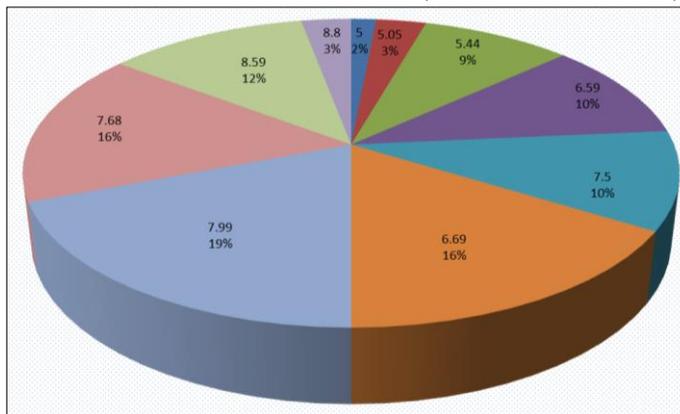
Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

En el gráfico se observa una representación del histograma y polígono de frecuencias superpuestos de las medidas obtenidas de la altura (m) en una muestra de 68 árboles representativos, en un área de 7.793 Ha. y un estimado de 8 572 árboles; interpretando el gráfico se cumple que en el eje X se observa el promedio de medidas de la altura, ordenadas mediante una clase diamétrica; en el eje Y observamos las frecuencias de las mediciones de las alturas, donde el histograma y el polígono de frecuencias nos muestran que el promedio de árboles con medidas de altura de (6.69; 7.99 y 7.68) son los más predominantes en el estrato 01 y los árboles con medidas de altura de (5; 5.05 y 8.8) son los que menos predominan.

Representamos de igual forma la cantidad porcentual de cada clase diamétrica según la altura (m) obtenidos de la muestra en un estadístico circular, como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 11: Frecuencias altura (Muestra 68 árboles)



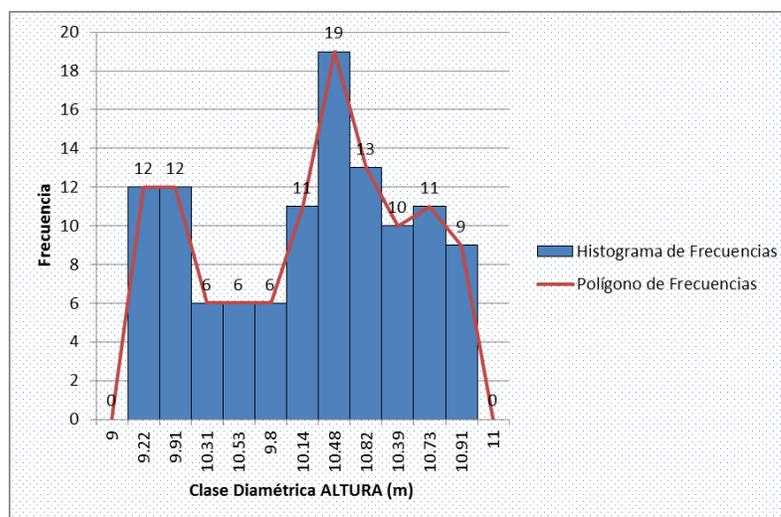
Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

Se observa en el gráfico de frecuencias que las mediciones de árboles con altura (m) (6.69; 7.99 y 7.68) representan un (16%; 19% y 16%) respectivamente los cuales son más predominantes y las mediciones de árboles con altura (m) (5; 5.05 y 8.8) representan un (2%; 3% y 3%) respectivamente y son los que menos predominan; para una muestra de 68 árboles correspondiente al estrato 01 del bosque de pino.

ESTRATO 2: Datos representativos de la altura (m) tomados en campo, correspondiente al estrato 02, donde se ordenaron mediante el establecimiento de la clase diamétrica altura (m), así como el promedio de frecuencias de las clases diamétricas de las medidas tomadas de una muestra de 115 árboles, como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 12: Histograma y Polígono de frecuencias Superpuestos - altura.



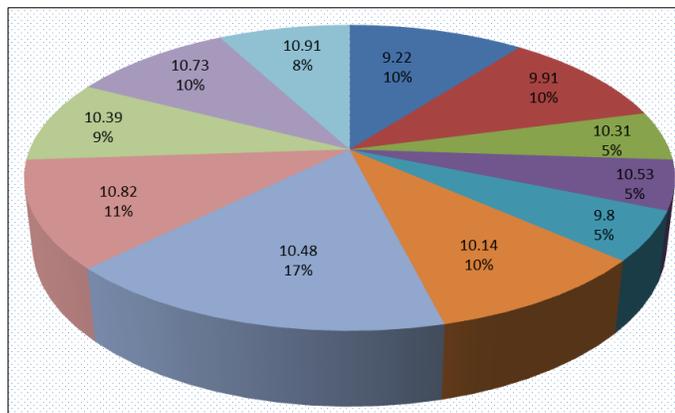
Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

En el gráfico se observa una representación del histograma y polígono de frecuencias superpuestos de las medidas obtenidas de la altura (m) en una muestra de 115 árboles representativos, en un área de 13.214 Ha. y un estimado de 14 535 árboles; interpretando el gráfico se cumple que en el eje X se observa el promedio de medidas de la altura, ordenadas mediante una clase diamétrica; en el eje Y observamos las frecuencias de las mediciones de la altura, donde el histograma y el polígono de frecuencias nos muestran que el promedio de árboles con medidas de altura de (9.22; 9.91; 10.48 y 10.82) son los más predominantes en el estrato 02 y los árboles con medidas de altura de (10.31; 10.53; 9.8 y 10.91) son los que menos predominan.

Representamos de igual forma la cantidad porcentual de cada clase diamétrica según la altura (m) obtenidos de la muestra en un estadístico circular, como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 13: Frecuencias altura (Muestra 115 árboles).



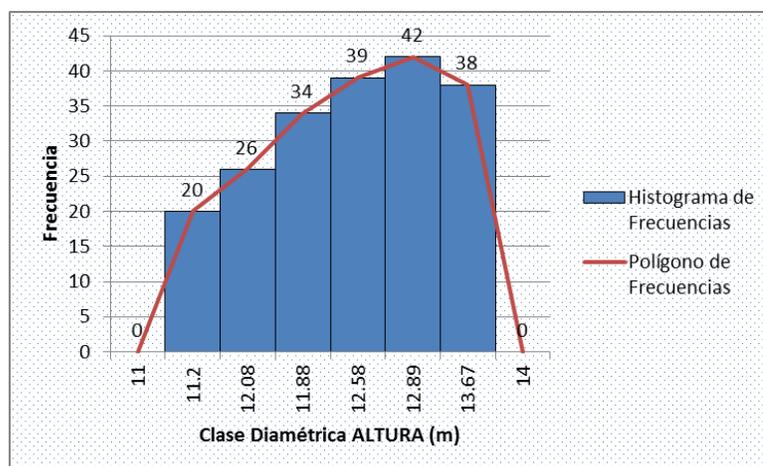
Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

Se observa en el gráfico de frecuencias que las mediciones de árboles con altura (m) (9.22; 9.91; 10.48 y 10.82) representan un (10%; 10%; 17% y 11%) respectivamente los cuales son más predominantes y las mediciones de árboles con altura (m) (10.31; 10.53; 9.8 y 10.91) representan un (5%; 5%; 5% y 8%) respectivamente y son los que menos predominan; para una muestra de 115 árboles correspondiente al estrato 02 del bosque de pino.

ESTRATO 03: Datos representativos de la altura tomados en campo, correspondiente al estrato 03, donde se ordenaron mediante el establecimiento de la clase diamétrica altura (m), así como el promedio de frecuencias de las clases diamétricas de las medidas tomadas de una muestra de 199 árboles, como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 14: Histograma y Polígono de frecuencias Superpuestos - altura.



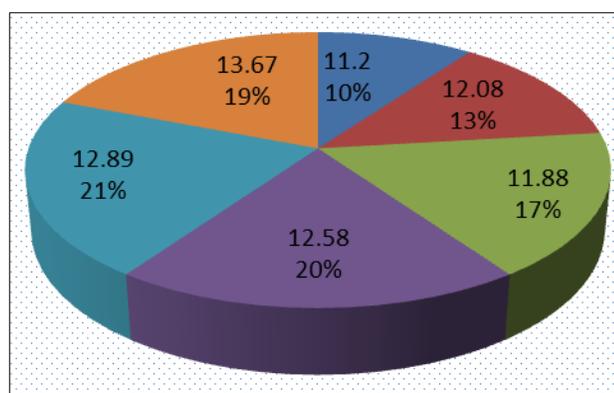
Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

En el gráfico se observa una representación del histograma y polígono de frecuencias superpuestos de las medidas obtenidas de la altura (m) en una muestra de 199 árboles representativos, en un área de 22.796 Ha. y un estimado de 25 076 árboles; interpretando el gráfico se cumple que en el eje X se observa el promedio de medidas de la altura, ordenadas mediante una clase diamétrica; en el eje Y observamos las frecuencias de las mediciones de la altura, donde el histograma y el polígono de frecuencias nos muestran que el promedio de árboles con medidas de altura de (12.58; 12.89 y 13.67) son los más predominantes en el estrato 03 y los árboles con medidas de altura de (11.2; 12.08 y 11.88) son los que menos predominan.

Representamos de igual forma la cantidad porcentual de cada clase diamétrica según la altura (m) obtenidos de la muestra en un estadístico circular, como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 15: Frecuencias altura (Muestra 199 árboles).



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

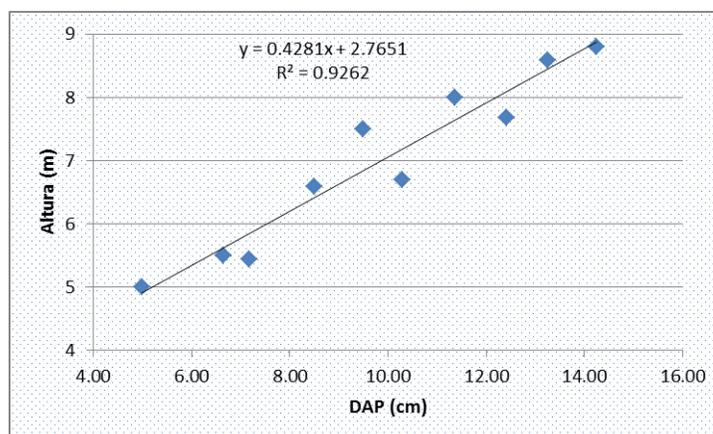
Interpretación.

Se observa en el gráfico de frecuencias que las mediciones de árboles con altura (m) (12.58; 12.89 y 13.67) representan un (20%; 21%; y 19%) respectivamente los cuales son más predominantes y las mediciones de árboles con altura (m) (11.2; 12.08 y 11.88) representan un (10%; 13%; y 17%) respectivamente y son los que menos predominan; para una muestra de 199 árboles correspondiente al estrato 03 del bosque de pino.

5.1.3. BIOMASA AÉREA

ESTRATO 01: Luego de establecer la clase diamétrica, hallar el promedio del DAP, el área basal, hallar el promedio de la altura del árbol, establecernos el factor forma, hallar la frecuencia (DAP, altura), y hallar el volumen, todos estos datos usados nos permitieron hallar la biomasa aérea de 1.84 Tn. equivalentes a (1,844.33 Kg.); en una muestra de 68 árboles representativos en 7.793 Ha. correspondientes al estrato 01.

Gráfico 16: Relación DAP – Altura del árbol.

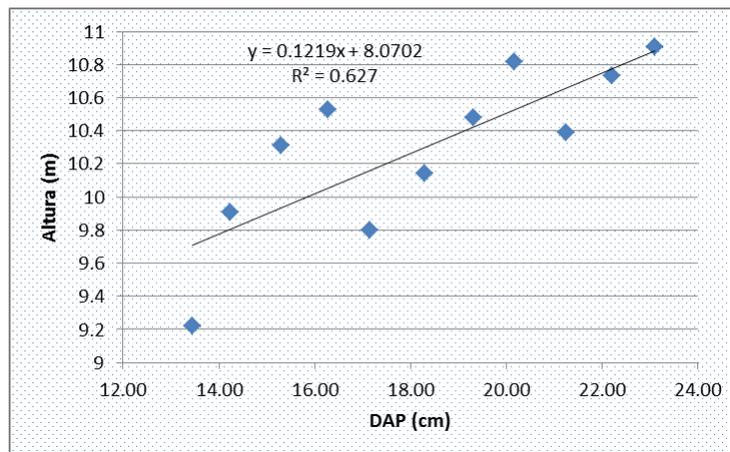


Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

El gráfico muestra la correlación entre altura (m) y DAP (cm) presente en el estrato 01, en el que se puede observar que a mayor DAP (14 cm), mayor es la altura (9 m) presente en los árboles del bosque de pino; por consiguiente a mayor incremento en la medida del DAP el incremento en la altura también será mayor; el valor del coeficiente de correlación de Pearson (R^2 ajustado) en la curva de ajuste del modelo es igual a $R^2=0.92$, cuya interpretación da una muy buena correlación entre las variables de los ejes (X; Y), debido a la alta amplitud de datos entre altura y DAP en el gráfico de dispersión, por lo tanto el modelo de regresión lineal sirve para hacer pronóstico o para relacionar ambos datos.

ESTRATO 02: Luego de establecer la clase diamétrica, hallar el promedio del DAP, el área basal, hallar el promedio de la altura del árbol, establecernos el factor forma, hallar la frecuencia (DAP, altura), y hallar el volumen, como se muestra en el siguiente cuadro, todos estos datos usados nos permitieron hallar la biomasa aérea de 12.83 Tn. equivalentes a (12,834.19 Kg.); en una muestra de 115 árboles representativos en 13.214 Ha. correspondientes al estrato 02.

Gráfico 17: Relación DAP – Altura del árbol.

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

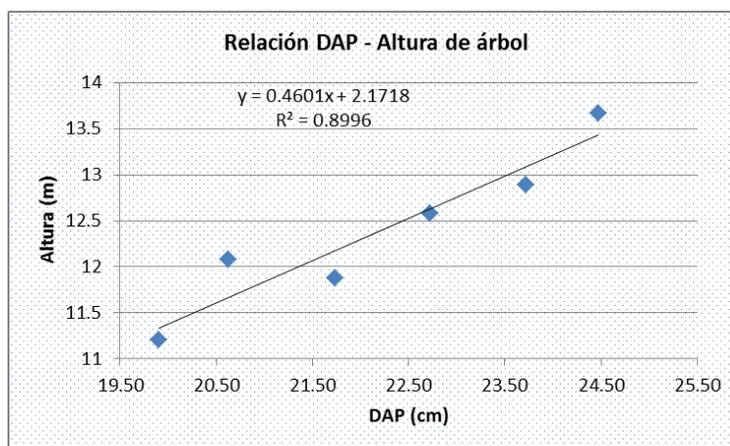
Interpretación.

El gráfico muestra la correlación entre altura (m) y DAP (cm) presente en el estrato 02, en el que se puede observar que a mayor DAP (23 cm), moderada es la altura (11 m), presente en los árboles del bosque de pino; por consiguiente a mayor incremento en la medida del DAP el incremento en la altura en este caso será moderado; el valor del coeficiente de correlación de Pearson (R^2 ajustado) en la curva de ajuste del modelo es igual a $R^2=0.627$, cuya interpretación da una buena correlación entre las variables de los ejes (X; Y), debido a la moderada amplitud de datos entre altura y DAP en el gráfico de dispersión, por lo tanto el modelo de regresión lineal sirve para hacer pronóstico o para relacionar ambos datos, sin influencia alguna de la poca amplitud en cuanto a altura de árbol nos referimos.

