



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ESTIMACIÓN DE LA POSIBLE CANTIDAD DE CO₂ A EMITIRSE EN TRES
ZONAS SUSCEPTIBLES A INCENDIOS FORESTALES DENTRO DEL DISTRITO
METROPOLITANO DE QUITO**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Ingenieras Ambientales

AUTORA: DANIELA MARISOL ASNALEMA TORRES
GABRIELA MICHELLE GONZALEZ SERAQUIVE

TUTOR: CARLOS ANDRÉS ULLOA VACA

Quito - Ecuador

2022

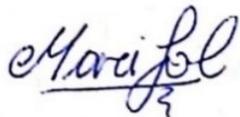
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras Daniela Marisol Asnalema Torres con documento de identificación N° 1717323891 y Gabriela Michelle González Seraquive con documento de identificación N° 1724980550, manifestamos que:

Somos las autoras responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 21 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Daniela Marisol Asnalema Torres
1717323891



Gabriela Michelle González Seraquive
1724980550

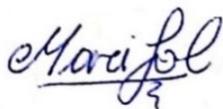
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotras Daniela Marisol Asnalema Torres con documento de identificación N° 1717323891 y Gabriela Michelle González Seraquive con documento de identificación N° 1724980550, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del Trabajo Experimental: “Estimación de la posible cantidad de CO2 a emitirse en tres zonas susceptibles a incendios forestales dentro del Distrito Metropolitano de Quito”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieras Ambientales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega final del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 21 de septiembre del 2022

Atentamente,



Daniela Marisol Asnalema Torres
1717323891



Gabriela Michelle González Seraquive
1724980550

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Andrés Ulloa Vaca con documento de identificación N° 1716457971, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTIMACIÓN DE LA POSIBLE CANTIDAD DE CO2 A EMITIRSE EN TRES ZONAS SUSCEPTIBLES A INCENDIOS FORESTALES DENTRO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, realizado por Daniela Marisol Asnalema Torres con documento de identificación N° 1717323891 y por Gabriela Michelle González Seraquive con documento de identificación N° 1724980550, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 21 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Bioq. Carlos Andrés Ulloa Vaca M.Sc.
1716457971

DEDICATORIA

A mi Padre Bolívar Asnalema por confiar en mí y por su ejemplo de vida que me ha hecho valorar el trabajo y esfuerzo por el bienestar de nuestra familia.

A mi madre María Torres quien ha sido mi mejor amiga, por su cuidado, paciencia, y la paz que me brinda ante cualquier situación.

En tu nombre amado hermano Esteban Asnalema, cuando te busco, no hay sitio en donde no estes, tu ejemplo y corazón me ayudaron a soñar un futuro mejor para nuestra familia y esforzarme cada día por ellos y por lo que tu habrías querido para nosotros, te amo infinitamente.

Daniela Marisol Asnalema Torres

A mis amados padres Bolívar González y Teresa Seraquive por día a día enseñar el valor a esforzarme y ser cada vez mejor, por apoyarme en cada una de mis estudios y meta, con el esfuerzo que cada día hacen, por siempre creer en que puedo lograr cada uno de mis sueños, a mis hermanas Karol y Zuly por ser un apoyo, ayuda incondicional que sin importar el momento han estado ahí guiando mi camino para cada vez ser mejor.

A mi tesoro más grande, mi hijo Eduard Leonardo por llegar a mi vida a enseñarme el amor de verdad, porque con tu sonrisa me animas a siempre seguir para adelante y nunca darme por vencida.

Gabriela Michelle González Seraquive

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser quien ha guiado mi vida y me ha moldeado según sus planes que han sido grandes muestras de su infinito amor y fidelidad.

A mis padres por sus consejos, su preocupación, su abrigo y cuidado cada día de mi vida y universidad.

A Josué Segovia, mi alivio en cada jornada, por su amor, entrega y disposición al ayúdame en cada momento.

A Gaby compañera de este trabajo, por su esfuerzo y por el gran vínculo de amistad que creamos durante la carrera.

Daniela Marisol Asnalema Torres

A Dios por llenarme de bendiciones y siempre cuidarme, por llevarme siempre por el camino correcto nunca desampararme y permitirme culminar mi carrera.

A Darío Uriarte ser parte de mi vida, brindándome su amor incondicional, ayuda y palabras de aliento para que nunca deje de luchar por mis sueños.

A mi amiga Marisol Asnalema por la paciencia y apoyo incondicional, y a cada una de las personas con las que tuve el gusto de compartir enseñanzas y aventuras en el trayecto de mi vida universitaria.