ESTRATO 03: Luego de establecer la clase diamétrica, hallar el promedio del DAP, el área basal, hallar el promedio de la altura del árbol, establecernos el

factor forma, hallar la frecuencia (DAP, altura), y hallar el volumen, como se muestra en el siguiente cuadro, todos estos datos usados nos permitieron hallar la biomasa aérea de 39.25 Tn. equivalentes a (39,248.65 Kg.); en una muestra de 199 árboles representativos en 22.796 Ha. correspondientes al estrato 03.

Gráfico 18: Relación DAP – Altura.



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

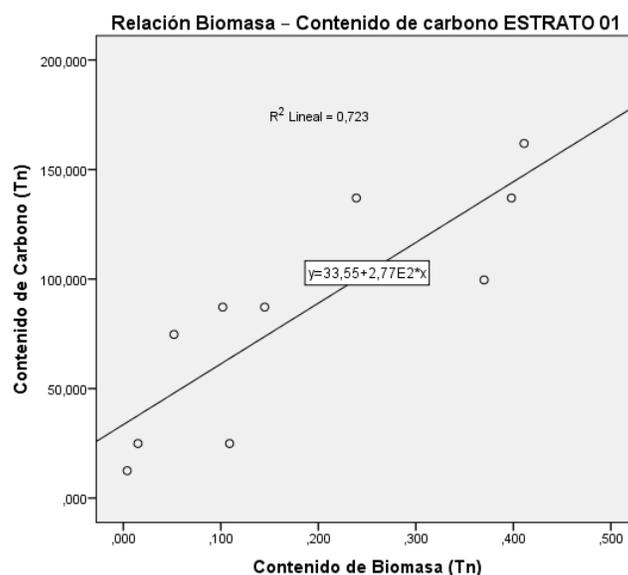
Interpretación.

El gráfico muestra la correlación entre altura (m) y DAP (cm) presente en el estrato 03, en el que se puede observar que a mayor DAP (25 cm), mayor es la altura (14 m), presente en los árboles del bosque de pino; por consiguiente a mayor incremento en la medida del DAP el incremento en la altura también será mayor; el valor del coeficiente de correlación de Pearson (R^2 ajustado) en la curva de ajuste del modelo es igual a $R^2=0.89$, cuya interpretación da una muy buena correlación entre las variables de los ejes (X; Y), debido a la alta amplitud de datos entre altura y DAP en el gráfico de dispersión; por lo tanto el modelo de regresión lineal sirve para hacer pronóstico o para relacionar ambos datos.

5.1.4. CONTENIDO DE CARBONO

ESTRATO 01: Obteniendo la cantidad de biomasa (230.69 Tn) en el estrato 01, se estimó el contenido de carbono (847.02 Tn C/Ha) presente en un área de 7.793 Ha. como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 19: Relación biomasa – contenido de carbono



Fuente: PASW Statistics 22, Elaboración Propia, 2016.

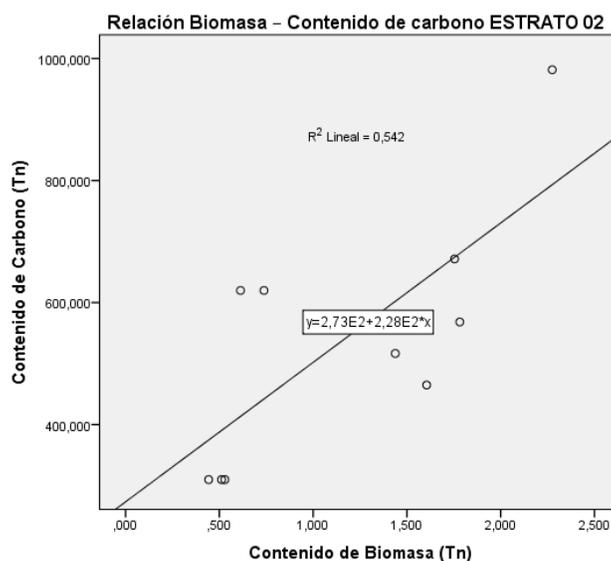
Interpretación.

El gráfico muestra la correlación entre el contenido de biomasa (Tn) y carbono (Tn) presente en el estrato 01, en el que se puede observar que a mayor biomasa (mayor DAP, mayor altura) mayor contenido de carbono, presente en el bosque de pino; el valor del coeficiente de correlación de Pearson (R^2 ajustado) en la curva de ajuste del modelo es igual a $R^2 = 0.723$, nos da buena correlación entre las variables de los ejes (X; Y); esto debido a la buena correlación entre el contenido de biomasa y contenido de carbono tal como se muestra en el gráfico

de dispersión, donde se observa que el contenido de carbono viene a ser directamente obtenido por las características de la biomasa donde los factores climáticos como temperatura, precipitación, humedad, las características de suelo (franco arcillo arenoso), pendiente (30 %) y la altitud (4,189 m.s.n.m.), características del estrato 01, tienen gran influencia en el desarrollo de los arboles presentes en este estrato, no obstante, el modelo de regresión lineal que se obtuvo sirve para hacer pronóstico o para relacionar ambos datos, y la ecuación aplicable para este estrato es $Y = 33,55 + 2,77E2 * X$.

ESTRATO 02: Obteniendo la cantidad de biomasa (1,619.12 Tn) en el estrato 02, se estimó el contenido de carbono (5,940.48 Tn C/Ha) presente en un área de 13.214 Ha. como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 20: Relación biomasa- contenido de carbono

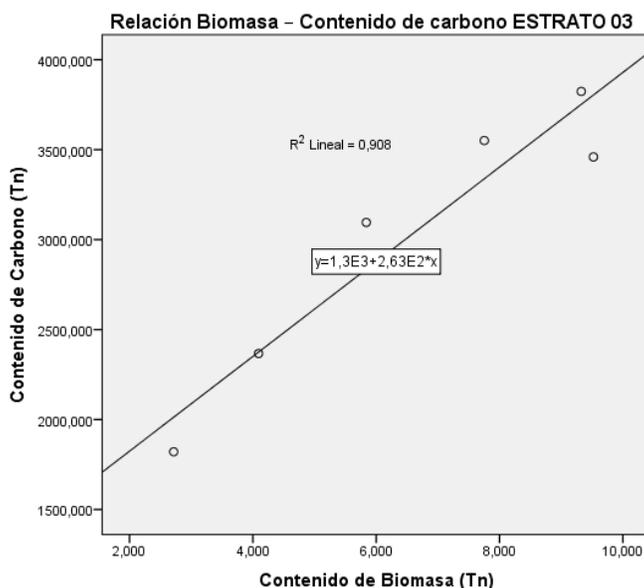


Fuente: PASW Statistics 22, Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

El gráfico muestra la correlación entre el contenido de biomasa (Tn) y carbono (Tn) presente en el estrato 02, en el que se puede observar que a mayor biomasa (mayor DAP, mayor altura) encontramos un moderado contenido de carbono, presente en el bosque de pino, esto, debido a la moderada amplitud de datos entre altura y DAP observados anteriormente en el gráfico 17 de dispersión donde se refiere al contenido de biomasa; y como resultado a esto el valor del coeficiente de correlación de Pearson (R^2 ajustado) en la curva de ajuste del modelo es igual a $R^2=0.542$, nos da una moderada correlación entre las variables de los ejes (X; Y); debido también a una moderada correlación entre el contenido de biomasa y contenido de carbono tal como se muestra en el gráfico de dispersión, donde se observa que el contenido de carbono viene a ser directamente obtenido por las características de la biomasa donde los factores climáticos como temperatura, precipitación, humedad, las características de suelo (franco arcillo arenoso HA, franco arenoso HB), pendiente (40 %) y la altitud (4,086 m.s.n.m.), características del estrato 02, tienen gran influencia en el desarrollo de los árboles presentes en este estrato, no obstante, el modelo de regresión lineal sirve para hacer pronóstico o para relacionar ambos datos, la ecuación aplicable para este estrato es $Y= 2.73E2+2.28E2*X$.

ESTRATO 03: Obteniendo la cantidad de biomasa (4,937.07 Tn) en el estrato 03, se estimó el contenido de carbono (18,117.12 Tn C/Ha) presente en un área de 22.796 Ha. como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 21: Relación biomasa – contenido de carbono

Fuente: PASW Statistics 22, Elaboración Propia, 2016.

Interpretación.

El gráfico muestra la correlación entre el contenido de biomasa (Tn) y carbono (Tn) presente en el estrato 03, en el que se puede observar que a mayor biomasa (mayor DAP, mayor altura) mayor contenido de carbono, presente en el bosque de pino; el valor del coeficiente de correlación de Pearson (R^2 ajustado) en la curva de ajuste del modelo es igual a $R^2=0.908$, nos da una muy buena correlación entre las variables de los ejes (X; Y), esto debido a la muy buena correlación entre el contenido de biomasa y contenido de carbono tal como se muestra en el gráfico de dispersión, donde se observa que el contenido de carbono es directamente obtenido por las características de la biomasa donde los factores climáticos como temperatura, precipitación, humedad, las características de suelo (franco arcillo arenoso), pendiente (25 %) y la altitud

(3,983 m.s.n.m.), características del estrato 03, tienen gran influencia óptima en el desarrollo de los arboles presentes en este estrato, por lo tanto el modelo de regresión lineal sirve para hacer pronóstico o para relacionar ambos datos, la ecuación aplicable para este estrato es $Y = 1,3E3 + 2,63E2 * X$

5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO

El análisis de suelo permite determinar el grado de fertilidad del suelo. La fertilidad es vital para que un suelo sea productivo, aunque un suelo fértil no necesariamente es productivo, debido a que existen otros factores de tipo físico como el mal drenaje, escasa profundidad, piedra superficial, déficit de humedad, etc, que pueden limitar la producción, aun cuando la fertilidad del suelo sea adecuada. El grado de potencial productivo de un suelo está determinado por sus características químicas y físicas.



Cuadro 04: Descripción de la Calicata N° 001 - HA

ESTRATO 01 CALICATA N°: C - 001	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	SECTOR/ANEXO/CERRO			
	Apurímac	Graú	Santa Rosa	Santa Rosa	Runarunayoq			
	COORDENADAS UTM:	FECHA	PENDIENTE	ALTITUD	CULTIVO PREDOMINANTE/USO DE SUELO			
	0750610 E	14/05/16	30 %	4,189 m.s.n.m.	Plantación forestal (Bosque de Pino), presencia de Pajonal/Ichu, pastizales.			
	8436653 N							
	MESES DE PRECIPITACIÓN	MUESTRA	CÓDIGO DE CALICATA	HORIZONTE	PROFUNDIDAD EFECTIVA	OBSERVACIONES GENERALES DEL SECTOR		
	Diciembre – Abril	N° 01	C – 001 – HA	A	70 cm	Presencia de fauna/flora silvestre: Presencia de animales mayores (vacunos, equinos, ovinos, caprinos, y animales endémicos como: vicuña, zorro, vizcacha, venado), aves como el cóndor, águila, cernícalo, gorrión, entre otros. Zona de pastizal para los animales, dentro y fuera del bosque.		
	RAÍCES	COLOR DEL SUELO		HUMEDAD DEL SUELO	PRESENCIA DE LOMBRICES			ROCA MADRE
	Con presencia de raíces	SECO	HÚMEDO	Moderada	No se observo			Se encontró a partir de los 70 cm
		2.5Y 3/2	2.5Y 3/1					
ANÁLISIS FÍSICO								
ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	Clase Textural	D.A (gr/cm ³)	Quema de pastizales: No se registró ninguna quema en la zona.			
59	19	22	FRANCO ARCILLO ARENOSO	1.45	Zonas potenciales para forestación: Existen áreas en la zona			
ANÁLISIS QUÍMICO					Disponibilidad de agua: Existe un riachuelo en la parte baja de bosque con un considerable caudal.			
pH	Interpretación	C.E (mS/cm)	Interpretación	TDS (ppm)	Interpretación	M.O (%)	Interpretación	
5.0	Muy fuertemente ácido	0.13	Normal	6.71	Normal	1	Bajo	
Nitrógeno (NO ₃ -N) (ppm)	Interpretación	Fósforo (P ₂ O ₅)(ppm)	Interpretación	Potasio (K ₂ O)(Meq/100g)	Interpretación	Ca+Mg (Meq/100g)	Interpretación	
4	Bajo	23.1	Medio	0.22	Medio	6	Óptimo	

Fuente: Elaboración Propia, 2016.



5.2.1 INTERPRETACIÓN DE LA CALICATA N°: C – 001 (ESTRATO 01) a 4,189 m.s.n.m.: con un **pH 5.0** (Muy fuertemente ácido), el cual dificulta el desarrollo de las raíces, y por consiguiente la retención de muchos nutrientes. **Materia Orgánica (Bajo)**, existe poca cantidad de restos orgánicos que se encuentran alterados y que no pueden dar lugar a aumentar el contenido en nutrientes del suelo. La materia orgánica tiene una baja capacidad de intercambio catiónico, por consiguiente tiene pocas propiedades químicas, físicas y microbiológicas que no favorecen el crecimiento de las plantas. **Nitrógeno (Muy Bajo)**, su deficiencia se manifiesta en clorosis de hojas y necrosis prematura, la planta no desarrolla óptimamente, el follaje es escaso, aunque puede florecer con cierta abundancia. En definitiva la planta tiene un aspecto raquítrico y amarillento. **Fósforo (Medio)**, debido a ello, su poca función en el proceso de fotosíntesis, la respiración celular y todo el metabolismo energético. Disminución en la función metabólica, en la regulación de la síntesis y transporte de hidratos de carbono. Disminución en el desarrollo de las raíces al comienzo de la vegetación. También disminuye la riqueza en almidón, azúcares y féculas, dando frutos y semillas de baja calidad. Hojas con un verde oscuro apagado, su deficiencia provoca enanismo y retraso en la madurez. **Potasio (Medio)**, su deficiencia se traduce en debilidad del tallo, mayor sensibilidad al ataque por patógenos y retraso del crecimiento por pérdida de turgencia. Deficiente transporte de agua y nutrientes a través del xilema. **Relación Calcio, Magnesio (Óptimo)**, Los suelos encontrados en este estrato son fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos de Ca y Mg. Entre más alto el contenido de Ca y Mg, mejor es la fertilidad del suelo.



Debido a estas deficiencias en los elementos esenciales para el desarrollo óptimo de los árboles encontrados en los horizontes de este estrato, pinos con una biomasa escasa, de tallos delgados y débiles, hojas amarillentas, de poca altura aproximadamente de 5 a 8.8 m y de DAP 5 a 14.5 cm menores a los dos estratos siguientes.



Cuadro 05: Descripción de la Calicata N° 002 - HA

ESTRATO 02 CALICATA N°: C - 002	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	SECTOR/ANEXO/CERRO			
	Apurímac	Graú	Santa Rosa	Santa Rosa	Runarunayoc			
	COORDENADAS UTM:	FECHA	PENDIENTE	ALTITUD	CULTIVO PREDOMINANTE/USO DE SUELO			
	0750629 E	14/05/16	40 %	4,086 m.s.n.m.	Plantación forestal (Bosque de Pino), presencia de Pajonal/Ichu, pastizales.			
	8436424 N							
	MESES DE PRECIPITACIÓN	MUESTRA	CÓDIGO DE CALICATA	HORIZONTE	PROFUNDIDAD EFECTIVA	OBSERVACIONES GENERALES DEL SECTOR		
	Diciembre – Abril	N° 02	C – 002 – HA	A	45 cm	Presencia de fauna/flora silvestre: Presencia de animales mayores (vacunos, equinos, ovinos, caprinos, y animales endémicos como: vicuña, zorro, vizcacha, venado), aves como el cóndor, águila, cernícalo, gorrión, entre otros. Zona de pastizal para los animales, dentro y fuera del bosque.		
	RAÍCES	COLOR DEL SUELO		HUMEDAD DEL SUELO	PRESENCIA DE LOMBRICES			ROCA MADRE
	Con abundante presencia de raíces	SECO 2.5Y 4/1	HÚMEDO 2.5Y 2.5/1	Buena	No se observo			No se encontró
	ANÁLISIS FÍSICO							
ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	Clase Textural	D.A (gr/cm ³)	Quema de pastizales: No se registró ninguna quema en la zona.			
56	21	23	FRANCO ARCILLO ARENOSO	1.38				
ANÁLISIS QUÍMICO					Disponibilidad de agua: Existe un riachuelo en la parte baja de bosque con un considerable caudal.			
pH	Interpretación	C.E (mS/cm)	Interpretación	TDS (ppm)	Interpretación	M.O (%)	Interpretación	
4.3	Extremadamente ácido	0.25	Normal	9.46	Normal	1	Bajo	
Nitrógeno (NO ₃ -N) (ppm)	Interpretación	Fósforo (P ₂ O ₅)(ppm)	Interpretación	Potasio (K ₂ O)(Meq/100g)	Interpretación	Ca+Mg (Meq/100g)	Interpretación	
6	Bajo	19.8	Medio	0.22	Medio	6	Óptimo	

Fuente: Elaboración Propia, 2016.



5.2.2 INTERPRETACIÓN DE LA CALICATA N°: C – 002 (ESTRATO 02)

4,086 m.s.n.m.: con un **pH 4.3** (Extremadamente ácido), el cual dificulta el desarrollo de las raíces, por consiguiente la dificultad de ellas en la retención de muchos nutrientes. **Materia Orgánica (Bajo)**, la materia orgánica tiene una baja capacidad de intercambio catiónico, por consiguiente tiene pocas propiedades químicas, físicas y microbiológicas que no favorecen el crecimiento de las plantas. **Nitrógeno (Muy Bajo)**, su deficiencia se manifiesta en clorosis de hojas y necrosis prematura, la planta no desarrolla óptimamente, follaje con mucha abundancia. **Fósforo (Medio)**, aquí los árboles presentan regular función en el proceso de fotosíntesis, la respiración celular y todo el metabolismo energético, en la regulación de la síntesis y transporte de hidratos de carbono. **Potasio (Medio)**, su deficiencia se traduce en una moderada debilidad del tallo, moderada resistencia al ataque por patógenos y retraso del crecimiento por pérdida de turgencia, buena eficiencia en el transporte de agua y nutrientes a través del xilema. **Relación Calcio, Magnesio (Óptimo)**, Los suelos encontrados en este estrato son fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos de Ca y Mg. Entre más alto el contenido de Ca y Mg, mejor es la fertilidad del suelo.

Debido a estas moderadas deficiencias en los elementos esenciales para el desarrollo óptimo de los árboles encontrados en los horizontes de este estrato, pinos con buena abundancia de biomasa, de tallos resistentes y gruesos, hojas verdes, de moderada altura aproximadamente de 9 a 11 m y de DAP 13 a 24 cm.

Cuadro 06: Descripción de la Calicata N° 002 - HB

ESTRATO 02 CALICATA N°: C - 002	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	SECTOR/ANEXO/CERRO											
	Apurímac	Graú	Santa Rosa	Santa Rosa	Runarunayoc											
	COORDENADAS UTM:	FECHA	PENDIENTE	ALTITUD	CULTIVO PREDOMINANTE/USO DE SUELO											
	0750629 E	14/05/16	40 %	4,086 m.s.n.m.	Plantación forestal (Bosque de Pino), presencia de Pajonal/Ichu, pastizales.											
	8436424 N															
	MESES DE PRECIPITACIÓN	MUESTRA	CÓDIGO DE CALICATA	HORIZONTE	PROFUNDIDAD EFECTIVA	OBSERVACIONES GENERALES DEL SECTOR										
	Diciembre – Abril	N° 03	C – 002 – HB	B	105 cm	Presencia de fauna/flora silvestre: Presencia de animales mayores (vacunos, equinos, ovinos, caprinos, y animales endémicos como: vicuña, zorro, vizcacha, venado), aves como el cóndor, águila, cernícalo, gorrión, entre otros. Zona de pastizal para los animales, dentro y fuera del bosque.										
	RAÍCES	COLOR DEL SUELO		HUMEDAD DEL SUELO	PRESENCIA DE LOMBRICES	ROCA MADRE										
	Con poca presencia de raíces	SECO 2.5Y 8/2	HÚMEDO 2.5Y 8/4	Buena	No se observo	No se encontró										
	ANÁLISIS FÍSICO							Quema de pastizales: No se registró ninguna quema en la zona.								
ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	Clase Textural	D.A (gr/cm ³)	79	8	13		FRANCO ARENOSO	1.50	Zonas potenciales para forestación: Existen áreas en la zona					
ANÁLISIS QUÍMICO												Disponibilidad de agua: Existe un riachuelo en la parte baja de bosque con un considerable caudal.				
pH	Interpretación	C.E (mS/cm)	Interpretación	TDS (ppm)	Interpretación	M.O (%)	Interpretación	4.6	Muy fuertemente ácido	0.5	Normal		2.51	Normal	1	Bajo
Nitrógeno (NO ₃ -N) (ppm)	Interpretación	Fósforo (P ₂ O ₅)(ppm)	Interpretación	Potasio (K ₂ O)(Meq/100g)	Interpretación	Ca+Mg (Meq/100g)	Interpretación									
4	Bajo	36.3	Medio	0.24	Medio	6	Óptimo									

Fuente: Elaboración Propia, 2016.



5.2.3 INTERPRETACIÓN DE LA CALICATA N°: C – 002 (ESTRATO 02)

4,086 m.s.n.m.: con un **pH 4.6** (Muy fuertemente ácido), el cual dificulta el desarrollo de las raíces, por consiguiente la dificultad de ellas en la retención de muchos nutrientes. **Materia Orgánica (Bajo)**, la materia orgánica tiene una baja capacidad de intercambio catiónico, por consiguiente tiene pocas propiedades químicas, físicas y microbiológicas que no favorecen el crecimiento de las plantas. **Nitrógeno (Muy Bajo)**, su deficiencia se manifiesta en clorosis de hojas y necrosis prematura, la planta no desarrolla óptimamente, follaje con mucha abundancia. **Fósforo (Medio)**, aquí los árboles presentan regular función en el proceso de fotosíntesis, la respiración celular y todo el metabolismo energético, en la regulación de la síntesis y transporte de hidratos de carbono. **Potasio (Medio)**, su deficiencia se traduce en una moderada debilidad del tallo, moderada resistencia al ataque por patógenos y retraso del crecimiento por pérdida de turgencia, buena eficiencia en el transporte de agua y nutrientes a través del xilema. **Relación Calcio, Magnesio (Óptimo)**, Los suelos encontrados en este estrato son fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos de Ca y Mg. Entre más alto el contenido de Ca y Mg, mejor es la fertilidad del suelo.

Debido a estas moderadas deficiencias en los elementos esenciales para el desarrollo óptimo de los árboles encontrados en los horizontes de este estrato, pinos con buena abundancia de biomasa, de tallos resistentes y gruesos, hojas verdes, de moderada altura aproximadamente de 9 a 11 m y de DAP 13 a 24 cm.

Cuadro 07: Descripción de la Calicata N° 003 - HA

ESTRATO 03 CALICATA N°: C - 003	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	SECTOR/ANEXO/CERRO		
	Apurímac	Graú	Santa Rosa	Santa Rosa	Runarunayoc		
	COORDENADAS UTM:	FECHA	PENDIENTE	ALTITUD	CULTIVO PREDOMINANTE/USO DE SUELO		
	0750549 E	14/05/16	25 %	3,983 m.s.n.m.	Plantación forestal (Bosque de Pino), presencia de Pajonal/Ichu, pastizales.		
	8436169 N						
	MESES DE PRECIPITACIÓN	MUESTRA	CÓDIGO DE CALICATA	HORIZONTE	PROFUNDIDAD EFECTIVA	OBSERVACIONES GENERALES DEL SECTOR	
	Diciembre – Abril	N° 04	C – 003 – HA	A	64 cm	Presencia de fauna/flora silvestre: Presencia de animales mayores (vacunos, equinos, ovinos, caprinos, y animales endémicos como: vicuña, zorro, vizcacha, venado), aves como el cóndor, águila, cernícalo, gorrión, entre otros. Zona de pastizal para los animales, dentro y fuera del bosque.	
	RAÍCES	COLOR DEL SUELO	HUMEDAD DEL SUELO	PRESENCIA DE LOMBRICES	ROCA MADRE		
	Con abundante presencia de raíces	SECO 2.5Y 4/1	HÚMEDO 2.5Y 4/3	Buena	Si se observo		
	ANÁLISIS FÍSICO						
ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	Clase Textural	D.A (gr/cm ³)	Quema de pastizales: Se registró incendio forestal dentro del bosque.		
54	19	27	FRANCO ARCILLO ARENOSO	1.40			Zonas potenciales para forestación: Existen áreas en la zona
ANÁLISIS QUÍMICO							
pH	Interpretación	C.E (mS/cm)	Interpretación	TDS (ppm)	Interpretación	M.O (%)	Interpretación
4.4	Extremadamente ácido	0.30	Normal	15.2	Normal	2	Bajo
Nitrógeno (NO ₃ -N) (ppm)	Interpretación	Fósforo (P ₂ O ₅)(ppm)	Interpretación	Potasio (K ₂ O)(Meq/100g)	Interpretación	Ca+Mg (Meq/100g)	Interpretación
4	Bajo	19.8	Bajo	0.25	Medio	7	Óptimo

Fuente: Elaboración Propia 2016



5.2.4 INTERPRETACIÓN DE LA CALICATA N°: C – 003 (ESTRATO 03) 3,983

m.s.n.m.: con un **pH 4.4** (Extremadamente ácido), no dificultó mucho el desarrollo de las raíces, la retención de los nutrientes fue óptima. **Materia Orgánica (Bajo)**, abundante cantidad de restos orgánicos. La materia orgánica tiene una buena capacidad de intercambio catiónico, por consiguiente tiene altas propiedades químicas, físicas y microbiológicas que favorecen el crecimiento de las plantas. **Nitrógeno (Muy Bajo)**, su deficiencia no se manifiesta en ningún componente de los árboles, la planta se desarrolla óptimamente, el follaje es abundante. En definitiva la planta tiene un buen aspecto en ramas, follaje y tronco. **Fósforo (Medio)**, desarrolla una buena función en el proceso de fotosíntesis, la respiración celular y todo el metabolismo energético. Moderada función metabólica, en la regulación de la síntesis y transporte de hidratos de carbono. Buen desarrollo radicular al comienzo de la vegetación. Elevada riqueza en almidón, azúcares y féculas, dando frutos y semillas de buena calidad. Hojas con un verde oscuro apagado. **Potasio (Medio)**, encontramos tallos resistentes y fuertes, resistencia al ataque por patógenos. Eficiente transporte de agua y nutrientes a través del xilema. **Relación Calcio, Magnesio (Óptimo)**, Los suelos encontrados en este estrato son fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos de Ca y Mg. Entre más alto el contenido de Ca y Mg, mejor es la fertilidad del suelo.

Debido a estas deficiencias en los elementos esenciales para el desarrollo óptimo de los árboles encontrados en los horizontes de este estrato, encontramos pinos con un buen desarrollo radicular, con abundante biomasa, follaje, con resistentes troncos y buenos frutos y semillas, tallos gruesos y fuertes, de considerable altura aproximadamente de 10.6 a 15 m y de DAP 19 a 25 cm.

5.3. CONTRASTACIÓN DE LOS OBJETIVOS

5.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la cantidad y la característica de la biomasa aérea y la relación existente entre la cantidad de carbono en bosque de pino (*Pinus radiata*).

5.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la biomasa aérea en bosque de pino (*Pinus radiata*).

Estrato 01: Características del DAP, cuyos intervalos están representados en la clase diamétrica de 5 a 15 (cm), la altura que va desde los 5 a 9 (m), el volumen de madera en (m³) que representa la biomasa en el estrato.

Cuadro 08: Características DAP, altura, volumen (Estrato 01)

CLASE DIAMETRICA (Cm)	DAP (Cm)	AREA BASAL (m ²)	ALTURA TOTAL (m)	Fac. Forma	VOLUMEN (m ³)	En 68 árboles (7.793 Ha)		Biomasa aérea (Tn)	Biomasa aérea (Kg)
						Frecuencia	Volumen (m ³)		
5 - 5.99	5.00	0.0020	5	0.65	0.006	1	0.006	0.004	3.83
6 - 6.99	6.65	0.0035	5.5	0.65	0.012	2	0.025	0.015	14.89
7 - 7.99	7.18	0.0040	5.44	0.65	0.014	6	0.086	0.052	51.51
8 - 8.99	8.50	0.0057	6.59	0.65	0.024	7	0.170	0.102	102.04
9 - 9.99	9.49	0.0071	7.5	0.65	0.034	7	0.241	0.145	144.75
10 - 10.99	10.29	0.0083	6.69	0.65	0.036	11	0.398	0.239	238.55
11 - 11.99	11.37	0.0101	7.99	0.65	0.053	13	0.685	0.411	411.10
12 - 12.99	12.41	0.0121	7.68	0.65	0.060	11	0.664	0.398	398.32
13 - 13.99	13.26	0.0138	8.59	0.65	0.077	8	0.617	0.370	369.92
14 - 14.99	14.25	0.0159	8.8	0.65	0.091	2	0.182	0.109	109.41
TOTAL						68	3.074	1.84	1844.33

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Del cuadro se observa que para 68 árboles, el volumen de madera representa 3.074 m³, y para 8,572 árboles representa 387.5 m³ en un área de (7.793 Ha).

Estrato 02: Características del DAP, cuyos intervalos están representados en la clase diamétrica de 13 a 24 (cm), la altura que va desde los 9 a 11 (m), el volumen de madera en (m³) que representa la biomasa en el estrato.