Gabriela Michelle González Seraquive

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	3
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1 Incendios forestales.....	4
2.2 Condiciones que favorecen el fuego.....	5
2.2.1 <i>Topografía</i>	5
2.2.2 <i>Edafología</i>	6
2.2.3 <i>Clima</i>	6
2.2.4 <i>Biomasa</i>	7
2.2.5 <i>Material Combustible</i>	8
2.3 Cambio climático y su relación con incendios forestales.....	9
2.4 Incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito.....	10
2.4.1 <i>Antecedentes de incendios forestales importantes para el estudio</i>	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 Área de estudio.....	13
3.1.1 <i>Parque Metropolitano Chilibulo</i>	14
3.1.2 <i>Parque Metropolitano del Sur de Quito</i>	15
3.1.3 <i>Parque Metropolitano Guangüiltagua</i>	16
3.2 Estratificación del Área de estudio.....	18
3.2.1 <i>Delimitación de Parcelas</i>	18
3.3 Medición forestal.....	23
3.3.1 <i>Equipos y Materiales</i>	23
3.3.2 <i>Establecimiento de parcelas</i>	24
3.3.3 <i>Medición del Diámetro a la Altura del Pecho</i>	25
3.3.4 <i>Medición de la altura de la vegetación arbórea</i>	27
3.3.5 <i>Recolección de hojarasca</i>	28
3.4 Fase de laboratorio.....	29
3.4.1 <i>Biomasa seca</i>	29
3.5 Cálculos.....	30
3.5.1 <i>Metodología para la estimación de biomasa aérea</i>	30

3.5.2	<i>Metodología para la estimación de CO2 emitido</i>	33
3.6	Metodología para la estimación de la carga combustible de la hojarasca	34
3.6.1	<i>Contenido de humedad</i>	34
3.6.2	<i>Estimación de biomasa seca</i>	35
3.6.3	<i>Estimación de la carga combustible de la biomasa seca</i>	35
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1	Contenido estimado de biomasa aérea	38
4.1.1	<i>Eucalyptus Globulus</i>	38
4.1.2	<i>Pinus Radiata</i>	42
4.1.3	<i>Acacia Melanoxylon</i>	43
4.2	Biomasa total disponible para la combustión	45
4.3	Contenido estimado de CO2 a emitirse.....	47
4.3.1	<i>Emisión de CO2 P.M. Chilibulo</i>	48
4.3.2	<i>Emisión de CO2 P.M. del Sur de Quito</i>	50
4.3.3	<i>Emisión de CO2 P.M. Guangüiltagua</i>	53
4.4	Contenido de carga combustible de la hojarasca	56
4.4.1	<i>P.M. Chilibulo</i>	57
4.4.2	<i>P.M. del Sur de Quito</i>	58
4.4.3	<i>P.M. Guiangüiltagua</i>	60
4.5	Análisis descriptivo.....	62
4.5.1	<i>Histogramas del DAP de Eucalyptus Globulus en el área del P.M. Chilibulo, Sur de Quito y Guangüiltagua</i>	62
4.5.2	<i>Histogramas del DAP de Pinus Radiata en el área del P.M. Chilibulo y Sur de Quito</i> . 65	
4.5.3	<i>Histogramas de DAP de Acacia Melanoxylon en el área del P.M. Sur de Quito y Guangüiltagua</i>	67
4.5.4	<i>Histogramas de la altura de Eucalyptus Globulus en el área del P.M. Chilibulo, Sur de Quito y Guangüiltagua</i>	69
4.5.5	<i>Histogramas de altura de Pinus Radiata en el área del P.M Chilibulo y Sur de Quito P.M. Chilibulo</i>	72
4.5.6	<i>Histogramas de altura de Acacia Melanoxylon en el área del P.M. del Sur de Quito y Guangüiltagua</i>	74
4.5.7	<i>Histogramas de biomasa área de Eucalyptus Globulus en el área del P.M Chilibulo, Sur de Quito y Guangüiltagua</i>	76
4.5.8	<i>Histogramas de biomasa aérea de Pinus Radiata en el área del P.M Chilibulo y Sur de Quito</i>	79
4.5.9	<i>Histogramas de biomasa aérea de Acacia Melanoxylon en el área del P.M de Sur de Quito y Guangüiltagua</i>	81
4.5.10	<i>Histogramas de contenido de humedad y carga combustible (materia seca) de las subparcelas en el área del P.M. Chilibulo</i>	83
4.5.11	<i>Histogramas de contenido de humedad y carga combustible área del P.M. del Sur de Quito</i> 85	