Cuadro 09: Características DAP, altura, volumen (Estrato 02)

CLASE DIAMÉTRICA (Cm)	DAP (Cm)	AREA BASAL (m ²)	ALTURA TOTAL (m)	Fac. Forma	VOLUMEN (m ³)	En 115 árboles (13.214 Ha)		Biomasa aérea(Tn)	Biomasa aérea (Kg)
						Frecuencia	Volumen (m ³)		
13 - 13.99	13.45	0.0142	9.22	0.65	0.085	12	1.021	0.613	612.76
14 - 14.99	14.24	0.0159	9.91	0.65	0.103	12	1.230	0.738	738.26
15 - 15.99	15.30	0.0184	10.31	0.65	0.123	6	0.739	0.443	443.33
16 - 16.99	16.27	0.0208	10.53	0.65	0.142	6	0.853	0.512	512.02
17 - 17.99	17.15	0.0231	9.8	0.65	0.147	6	0.882	0.529	529.47
18 - 18.99	18.30	0.0263	10.14	0.65	0.173	11	1.906	1.144	1143.58
19 - 19.99	19.32	0.0293	10.48	0.65	0.200	19	3.792	2.275	2275.43
20 - 20.99	20.18	0.0320	10.82	0.65	0.225	13	2.923	1.754	1753.67
21 - 21.99	21.26	0.0355	10.39	0.65	0.240	10	2.396	1.438	1437.73
22 - 22.99	22.21	0.0387	10.73	0.65	0.270	11	2.971	1.782	1782.48
23 - 23.99	23.11	0.0419	10.91	0.65	0.297	9	2.676	1.605	1605.47
TOTAL						115	21.390	12.83	12834.19

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Del cuadro se observa que para 115 árboles, el volumen de madera representa 21.390 m³, y para 14,535 árboles representa 2,703.51 m³ en un área de (13.214 Ha).

Estrato 03: Características del DAP, cuyos intervalos están representados en la clase diamétrica de 19 a 25 (cm), la altura que va desde los 11 a 14 (m), el volumen de madera en (m³) que representa la biomasa en el estrato.

Cuadro 10: Características DAP, altura, volumen (Estrato 03)

CLASE DIAMÉTRICA (Cm)	DAP (Cm)	AREA BASAL (m ²)	ALTURA TOTAL (m)	Fac. Forma	VOLUMEN (m ³)	En 199 árboles (22.796 Ha)		Biomasa aérea(Tn)	Biomasa aérea(Kg)
						Frecuencia	Volumen (m ³)		
19 - 19.99	19.90	0.0311	11.2	0.65	0.226	20	4.526	2.716	2715.74
20 - 20.99	20.63	0.0334	12.08	0.65	0.262	26	6.821	4.092	4092.35
21 - 21.99	21.73	0.0371	11.88	0.65	0.286	34	9.732	5.839	5839.14
22 - 22.99	22.72	0.0405	12.58	0.65	0.331	39	12.922	7.753	7753.47
23 - 23.99	23.72	0.0442	12.89	0.65	0.370	42	15.542	9.325	9325.37
24 - 24.99	24.47	0.0470	13.67	0.65	0.418	38	15.871	9.523	9522.57
TOTAL						199	65.414	39.25	39248.65

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Del cuadro se observa que para 199 árboles, el volumen de madera representa 65.414 m³, y para 25,076 árboles representa 8,242.82 m³ en un área de (22.796 Ha).

- Estimar el contenido de biomasa aérea en bosque de pino (*Pinus radiata*).

Para determinar la cantidad total de biomasa en el bosque de pino, usamos los datos en biomasa hallados anteriormente en los 3 estratos; así encontramos que para el estrato 01: posee un estimado de 230.69 Tn; estrato 02: con 1,619.12 Tn; estrato 03: con 4,936.99 Tn; haciendo un total de 6,786.8 Tn. de biomasa aérea de estudio.

- Estimar el contenido de carbono en bosque de pino (*Pinus radiata*).

Para determinar la cantidad total de carbono en el bosque de pino, usamos los datos en carbono hallados anteriormente en los 3 estratos; así encontramos que para el estrato 01: posee un estimado de 847.02 Tn C/Ha; estrato 02: con 5,940.48 Tn C/Ha; estrato 03: con 18,117.12 Tn C/Ha; haciendo un total de 24,904.62 Tn C/Ha. de carbono forestal en el área de estudio.

5.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Se llevó a cabo mediante la prueba de Pearson por ser variables correlacionales y para ello hemos realizado el siguiente procedimiento.

5.4.1 Formulamos la H_0 y la H_1

Hipótesis Nula (H_0)

H_0 : $r_{XY} = 0$ El contenido de biomasa aérea no se relaciona positivamente con el contenido de carbono en bosque de pino

H_1 : $r_{XY} \neq 0$ El contenido de biomasa aérea se relaciona positivamente con el contenido de carbono en bosque de pino

5.4.2 Asumimos el nivel de significancia de la prueba.

El nivel de significación de la prueba fue de 5% (0.05).

Tabla 03: Coeficiente de correlación Pearson.

Correlaciones			
		Contenido de Biomasa (Tn)	Contenido de Carbono (Tn)
Contenido de Biomasa (Tn)	Correlación de Pearson	1	,975**
	Sig. (bilateral)		,000
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	207,870	87172,287
	Covarianza	7,995	3352,780
	N	27	27
Contenido de Carbono (Tn)	Correlación de Pearson	,975**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	87172,287	38419304,381
	Covarianza	3352,780	1477665,553
	N	27	27

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: PASW Statistics 22, Elaboración Propia, 2016.

Interpretación final.

El resultado del coeficiente de correlación de Pearson es igual a ($0.97 = 97\%$) los que de acuerdo a la tabla de interpretación puede tener una variación entre ($- 1.00$ a $+ 1.00$), lo que nos indica que es una correlación fuerte positiva, el mismo nos da un valor “p-value” de 0.00 menor al nivel significancia de 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1); por lo tanto podemos afirmar con un nivel de confianza del 97% que el contenido de biomasa aérea se relaciona positivamente con el contenido de carbono en bosque de pino.



Capítulo VI

RESULTADOS Y DISCUSIONES



6.1. Resultados

1. Para caracterizar la biomasa aérea en bosque de pino (*Pinus radiata*). Se tomaron datos en campo del DAP (5 – 25 cm) y altura (5 – 15 m) del árbol, donde se ordenaron mediante el establecimiento de la clase diamétrica, se halló el promedio de frecuencias de las clases diamétricas de las medidas DAP y altura, bajo estos ordenamientos dasométricos se procedió a hallar el contenido de biomasa aérea y el contenido de carbono y su correlación entre los parámetros de evaluación para la estimación de biomasa y captura de carbono.
2. Para estimar el contenido de biomasa aérea en bosque de pino (*Pinus radiata*); se demostró para cada estrato mediante la prueba de Pearson, que existe una fuerte relación/correlación entre el DAP y altura, que son variables de los ejes (X,Y) respectivamente, encontrando variación en el valor del coeficiente de Pearson debido a factores propios del bosque, así, en el estrato 01, se encontró $R^2=0.9262$ lo cual evidencia una muy buena correlación, debido a factores como el tipo de suelo (franco arcillo arenoso HA), pendiente 30%, altitud 4,189 m.s.n.m.; en el estrato 02 $R^2=0.627$, dando una buena correlación, con un tipo de suelo (franco arcillo arenoso HA, franco arenoso HB), pendiente 40%, altitud 4,086 m.s.n.m.; en el estrato 03 $R^2=0.89$ con una muy buena correlación, con un tipo de suelo (franco arcillo arenoso HA), pendiente 25%, altitud 3,983 m.s.n.m.; todos estos factores tuvieron una gran influencia en el desarrollo de los árboles, el coeficiente de correlación de Pearson varía significativamente pero dentro de los rangos y parámetros óptimos esperados; por consiguiente para el bosque de 15

años la suma total del contenido de biomasa aérea en los 3 estratos en un área de 44 Ha se estimó en 6,786.8 Tn/Ha.

3. Para estimar el contenido de carbono en bosque de pino (*Pinus radiata*). se demostró para cada estrato mediante la prueba de Pearson, que existe una fuerte relación/correlación entre el contenido de carbono y contenido de biomasa aérea, que son variables de los ejes (X,Y) respectivamente, debido a la amplitud de datos dasométricos tomados del DAP y altura; encontrando el valor del coeficiente de Pearson en el estrato 01 de $R^2=0.723$ evidenciando una buena correlación, se observó la amplitud de datos en DAP de 5 – 15 cm y altura de 5 - 9 m; en el estrato 02, se tuvo un $R^2=0.542$, con una moderada correlación, se observó una moderada amplitud de datos DAP de 13 - 24 cm y altura de 9 - 11 m; en el estrato 03 $R^2=0.908$, dando una muy buena correlación, se observó la mejor amplitud de datos DAP de 19 - 25 cm y altura de 11 - 15 m; observamos que debido a la amplitud de datos entre el DAP y altura en los 3 estratos, el coeficiente de correlación de Pearson varía significativamente pero dentro de los rangos y parámetros óptimos esperados; por consiguiente para el bosque de 15 años, la suma total del contenido de carbono en los 3 estratos en un área de 44 Ha se estimó en 24,904.62 Tn C/Ha.

En el estudio de investigación realizado, la siguiente tabla representa los resultados obtenidos por cada estrato, la estimación actual del contenido de biomasa aérea y contenido de carbono del bosque de pino de 44 Ha en los 15 años de vida del bosque de pino, donde se afirma la correlación que a mayor contenido de biomasa aérea, mayor es el contenido de carbono.



Tabla 04: Contenido de biomasa aérea y carbono por estrato

ESTRATO	CONTENIDO DE BIOMASA AÉREA (Tn/Ha)	CONTENIDO DE CARBONO (TnC/Ha)
ESTRATO 1 (7.79 Ha)	230.69	847.02
ESTRATO 2 (13.21 Ha)	1,619.12	5,940.48
ESTRATO 3 (23.79 Ha)	4,936.99	18,117.12
TOTAL 44 Ha:	6,786.8	24,904.62

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

- Los factores climáticos (temperatura, precipitación, humedad relativa) como las características del tipo de suelo y altitud observados, tuvieron gran influencia en el desarrollo de los árboles en el bosque de pino durante los 15 años de vida; el clima de la zona de estudio es homogéneo para todo el bosque, sin embargo, el tipo de suelo y la altitud se diferencia en cada estrato.
- En el **estrato 01** a 4,189 m.s.n.m., el HA encontrado tiene una profundidad de 70 cm, al término de este se encuentra la presencia de la roca madre, originando el poco desarrollo de los árboles encontrados en este estrato en DAP y altura, ya que la poca profundidad de suelo óptimo influyen en el desarrollo de las raíces y la poca asimilación de nutrientes, donde la precipitación disuelve y lleva estos nutrientes a los siguientes estratos debido a su pendiente de 30% también presentes en los siguientes estratos, su altitud es desfavorable. Por tanto la presencia de los árboles en la cumbre de la montaña están limitados en su crecimiento debido a los fuertes vientos, épocas de helada, precipitaciones constantes que hacen que el desarrollo de los árboles tengan un aspecto no uniforme en su crecimiento.

6. En el **estrato 02** a 4,086 m.s.n.m., aquí se encontró dos horizontes HA 45 cm y HB 105 cm, debido a la lixiviación de los nutrientes del estrato 01 a este, los árboles son de crecimiento uniforme en DAP y altura, la presencia de las raíces se encuentra en ambos, posiblemente pasando el segundo horizonte, lo cual indica que la asimilación de nutrientes en ambos horizontes es satisfactoriamente optimizado por las raíces, aun aquí la lixiviación está presente debido a su pendiente de 40%, su altitud no es desfavorable ya que el estrato anterior y siguiente protegen a este estrato de las condiciones climáticas desfavorables para el desarrollo de los árboles, por tal motivo su crecimiento es muy uniforme.
7. En el **estrato 03** a 3,983 m.s.n.m., se encontró un horizonte HA 64 cm, posterior a este montículos de piedra a los 65 cm, con moderada presencia de suelo, la lixiviación de los nutrientes provenientes de los anteriores estratos vienen a ser depositados en este por su pendiente de 25% el cual retiene y almacena nutrientes y las condiciones del tipo de suelo son óptimas para el desarrollo de las raíces con abundante presencia en el horizonte estudiado, demostrado con las calicatas de mayor profundidad, en este estrato encontramos a árboles con buenas características en DAP y altura, su altitud y su topografía es muy favorable ya que se ubica en una quebrada que lo aísla de condiciones climáticas desfavorables y por consiguiente las muestras obtenidas en este estrato son árboles con buenas características dasométricas propias de árboles de 15 años de edad.
8. Según los resultados obtenidos en esta investigación el total del contenido de biomasa aérea y contenido de carbono en el bosque de pino, éste se incrementa a medida que el bosque gana DAP y altura en el transcurso de los años, es de

6,786.8 Tn/Ha y 24,904.62 TnC/Ha respectivamente. Por tanto, en base a lo anterior en 1Ha de bosque se encontró 154.25 toneladas de biomasa aérea y 566.01 toneladas de carbono, éste es removido de la atmósfera y almacenados en la biomasa aérea del bosque.

9. Según políticas de concesión de bonos de carbono el precio actual de una tonelada de carbono en sistemas boscosos de pinos fluctúa entre los US\$ 20 (dólares) según (IPCC 2007); estamos hablando de US\$ 498,092.4 (dólares)/año, esto implicaría un pago al propietario por la reducción de GEI que realiza el bosque de pino del sector de Runarunayoc en el presente año, como medida de mitigación frente al cambio climático global.

6.2 Discusiones

1. La caracterización de las variables DAP y altura, estimación de la biomasa aérea y carbono forestal se relacionan, a medida que un árbol se encuentra en plena etapa de desarrollo acumula mayor cantidad de biomasa y por consiguiente mayor contenido de carbono forestal. En la investigación “Estudio de la biomasa aérea y contenido de carbono en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá” de Borrero (2012), donde realizó la estimación de la biomasa arbórea y la estimación del contenido de carbono, a partir de la cuantificación de la cobertura arbórea, el cálculo de la biomasa arbórea aérea y la estimación del contenido de carbono del campus, cuyos resultados mostraron que en un área de 21.16 Ha. se obtuvo que el contenido de carbono estimado fue de 125.87 Tn/Ha; estos datos indican que en esta investigación con una área de 44 Ha el contenido de carbono estimado fue de 24,904.62 TnC/Ha por consiguiente es comparable y no se aleja

de los estudios realizados por Borrero (2012), coincidiendo y afirmando la investigación.

2. La estratificación en el bosque de pino fue un punto de partida crucial tanto para la identificación y caracterización de los árboles. En la investigación descriptiva de Pizzurno (2010) titulado “Estimación preliminar del stock de carbono en diferentes tipos de bosques en el parque nacional de Caazapá, departamento de Caazapá, región oriental de Paraguay” donde el área de estudio fue estratificado por los diferentes tipos de bosque y la altura irregular que presentaban, donde en cada estrato se empleó mediciones dasométricas y los resultado en cuanto a estimación de carbono forestal variaban de acuerdo a la cantidad de árboles muestreados en cada estrato, por tal razón este estudio de investigación propuso estratificar el bosque de pino en tres estratos diferentes: estrato 01 con 68 árboles, estrato 02 con 115 árboles y el estrato 03 con 199 árboles por consiguiente mejorar la metodología empleada para obtener datos que sean fiel reflejo de las muestras de árboles, el cual se confirma en los resultados obtenidos en esta investigación.
3. Jiménez (2010), en cuya investigación menciona que en los últimos años el pago por servicios ambientales como medida de mitigación frente al cambio climático global ha cobrado gran auge; en este contexto se busca realizar medidas más precisas en la cuantificación de la captura de carbono en los diferentes ecosistemas, como se desarrolló en esta investigación, donde se trabajó recolectando datos dasométricos de árboles muestra directamente, bajo el principio de que los bosques son enormes reservorios de carbono almacenado,

cumpliendo un papel muy importante en la reducción de gases de efecto invernadero como lo es el CO₂. Basándonos en esta investigación, los pagos por servicios ambientales alcanza US\$ 498,092.4 (dólares) por la reserva de carbono en el bosque de pino del sector de Runarunayoc – Santa Rosa – Grau, para el 2016.

4. El DAP y la altura del árbol son datos primordiales para la estimación de biomasa aérea y carbono forestal; estos parámetros de medición también fueron utilizados por Espinoza (2005), en la investigación “Estimación del contenido y captura de carbono en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cuenca alta del río Magdalena, D.F.” considerando que los resultados obtenidos en captura de carbono sugieren intervenciones inmediatas de manejo y poda forestal cuyo fin es el incremento de la biomasa del bosque, inclusive aumentarlo para potenciar la captura de carbono; donde se observó que el bosque de pino de Runarunayoc no lleva un manejo forestal adecuado lo cual dificultó el recojo de datos dasométricos en campo pero no fue impedimento para su conclusión.



Capítulo VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



7.1. CONCLUSIONES.

1. Para caracterizar la biomasa aérea en bosque de pino (*Pinus radiata*) se concluye, que habiendo encontrado variaciones en el crecimiento y desarrollo del DAP y altura de los árboles, la metodología aplicada para la obtención de la muestra fue el de estratificar la población para un mejor manejo de la selección de individuos que conformaron la muestra obtenida en cada estrato, los cuales tenían la misma probabilidad de ser elegidos para ser parte de la muestra y representar a la población.
2. Para estimar el contenido de biomasa aérea y contenido de carbono en bosque de pino (*Pinus radiata*); la estratificación es necesaria debido a diversos factores como la irregularidad en el crecimiento de los árboles reflejados en DAP y altura, falta del manejo forestal, el tipo de suelo demostrado en las diferentes calicatas, la pendiente y la altitud, la muestra a utilizar en la población, en los tres estratos, fue una metodología aplicada a esta investigación para un mejor desarrollo del trabajo en campo.
3. En efecto, la presencia de 44 Ha de bosque de pino en el sector de Runarunayoc, juega un rol crucial como una reserva de carbono forestal y una medida de mitigación frente al cambio climático global; debido a que el bosque removió de la atmósfera un total de 24,904.62 toneladas de carbono.
4. Las mediciones dasométricas en DAP y altura del árbol, muestran que, a mayor incremento en DAP y altura, mayor es el incremento en biomasa aérea y por consiguiente mayor es la concentración de carbono forestal presente en el bosque de pino.

5. El bosque de pino del sector de Runarunayoc aún se encuentra en su etapa de crecimiento, es lógico que cada año transcurrido los árboles acumulan mayor contenido de biomasa por encontrarse en pleno desarrollo de su estructura, esto se lleva a cabo mediante la asimilación de los nutrientes por las raíces, factores climáticos y la fisiografía de la zona de estudio, el proceso de fotosíntesis es crucial, mediante este el árbol remueve de la atmósfera el CO_2 donde el O_2 es liberado a la atmósfera como una fuente de producción de este y el C es almacenado en la biomasa de cada árbol para el desarrollo de su estructura.

7.2. RECOMENDACIONES.

1. Establecer los mecanismos necesarios para la implementación de políticas de pago por servicio ambiental por reserva de carbono, asimismo, crear condiciones organizativa, técnica y económica para que el distrito de Santa Rosa, participe en la venta de carbono en el mercado internacional, de esta manera mejorar las condiciones socioeconómicas y desarrollo sostenible. Incluir dentro de las políticas ambientales como pago por servicio ambiental en bien del desarrollo de la comunidad para promover más proyectos forestales y su respectivo manejo para su optimización.
2. La agroecología propone el diseño de modelos de gestión agraria basados en un enfoque más ligado al medio ambiente y socialmente más sensible, centrados no únicamente en la producción sino también en la estabilidad ecológica de los sistemas de producción; estos bosques aparte que remueven el CO_2 de la atmósfera modifican el ambiente que ocupan para que las distintas especies la

habiten, es recomendable que las instituciones ligadas a estos temas forestales amplíen estos sistemas boscosos en toda la provincia de Grau.

3. Recomendar la utilización de técnicas no destructivas como la aplicación de metodologías en esta investigación, que conservan el entorno natural de la zona de estudio, estos métodos deben ser aplicados en próximas investigaciones ya que no se ha depredado ningún árbol en el lugar.
4. Es importante obtener estudios de las condiciones meteorológicas y edafológicas de la zona de estudio ya que estos intervienen en el desarrollo de los árboles, el DAP, altura del árbol, son directamente influenciados por estos factores de suma importancia.



Revisión bibliográfica

1. ACOSTA-MIRELES M., J. VARGAS, A. VELÁSQUEZ-MARTÍNEZ y J. D. ETCHEVERS-BARRA. (2002). Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca. *Agrociencia* 36 (6): 725-736p.
2. ARAGÓN R., TUPAYACHI A., LUYO M., (2014). Estudio de Zonas de Vida de la Provincia de Grau. PNUD: Proyecto 00070894 “Promoviendo el Manejo Sostenible de la Tierra en Apurímac”, Elaboración Participativa del Estudio de Micro Zonificación Ecológica Económica de dos Provincias de Grau y Cotabambas. Centro Guamán Poma de Ayala, Agosto 2014.
3. ARAGÓN R., TUPAYACHI A., LUYO M., (2014). Estudio de Cobertura Vegetal de la Provincia de Grau. PNUD: Proyecto 00070894 “Promoviendo el Manejo Sostenible de la Tierra en Apurímac”, Elaboración Participativa del Estudio de Micro Zonificación Ecológica Económica de dos Provincias de Grau y Cotabambas. Centro Guamán Poma de Ayala, Agosto 2014.
4. ARES G., J. BONICHE, J. P. QUESADA, R. YOST, E. MOLINA y T. J. SMYTH, (2002). Estimación de biomasa por métodos alométricos, nutrimentos y Carbono en plantaciones de palmito en Costa Rica, *Agronomía Costarricense* 26 (2): 19-30p.
5. ARROYO J. T. y E. PAREDES G. (2006). Estimación de la biomasa total y por componentes de hoja, ramas, copa y fuste en *Pinus cooperi* de la Región de El



- Salto, Pueblo Nuevo, Durango. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de El Salto. Pueblo Nuevo, Durango. 48p.
6. AVENDAÑO H., D. M. (2006). Determinación de ecuaciones alométricas para estimar la biomasa y carbono en *Abies religiosa* Schl. et Cham., Tlaxcala Méx. 66p.
 7. AVENDAÑO H. D., M. ACOSTA M., F. CARRILLO A. y J. D. ETCHEVERS. (2007). Estimación de la biomasa y Carbono en árboles de *Abies religiosa* (H. B.K.) Schl. Et Cham., mediante ecuaciones alométricas. In: Memoria del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. 28 al 31 de Octubre. Morelia Michoacán, México. 1-9p.
 8. AYALA-LÓPEZ R. S., B. H. de JONG B. y H. RAMÍREZ-MALDONADO, (2001). Ecuaciones para estimar biomasa en la meseta central de Chiapas, Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 7 (2): 153-157p.
 9. BEIDERBICK, (1980). Le Micorrize. Quaderni di Biología. Servicios Cooperativos de Extensión, Universidad de California y Universidad Estatal de Nebraska, California. Hongos asociados en micorriza benefician el sistema radicular. Agr Amer 1980;1:28
 10. BORRERO BENAVIDES, JUAN CAMILO, (2012). Biomasa aérea y contenido de carbono en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Bogotá D.C. Tesis Br., Carrera de ecología, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Universidad Javeriana de Bogotá, 54 p.



11. BRITISH BROADCASTING CORPORATION (BBC). (2010). Figura Efecto Invernadero. http://www.bbc.co.uk/spanish/especiales/clima/ghouse_1.shtml. Fecha de consulta 27 de julio del 2010. 15:17 horas.
12. BROWN, S. 1999. Opportunities for mitigating carbón emissions through forestry activities. Winrock International para el Banco Mundial.5p.
13. CALDERÓN ALBERTO D, (2002). Mensura forestal dasometría. Cuadernos de dasonomía. Serie didáctica 18° Ed. Cátedra de dasometría, Departamento de producción agropecuaria, Facultad de ciencias agrarias, Universidad nacional de cuyo. 31 p.
14. CAMILLONI I; VERA C. (2008). La atmosfera. Explora, Ciencias Naturales. Argentina. 16p.
15. CANCINO JORGE, (2006). “Dendrometría básica” — Facultad. de Ciencias Forestales – Dpto. Manejo de bosques y medio ambiente – Universidad de Concepción – 2006.
16. CANO M. E .E, (1993). Relación alométrica entre el área foliar y el área de la albura en *Pinus patula* Schl, et Cham., en Zacatlan, Puebla. Tesis de Maestría en ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Mexico. 89p.
17. CARITAT A., M. OLIVA Y M. MOLINAS. (1992). Distribución de la biomasa en dos parcelas de alcornoque. *SCIENTIA gerundensis* 18: 131-142p.

18. CASTELLANOS J. F., A, VELÁSQUEZ M., J. VARGAS H., C. RODRIGUEZ F. y A. M. FIERROS G. (1996). Producción de biomasa en un rodal de *Pinus patula*. *Agrociencia* 30(1): 123-128p.
19. CATIE, (2002). “Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central” – Editoras: Lorena Orozco y Cecilia Brumér – 2002 – CATIE – Costa Rica – Serie Técnica – Manual técnico N° 50.
20. CHAVÉ, J; ANDALO, C; BROWN, S; CAIRNS, MA; CHAMBERS, JQ; EAMUS, D; FOLSTER, H; FROMARD, F; HIGUCHI, N; KIRA, T; LESCURE, JP; NELSON, BW; OGAWA, H; PUIG, H; RIERA, B; YAMAKURA, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145(1):87-99.
21. CRONBACH LJ. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of test. *Psychometrika*. 297-334p.
22. DAILY G., C, S. ALEXANDER, P. EHRLICH, L. GOULDER, J. LUBCHENCO, H. MOONEY, S. POSTEL, S. SCHENEIDER, D. TILMAN, G. WOODWELL. (1997). Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies By Natural Ecosystems. *Issues in Ecology*, N°2, Ecological Society of America, Washington, DC. 21p.
23. DIXON R., K., S. BROWN, R. HOUGHTON, A. SOLOMON, M. TREXLER, J. WISNIESKI. (1994). Carbón pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263:185-190p.

24. DUARTE C., ALONSO S., BENITO G., DACH J., MONTES C., PARDO M., RIOS A., SIMO R., VALLADARES F., (2006). Cambio global. Impacto de la actividad humana. Colección divulgación, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 136p.
25. ELIZONDO, D. LORITO, A. NAVAS, K, (2010). Bosques, deforestación y monitoreo de carbono: Una valoración del potencial de REDD+ en Mesoamérica 2010. Prisma. Mesoamérica. 89 p. Grupo CABAL, S.A, 6 de Diciembre del 2010.
26. ESPINOSA PÉREZ, MÓNICA IVONNE, (2005). Estimación del contenido y captura de carbono en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cuenca alta del río Magdalena D.F. México D.F. 2005. Tesis Br., Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 42 p.
27. FAGROSO, L. (2003). Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio “Cerro Verde” Municipio de Tancítaro Michoacán. Tesis de licenciatura, Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 66p.
28. FARJON, ALJOS; STYLES, BRIAN T. (1997). *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropica Monograph 75. The New York Botanical Garden. New York. pp.103-109.
29. FONAM – FONDO NACIONAL EL AMBIENTE (2007). “Guía práctica para la instalación y manejo de plantaciones forestales”. Lima. Perú.



30. FONSECA W. G, F. ALICE G. y M. REY B. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosques* 30(30): 36-47p.
31. FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA por sus siglas en ingles). 12p.
32. GARAY, (1990). Pináceas de Durango. Instituto Nacional de Ecología, A. C. Durango, Durango. pp. 36-39.
33. GALINDO, L. M. (2009). La economía del cambio climático en México: Síntesis. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).México, D.F., 77p.
34. GARCIDUEÑAS, M .A. R. (1987). Producción de biomasa y acumulación de nutrientes en un rodal de *Pinus montezumae* L. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Posgraduados, México, 252p.
35. GARZUGLIA M y M. SAKET. (2003). Wood volumen and woody biomass. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Roma 30p.
36. GASPARRI I. y E MANGHI. (2004). Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales Argentinas. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal. Dirección de Bosques. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 29p.

37. GONZÁLES Z. M., (2008). Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, *Pinus oocarpa* var, *ochoterenai* Mtz y *Quercus* spp, en el norte del Estado de Chiapas, México, Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 81p.
38. GLOBE, (2005). APRENDIZAJE Y OBSERVACIONES GLOBALES EN BENEFICIO DEL MEDIO AMBIENTE. Programa GLOBE: medición de la altura de los arboles a nivel del suelo: técnica simplificada del clinómetro. Protocolo de biometría – 16, cobertura terrestre/biología.
39. HARRISON J. A. (2003). El ciclo carbónico: siempre de ida y vuelta. Vision learning Vol. EAS-2 (3s). http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=95&l=s Fecha de consulta 22 de noviembre 2010. 15:13hrs.
40. INE - INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. (2007). 2.1 El carbono. <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/296/cap2.html>. Fecha de consulta 11 de julio 2011, 14:30hrs.
41. IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (1990). Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. First Assessment Report (FAR). Cambridge University Press. 326p.
42. IPCC, 2001: Climate Change (2001): The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel

- on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Liden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881p.
43. IPCC, (2005): IPCC Special Reporto on Carbon Dioxide Capture and Storage. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Metz, B., O. Davidson, H. C. de Coninck, M Loos, and L. A. Meyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 442pp.
 44. IPCC, (2007): Cambio climático 2007: Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuatro Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104p.
 45. IUFRO, (1969). UNIÓN INTERNACIONAL DE ORGANIZACIONES DE INVESTIGACIÓN FORESTAL. 1969. La normalización de los símbolos en Dasometría Doc.
 46. JIMÉNEZ CRUZ, CARMEN DEL ROCÍO, (2010). Uso de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en la parte aérea de *Pinus hartwegii* Lindl, en el Parque Nacional Izta – Popo. Chapingo, Texcoco. México.. Tesis Br., División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, 51 p.

47. LAWRENCE, G.H.M. (1971). Taxonomy of Vascular Plants. The Macmillan Company: New York. 354 - 364 p.
48. LÓPEZ, C; MARCHAL, B; (1991). “Dasometría Practica: Procedimiento para cuantificar el CO₂ fijado por los bosques” Escuela de Ingenieria Forestal y del Medio Ambiente. Universidad Politecnica de Madrid, Servicio Publicaciones E.U.I.T. Forestal – Madrid. 152p.
49. LÓPEZ R. C., (1998). Modelos para estimación de biomasa de Pinus cembroides Zucc. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 55p.
50. LÓPEZ T. J. L, (1995). Alometría de variables dasométricas en árboles de vegetación secundaria, derivada de una selva mediana subperennifolia. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo. Estado de México. 90p.
51. MANGAÑA, V. (1994). El pronóstico de tiempo para los próximos días, meses, años. Ciencias N° 35.pp. 15-22.
52. MARTÍNEZ GARCÍA, S. (1992). Monografía de Pinus leiophylla Schl. et al. Cham. Tesis de Ingeniero Forestal con Orientación en Silvicultura. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.121pp.
53. MASERA, O. (2006). La ecología global desde la perspectiva del cambio climático. Ciencias N°.81, UNAM, facultad de Ciencias, México, 13p.

54. MASERA, O. (2006). La ecología global desde la perspectiva del cambio climático. Ciencias N° 81, UNAM, Facultad de Ciencias, México, 13p.
55. MELÉNDEZ N, GATICA B, MOTTA E, (2002). Guía práctica de inventarios forestales al 100% para concesiones maderables. Proyecto: Manejo sostenible de los recursos forestales en la provincia de Tahuamanu, Madre de Dios, Perú. Cesvi-Cooperazione e Sviluppo Italia 2002. 31 p. 20 de febrero del 2002.
56. MONTERO G., M. MUÑOZ, J. DONÉS y A. ROJO. (2004). Fijación de CO₂ por *Pinus sylvestris* L. y *Quercus Pirenaica* Wild., en los montes “pinar de Valsaín” y “Matas de Valsaín”. Invest Agrar: Sist Recur For. 13(12): 399-415p.
57. MONTOYA G., S. SOTO, B de JONG, K. NELSON, P. FARIAS, P. YAKACTIC, J. H. TAYLOR y R. TIPPER. (1995). Desarrollo forestal sustentable: captura de carbono en las zonas tzeltal y tojolabal del Estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología, Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, México, 50p.
58. MUÑOZ R. C., J. CANCINO., M. ESPINOSA B. (2005). Análisis de biomasa del vuelo de un rodal adulto de *Pinus radiata*. Bosque 26(3): 33-44p.
59. NAJERA L. J. A. y E. HERNÁNDEZ H. (2009). Acumulación de biomasa aérea en un bosque coetáneo de la región de El Salto, Durango. Ra-Ximhai. Universidad Autónoma Indígena de México 5 (2): 225-230p.
60. ORDÓÑEZ D., A. (2008). Emisiones y captura de carbono derivadas de la dinámica de cambio en el uso del suelo en los bosques de la región purépecha.



- Capítulo I. los ecosistemas forestales y el cambio climático en México. Tesis doctoral. Instituto de ecología. UNAM. 140p.
61. ORDOÑEZ, D., J. y O. MASERA. (2001). La captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques* 7 (1): 3-12p.
 62. ONU - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. (1998). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 25p.
 63. PEARCE, D. (1998). Auditing the Earth: The value of the world's ecosystem services. *Environment*, 40(2), 23-28p.
 64. PERRY, (1991), Técnicas de Inoculación de Abeto Douglas (*Pseudotsuga menziensis*) con hongos ectomicorrícicos y su aplicación en reforestación. Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona, (tesis doctoral, Facultad de Biología) 1992. 202p.
 65. PIZZURNO MAIDANA, MARÍA CECILIA, (2010). Estimación preliminar del stock de carbono en diferentes tipos de bosques en el Parque Nacional Caazapá, Departamento de Caazapá. San Lorenzo, Paraguay. Tesis Br., Departamento de Silvicultura y Ordenamiento Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, 68 p.
 66. PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). (2005). Evaluación de los ecosistemas del milenio. PNUMA. 43p.



67. RZEDOWSKI, J. (1978). Vegetación de México Ed. Limusa. México, D. F. 285-313 p.
68. QUISPE, A. Y GOMERO, J. (2006). Especies forestales priorizadas con potencial para reforestación en la Sierra peruana. Programa Andino de Fomento de Semillas Forestales FOSEFOR y Arborizaciones E.I.R.L. 44 pp.
69. SALAS J. R. y A. INFANTE C. (2006). Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. Rev. For. Lat. (40): 47-70p.
70. SCHIEGEL B. (2001). Estimación de la biomasa y Carbono en bosques del tipo forestal siempre verde. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. 1-13pp.
71. SCHLESINGER. W H., (1997). Methods for appraising changes. In: The role of terrestrial vegetation in the global carbón cycle: measurement by remote sensing. Woodwell G. M. (ed.), New York, Estados Unidos, John Wiley. SCOPE, vol 23, 111-127p.
72. SCHIMEL, D.D. (1995). Terrestrial ecosystems and the carbón cycle. Global Change Biology, 77-91p.
73. SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ. SENAMHI, (2015). Atlas climático de precipitación y temperatura del aire. Octubre 2015.



74. SMITH, T.M., W.P. CRAMER, R.K. DIXON, R. LEEMANS, R.P. NEILSON, y A.M. SOLOMON. (1993). The Global Terrestrial Carbon Cycle. *Water, Air and Soil Pollution*, 70: 19-37p.
75. STYLES, (1994). EN: Centro de Mejoramiento Genético y Banco de Semillas Forestales. MARENA-DANIDA. 1994. Pinos de Nicaragua. Managua, NI. Hispamer. 48p.
76. TORRES J., y GUEVARA A. (2002). El potencial de México para la producción de servicios ecosistémicos: captura de carbono y desempeño hidráulico. INE, En: *Gaceta Ecológica*, N°.63, México.
77. TORRES, J. F., G. A. FLORES, F. CALVO, L. BALAM, V. SEPULVERDA, I.E. GARCIA, O. AGUADO, Z. ARAUJO. (2010). Valoración económica de seis Áreas Naturales Protegidas como sumideros de CO₂: Laguna Madre, Marismas Nacionales, Zicuirán-Infernillo, Sierra de Abra Tanchipa, Xilitla y Sierra Madre Oriental. GTZ-CONANP, 137p.
78. VALLEJO A., P. RODRÍGUEZ-NORIEGA, C. MARTÍNEZ A., P. HERNÁNDEZ y B. de JONG. (2008b). preguntas frecuentes sobre la estimación de carbono para proyectos forestales MDL. In: Salinas Z. y P. Hernández (eds): *Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía*. Turrialba, C. R. CATIE. 43-46pp.
79. VALLEJO A., W. OYANTCABAL, P. RODRÍGUEZ-NORIEGA y L. PEDRONI. (2008a). Preguntas frecuentes sobre metodologías de línea base y

- monitoreo para proyectos forestales MDL. In: Salinas Z. y P. Hernández (eds): Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía. Turrialba, C. R. CATIE. 29-42pp.
80. VIDAL A., J. Y. BENÍTEZ, R. CARLOS y H. GRA, (2004). Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de *Pinus caribea* Variedad Caribeña en una E. F. I. La Palma de la Provincia de Pinar el Río, Cuba, Quebracho. Revista de Ciencias Forestales (11): 60-66p.
81. WABO ENRIQUE, (2003). Inventarios forestales. SAGPyA Forestal La plata, Argentina, 2003. Vol. n° 28, 19 – 23 p, septiembre de 2003.
82. WALKER, W., A. BACCINI, M. NEPSTAD, N. HORNING, D. KNIGHT, E. BRAUN, y A. BAUSH. (2011). Guía de Campo para la Estimación de Biomasa y Carbono Forestal. Versión 1.0 Woods Hole Research Center, Falmouth, Massachusetts, USA.
83. WANG, W., C., Y. YUNG, A. LACIS, T. MO, E. HANSEN. (1976). Greenhouse effects due to man made perturbations of trace gases. Science New series. Vol. 194 (4266): 685-690.
84. ZAMORA C. J. C., (2003). Estimación del contenido de Carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del ejido “la majada” Municipio de Periban de Ramos, Michoacán. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán. 47p.

85. ZEE, (2010). Zonificación Ecológica Económica de la Región Apurímac ZEE-G.R.A, Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente, Proyecto Zonificación Ecológica Económica de la Región Apurímac, Primera Versión “Población con Territorio Zonificado, Desarrollo Sostenible Asegurado”, Diciembre 2010, Fisiografía de la Región Apurímac 25-30 p.



ANEXOS



ANEXO 1

Cuadro 01: Cronograma de actividades a lo largo de la investigación

Actividad		Duración (semanas)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Ajustes del proyecto de tesis	X	X														
2	Establecer contacto con la población objeto de estudio		X	X	X												
3	Delimitación de la población y disposición de la muestra				X	X	X										
4	Ajustar instrumentos para la recolección de información				X	X											
5	Elaborar marco teórico				X	X	X	X	X	X	X	X					
6	Aplicar el instrumento y recoger información					X	X	X	X	X	X						
7	Procesar los datos										X	X					
8	Describir los resultados											X	X				
9	Analizar los resultados												X	X			
10	Elaborar o redactar el informe final													X	X		
11	Revisión del informe final por parte del asesor														X	X	X
12	Entregar el informe final																X

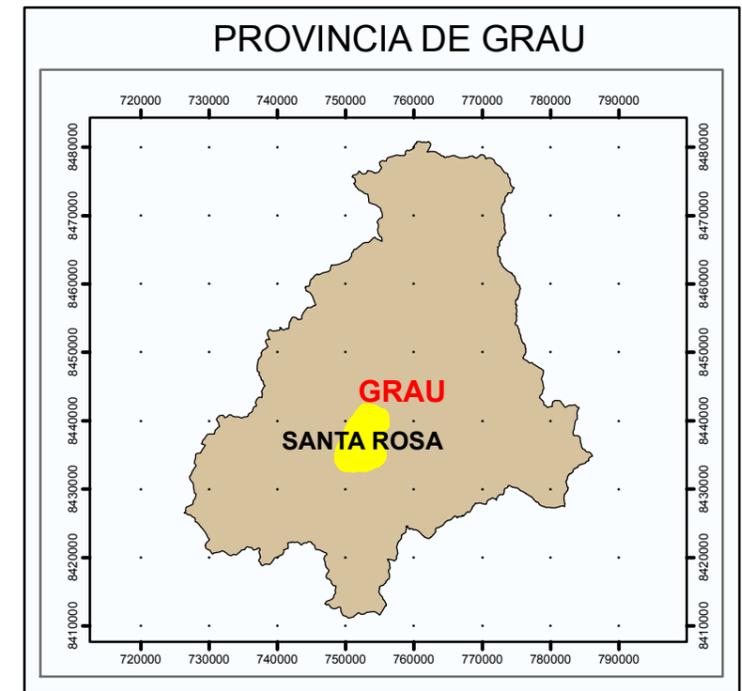
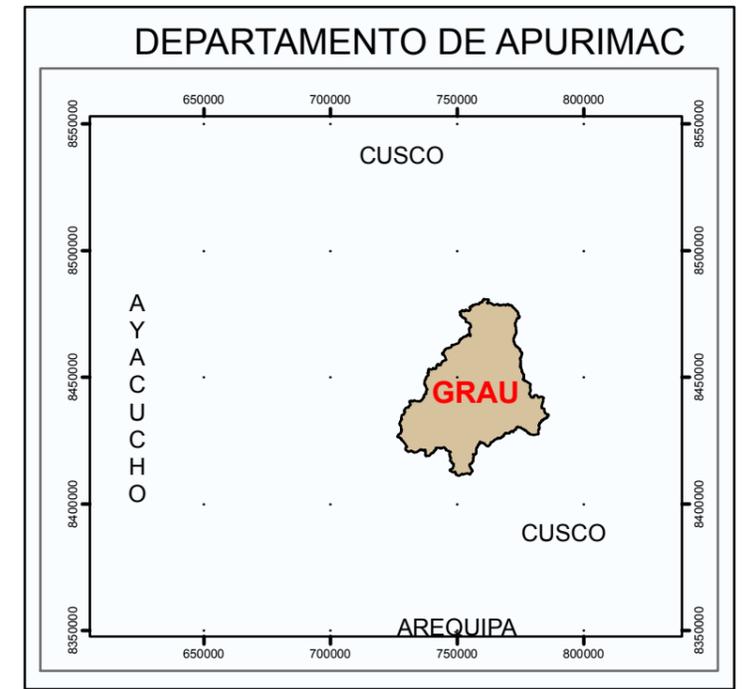
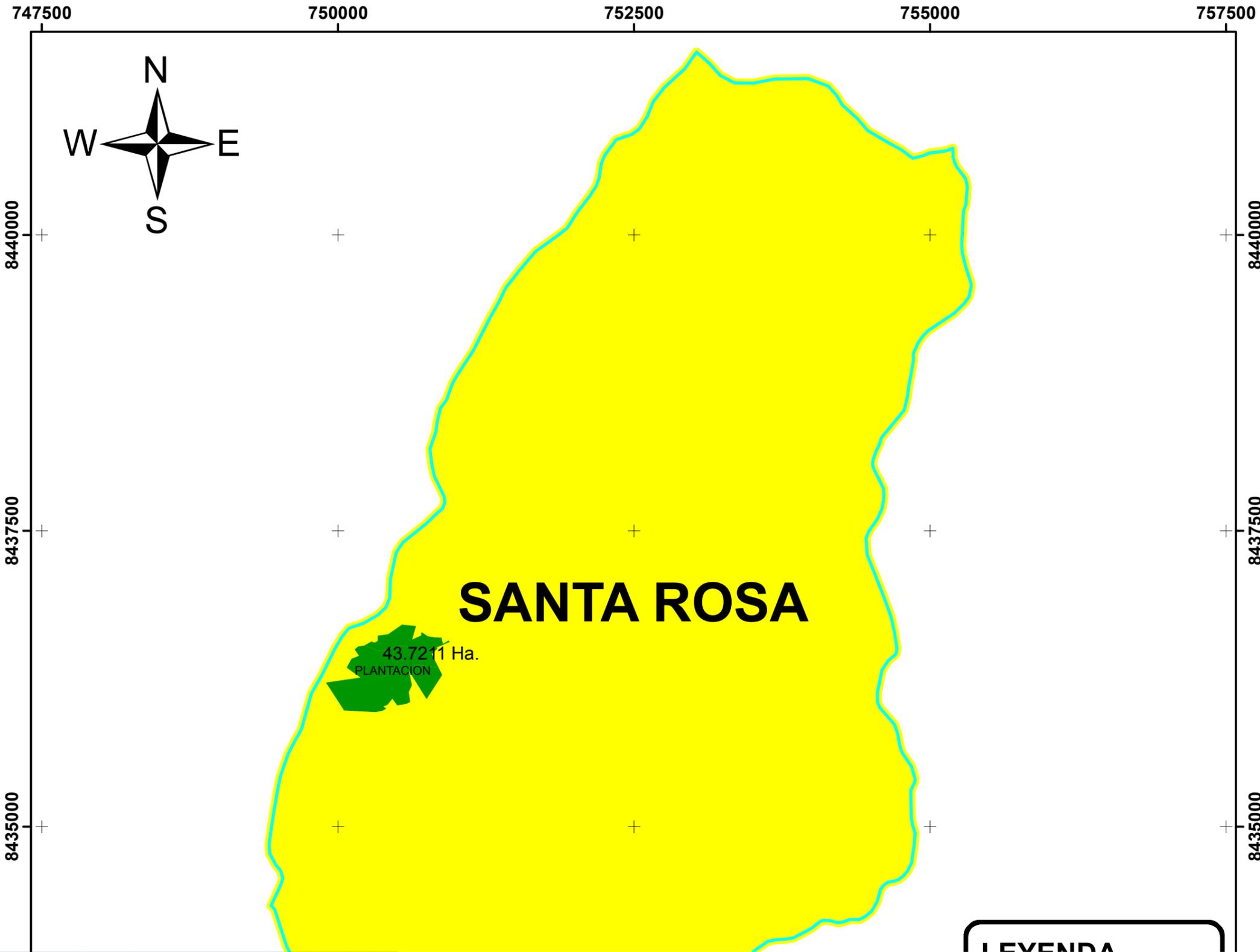


ANEXO 2

Mapas de referencia de la investigación



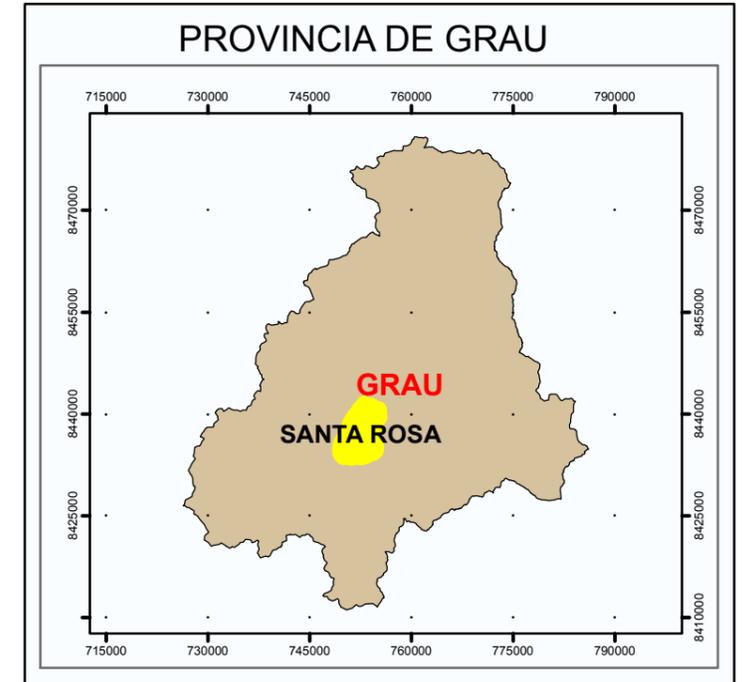
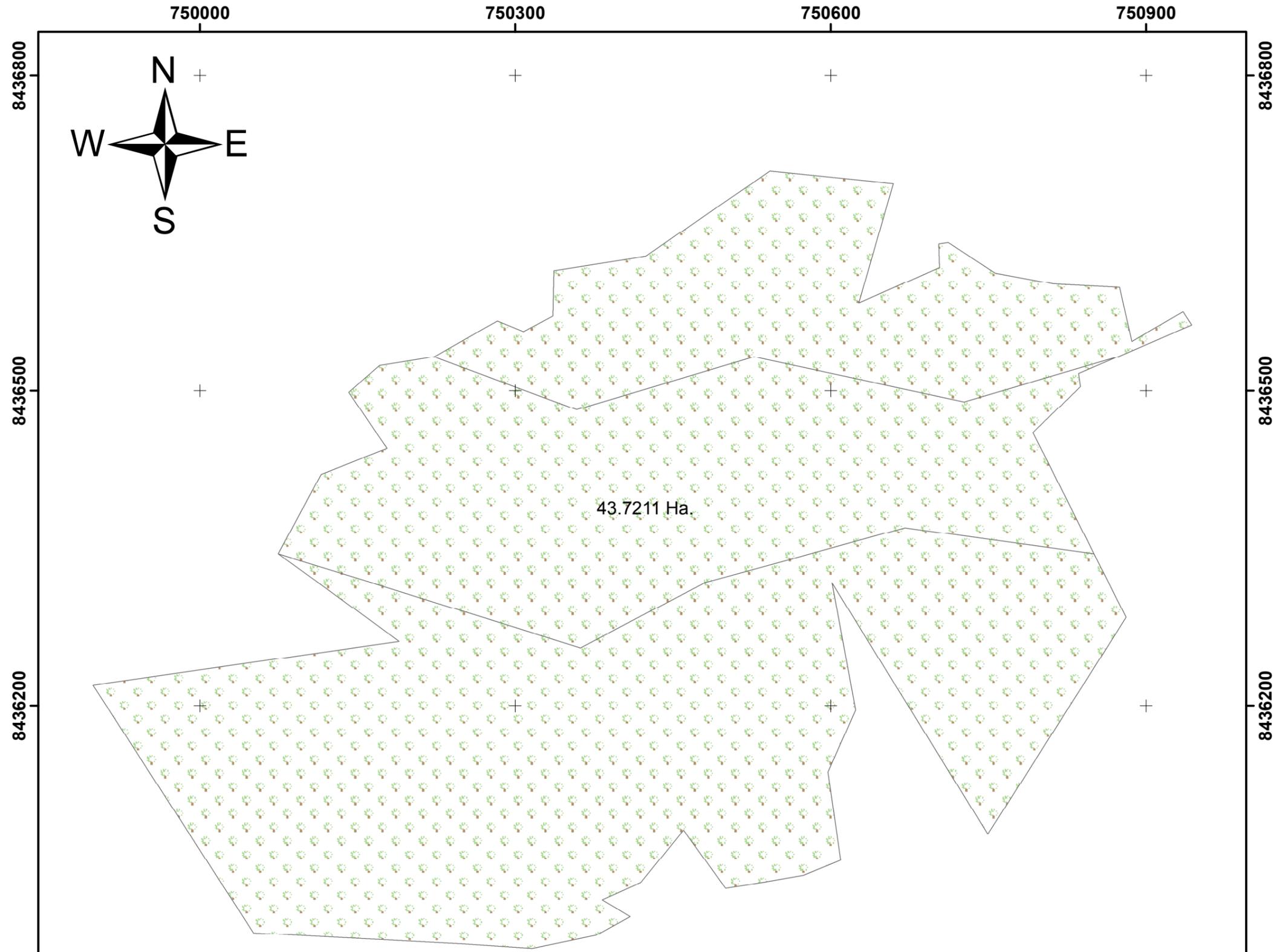
DISTRITO DE SANTA ROSA – GRAU



FUENTE:
ELABORACION PROPIA
BACH RICK COLLA CAUTURO



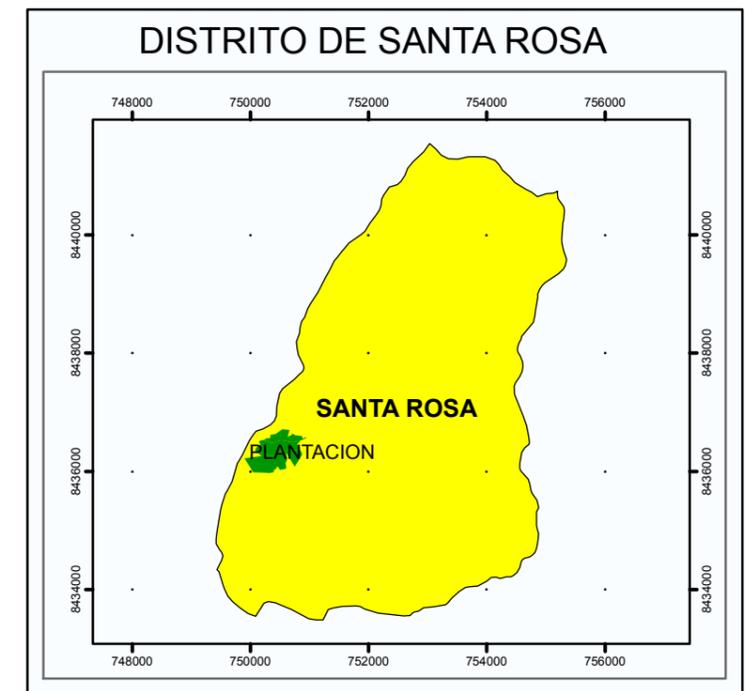
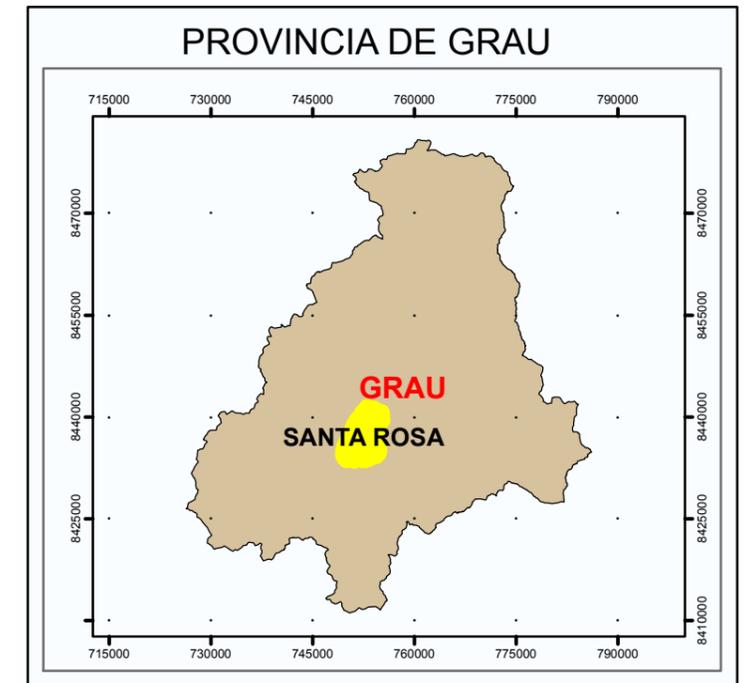
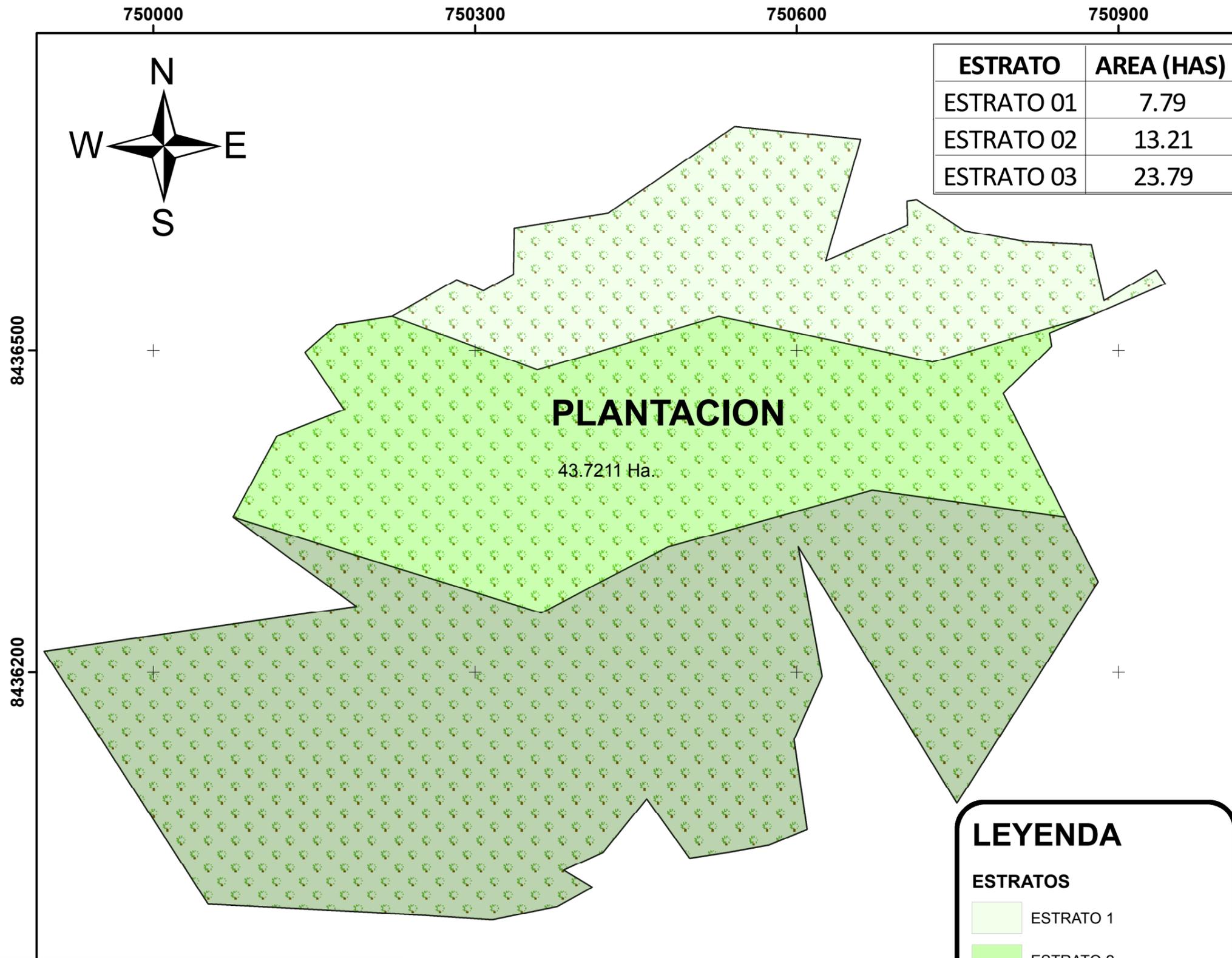
BOSQUE DE RUNARUNAYOQ - SANTA ROSA – GRAU



FUENTE:
ELABORACION PROPIA
RACH DICK COLL CAYUBO



BOSQUE DE PINO (Pinus radiata) RUNARUNAYOQ - SANTA ROSA – GRAU



FUENTE:
ELABORACION PROPIA



RUNARUNAYOQ CALICATAS- SANTA ROSA – GRAU

750000

750300

750600

750900

8436800

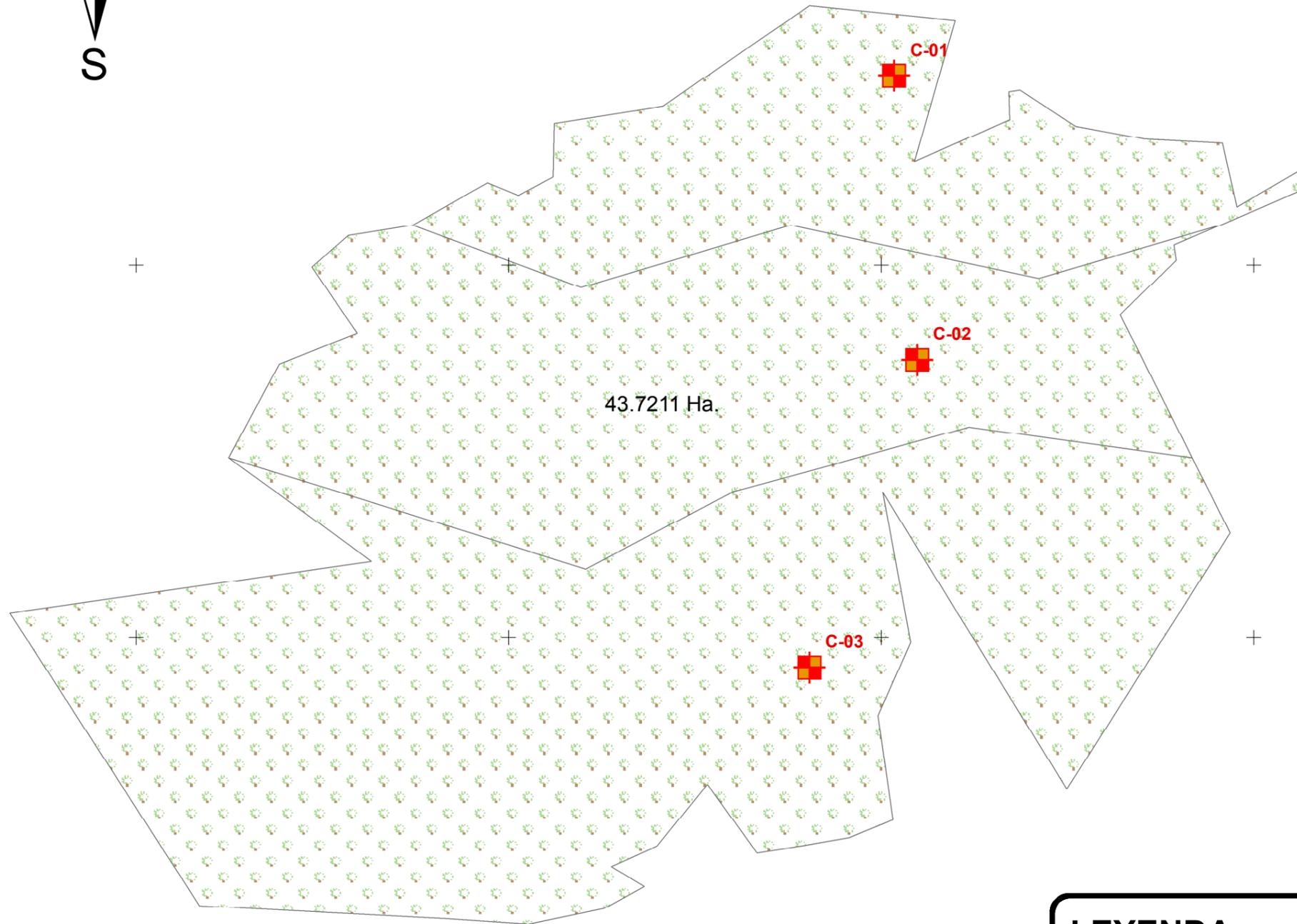
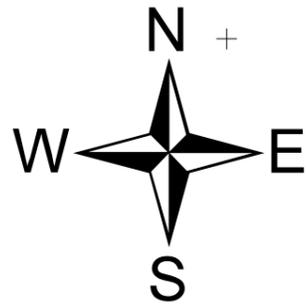
8436500

8436200

8436800

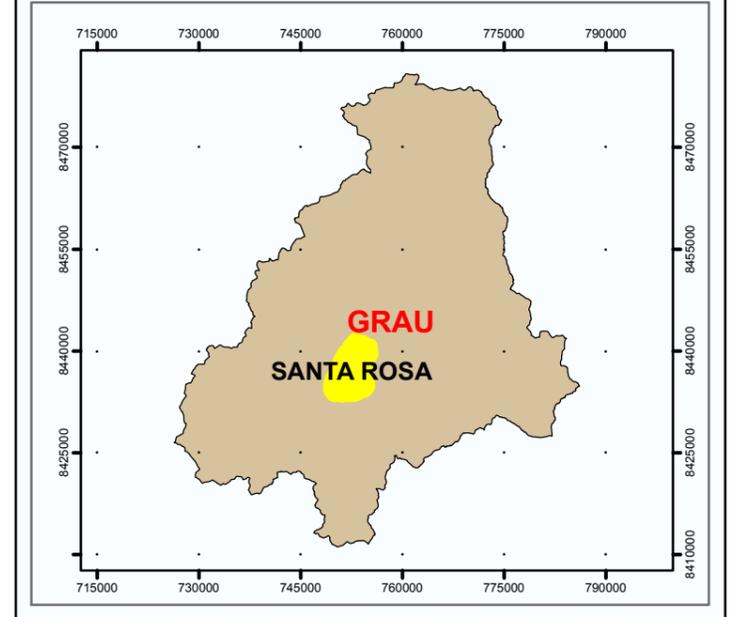
8436500

8436200

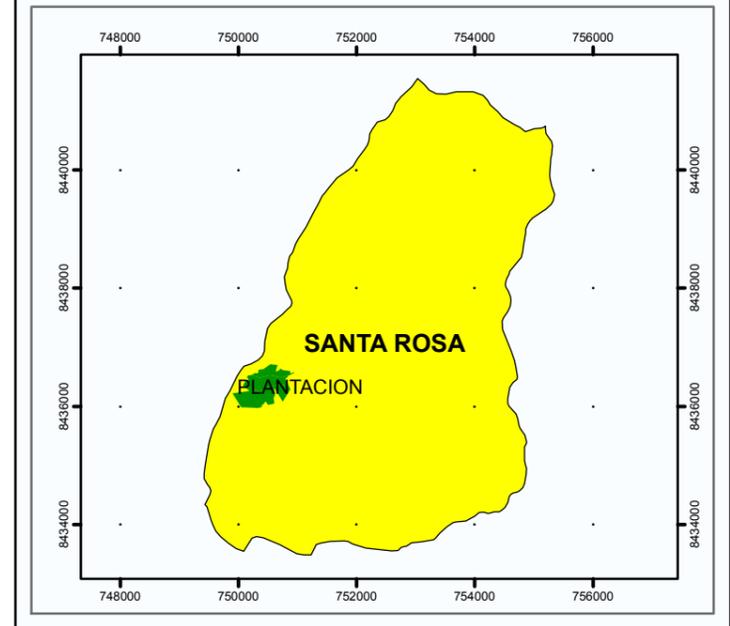


LEYENDA

PROVINCIA DE GRAU



DISTRITO DE SANTA ROSA



FUENTE:
ELABORACION PROPIA
BACH RICK COLI CAYTUBO



ANEXO 3
DATOS METEOROLÓGICOS





PERÚ

**Ministerio
del Ambiente**

**Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología del Perú - SENAMHI**

**Dirección Regional
de Cusco**

2007-2017 “Año Internacional del Turismo Sostenible para el Desarrollo”

ESTACIÓN GRANJA KAYRA

LATITUD	14° 07' 40.7"	DPTO.	APURÍMAC
LONGITUD	72° 40' 40.7"	PROV.	GRAU
ALTITUD	4 172 m.s.n.m.	DIST.	SANTA ROSA

TEMPERATURA DEL AIRE (C°)

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
°C	15.3	14.8	16.2	15.7	15.8	16.2	16.0	16.2	15.7	14.0	14.1	14.0	14.2	14.4	14.3

HUMEDAD RELATIVA (%)

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
%	91	90	87	94	94	95	93	91	91	93	87	83	85	88	86

PRECIPITACIÓN (mm)

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
mm	1106.8	953.2	1027	922.8	800.4	769.5	866.1	842.6	664.5	784	787.1	849.8	598.1	1117.2	1104.2



Jr.: José Santos Chocano G-18
 Urb. Santa Mónica- Cusco
 Tel:235481. RPM.*614724
 Email:dr12-cusco@senamhi.gob.pe
 www.senamhi.gob.pe



ANEXO 4

RESULTADOS DE LABORATORIO DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS – CALICATAS DEL BOSQUE DE PINO – SANTA ROSA RUNARUNAYOQ





UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Dirección : Av. Perú N° 700 - Abancay Teléfono : 321559 Cel. RPM #983679790 Email utea.laborat.suelos.agro@gmail.com

RESULTADO DE ANÁLISIS N°009-2017-UTEA-FI-EPA-LASA
(FISICO-QUIMICO DE SUELOS)

DATOS GENERALES

NOMBRE: DICK COLL CAYTUIRO	Recibo N°0675004(06-04-2017)
DEPARTAMENTO : APURIMAC	
PROVINCIA: GRAU	Muestra N°01
DISTRITO: SANTA ROSA	IDENTIF. USUARIO:C-001-HA
LOCALIDAD: COMUNIDAD CAMPESINA DE SANTA ROSA	
SECTOR: RUNARUNAYOQ	FECHA DE MUESTREO: 14-05-2016
CULTIVO:	

RESULTADOS

PRUEBAS	UNIDAD	RESULTADOS	INTERPRETACIÓN
ANÁLISIS FÍSICO			
Arena	%	59	
Limo	%	19	
Arcilla	%	22	
Clase textural		FRANCO ARCILLO ARENOSO
ANÁLISIS QUÍMICO			
pH		5.0	Muy fuertemente ácido
C.E.	mS/cm	0.13	Normal
TDS	ppm	6.71	Normal
Nitrógeno NO ₃ -N	ppm	4	Bajo
Fósforo P ₂ O ₅	ppm	23.1	Medio
Potasio K ₂ O	Meq/100g	0.22	Medio
Ca+Mg	Meq/100g	5	Optimo
CIC Estimado	Meq/100g	----	----

Abancay, 25 de abril 2017

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Ing. Rosa Eufemia Marzifo Montoya
RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS AGRÍCOLAS





UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Dirección : Av. Perú N° 700 - Abancay Teléfono : 321559 Cel. RPM #983679790 Email utea.laborat.suelos.agro@gmail.com

RESULTADO DE ANÁLISIS N°010-2017-UTEA-FI-EPA-LASA
(FISICO-QUIMICO DE SUELOS)

DATOS GENERALES

NOMBRE: DICK COLL CAYTUIRO	Recibo N°0675004(06-04-2017)
DEPARTAMENTO : APURIMAC	
PROVINCIA: GRAU	Muestra N°02
DISTRITO: SANTA ROSA	IDENTIF. USUARIO:C-002-HA
LOCALIDAD: COMUNIDAD CAMPESINA DE SANTA ROSA	
SECTOR: RUNARUNAYOQ	FECHA DE MUESTREO: 14-05-2016
CULTIVO:	

RESULTADOS

PRUEBAS	UNIDAD	RESULTADOS	INTERPRETACIÓN
ANÁLISIS FÍSICO			
Arena	%	56	
Limo	%	21	
Arcilla	%	23	
Clase textural		FRANCO ARCILLO ARENOSO
ANÁLISIS QUÍMICO			
pH		4.3	Extremadamente ácido
C.E.	mS/cm	0.25	Normal
TDS	ppm	9.46	Normal
Nitrógeno NO ₃ -N	ppm	6	Bajo
Fósforo P ₂ O ₅	ppm	19.8	Bajo
Potasio K ₂ O	Meq/100g	0.22	Medio
Ca+Mg	Meq/100g	6	Óptimo
CIC Estimado	Meq/100g	-----	-----

Abancay, 25 de abril 2017

Ing. Rosa Eufemia Marrugo Morúa
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS AGRÍCOLAS





UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS

Dirección : Av. Perú N° 700 - Abancay Teléfono : 321559 Cel. RPM #983679790 Email utea.laborat.suelos.agro@gmail.com

RESULTADO DE ANÁLISIS N°011-2017-UTEA-FI-EPA-LASA (FISICO-QUIMICO DE SUELOS)

DATOS GENERALES

NOMBRE: DICK COLL CAYTUIRO	Recibo N°0675004(06-04-2017)
DEPARTAMENTO : APURIMAC	
PROVINCIA: GRAU	Muestra N°03
DISTRITO: SANTA ROSA	IDENTIF. USUARIO:C-002-HB
LOCALIDAD: COMUNIDAD CAMPESINA DE SANTA ROSA	
SECTOR: RUNARUNAYOQ	FECHA DE MUESTREO: 14-05-2016
CULTIVO:	

RESULTADOS

PRUEBAS	UNIDAD	RESULTADOS	INTERPRETACIÓN
ANALISIS FISICO			
Arena	%	79	
Limo	%	8	
Arcilla	%	13	
Clase textural		FRANCO ARENOSO
ANALISIS QUIMICO			
pH		4.6	Muy fuertemente ácido
C.E.	mS/cm	0.5	Normal
TDS	ppm	2.51	Normal
Nitrógeno NO ₃ -N	ppm	4	Bajo
Fósforo P ₂ O ₅	ppm	36.3	Medio
Potasio K ₂ O	Meq/100g	0.24	Medio
Ca+Mg	Meq/100g	6	Optimo
CIC Estimado	Meq/100g	----	----

Abancay, 25 de abril 2,017

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
 ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA

 Ing. Rosa Eufemia Murillo Mantoya
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS AGRICOLAS





UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Dirección : Av. Perú N° 700 - Abancay Teléfono : 321559 Cel. RPM #983679790 Email utea.laborat.suelos.agro@gmail.com

**RESULTADO DE ANÁLISIS N°012-2017-UTEA-FI-EPA-LASA
(FISICO-QUIMICO DE SUELOS)**

DATOS GENERALES

NOMBRE: DICK COLL CAYTUIRO	Recibo N°0675004(06-04-2017)
DEPARTAMENTO : APURIMAC	
PROVINCIA: GRAU	Muestra N°04
DISTRITO: SANTA ROSA	IDENTIF. USUARIO:C-003-HA
LOCALIDAD: COMUNIDAD CAMPESINA DE SANTA ROSA	
SECTOR: RUNARUNAYOQ	FECHA DE MUESTREO: 14-05-2016
CULTIVO:	

RESULTADOS

PRUEBAS	UNIDAD	RESULTADOS	INTERPRETACIÓN
ANÁLISIS FÍSICO			
Arena	%	54	
Limo	%	19	
Arcilla	%	27	
Clase textural		FRANCO ARCILLO ARENOSO
ANÁLISIS QUÍMICO			
pH		4.4	Extremadamente ácido
C.E.	mS/cm	0.30	Normal
TDS	ppm	15.2	Normal
Nitrógeno NO ₃ -N	ppm	4	Bajo
Fósforo P ₂ O ₅	ppm	19.8	Bajo
Potasio K ₂ O	Meq/100g	0.25	Medio
Ca+Mg	Meq/100g	7	Optimo
CIC Estimado	Meq/100g	----	----

Abancay, 25 de abril 2017

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
 ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA
 Ing. Rosa Eufemia Mariffo Morfaya
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS AGRÍCOLAS



ANEXO

PANEL FOTOGRÁFICO



Georeferenciación de la población con GPS.



Imagen 01: Georeferenciación y delimitación del bosque de pino.

Puntos de ubicación de las Calicatas dentro del bosque de pino.



Imagen 02: Ubicación de la Calicata C-001 y caracterización de los horizontes.



Imagen 03: Ubicación de la Calicata C-002 y caracterización de los horizontes.



Imagen 04: Ubicación de la Calicata C-003 y caracterización de los horizontes.



(a)



(b)

Imagen 05 (a y b): Poda de los árboles para sus respectivas mediciones dasométricas.



(c)



(d)

Imagen 06 (c y d): Medida del Diámetro a la Altura del Pecho de un árbol (DAP).

Medida de la altura de un árbol



Imagen 07: Distancia estimada con wincha para hallar la altura de un árbol.

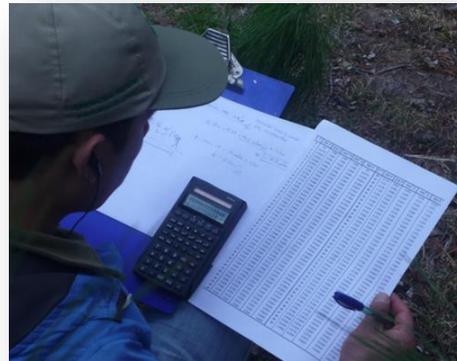


(e)

(f)

Imagen 08 (e y f): Obtención del ángulo con un clinómetro para hallar la altura del árbol.

Estimación de la biomasa y carbono forestal



(g)

(h)

Imagen 09 (g y h): Procesamiento de datos dasométricos en campo.



(j)



(i)

Imagen 10 (i y j): Procesamiento de datos para hallar el total de biomasa y carbono forestal.