4.5.12	<i>Histogramas de contenido de humedad y carga combustible área del P.M. Guanguiltagua</i>	87
4.5.13	<i>Diagrama de caja de emisiones de CO2</i>	89
4.5.14	<i>Diagrama de caja de Carga Combustible de la hojarasca</i>	90
4.6	Discusión	91
4.6.1	<i>Con respecto a la cantidad de CO2 a emitirse</i>	91
4.6.2	<i>Con Respecto a la biomasa y mediciones Dasometricas.</i>	92
4.6.3	<i>Con respecto a la Carga combustible de la hojarasca.</i>	93
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1	Conclusiones	94
5.2	Recomendaciones	95
6.	BIBLIOGRAFÍA	96
7.	ANEXOS	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Determinación de número de parcelas y distancia entre ellas.....	20
Tabla 2 Coordenadas geográficas de cada parcela de las áreas de estudio.....	22
Tabla 3 Densidad de la madera de las especies estudiadas	32
Tabla 4 Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Eucalyptus Globulus en el P.M. Chilibulo	38
Tabla 5 Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Eucalyptus Globulus en el P.M. del Sur de Quito.....	40
Tabla 6 Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Eucalyptus Globulus en el P.M. Guangüiltagua.....	41
Tabla 7 Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Pinus Radiata en el P.M. Chilibulo. ..	42
Tabla 8 Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Pinus Radiata en el P.M. del Sur de Quito.....	43
Tabla 9 Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Acacia Melanoxylon en el P.M. del Sur de Quito.....	44
Tabla 10 Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Acacia Melanoxylon en el P.M. Guangüiltagua.....	45
Tabla 11 Cantidad de Biomasa y Masa Total Disponible para la Combustión.....	46
Tabla 12 Parámetros obtenidos para determinar la posible emisión de CO2 en el área del P.M. Chilibulo.....	48
Tabla 13 Parámetros obtenidos para determinar la cantidad de emisión de CO2 P.M. del Sur de Quito.....	51
Tabla 14 Parámetros obtenidos para determinar la cantidad de emisión de CO2 P.M. Guangüiltagua.....	54
Tabla 15 Parámetros obtenidos para determinar la carga combustible de la hojarasca en el área del P.M. Chilibulo.....	57
Tabla 16 Parámetros obtenidos para determinar la carga combustible de la hojarasca en el área del P.M. del Sur de Quito.....	59
Tabla 17 Parámetros obtenidos para determinar la carga combustible de la hojarasca en el área del P.M. del Guangüiltagua.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa clasificación de incendios forestales.....	4
Figura 2 Mapa de Ubicación de los Parques Metropolitanos de estudio respecto al D.M.Q. y las parroquias a las que pertenecen.....	14
Figura 3 Mapa de Ubicación de área de estudio en el Sureste del P.M. Chilibulo.	15
Figura 4 Mapa de ubicación del área de estudio en el Noreste del P.M. del Sur de Quito.....	16
Figura 5 Mapa de ubicación del área de estudio en el Suroeste del P.M. Guanguiltagua.	17
Figura 6 Diseño de parcela de muestreo.	19
Figura 7 Ubicación de parcelas de muestreo en las áreas de estudio.....	21
Figura 8 Delimitación de Parcelas.	24
Figura 9 Ubicación del centro de las parcelas y cuadrantes.....	25
Figura 10 Medida a 1.30 m desde el suelo.....	26
Figura 11 Medición de Diámetro a la altura del pecho.....	26
Figura 12 Medición de altura.....	27
Figura 13 Cuadrante de 1m ² para recolección de hojarasca.....	28
Figura 14 Muestras de Hojarasca en el horno.....	29
Figura 15 Medición del peso seco.....	30
Figura 16 Diagrama de flujo de la Metodología aplicada.....	37
Figura 17 Gráfico comparativo de las Áreas de estudio con respecto a MB.	47
Figura 18 Contenido de emisión de CO ₂ de cada parcela en el área del P.M. Chilibulo.	49
Figura 19 Mapa de posible cantidad de CO ₂ por parcela Área del P.M. Chilibulo.....	50
Figura 20 Cantidad de CO ₂ a emitirse área de estudio P.M. del Sur de Quito.....	52
Figura 21: Mapa de posible cantidad de CO ₂ por parcela Área del P.M. del Sur de Quito.....	53
Figura 22 Posible Cantidad de CO ₂ a emitirse en el área de estudio del P.M. Gungüiltagua.	55
Figura 23 Mapa de posible cantidad de CO ₂ por parcela Área del P.M. Guanguiltagua.	56
Figura 24 Cantidad de carga combustible de la hojarasca de cada parcela analizada en el área del P.M. Chilibulo.....	58
Figura 25 Cantidad de carga combustible de la hojarasca de cada parcela analizada en el área del P.M. del Sur de Quito.....	60
Figura 26 Cantidad de carga combustible de la hojarasca de cada parcela analizada en el área del P.M. Guanguiltagua.....	62
Figura 27 Histograma de frecuencias de DAP de Eucalyptus Globulus P.M. Chilibulo.....	63
Figura 28 Histograma de frecuencias de DAP de Eucalyptus Globulus P.M. del Sur de Quito..	64
Figura 29 Histograma de frecuencias de DAP de Eucalyptus Globulus P.M. Guanguiltagua	65
Figura 30 Histograma de frecuencias de DAP de Pinus Radiata P.M. Chilibulo.	66
Figura 31 Histograma de frecuencias de DAP de Pinus Radiata P.M. del Sur de Quito.	67
Figura 32 Histograma de frecuencias de DAP de Acacia Melanoxylon P.M. del Sur de Quito..	68
Figura 33 Histograma de frecuencias de DAP de Acacia Melanoxylon P.M. Guanguiltagua. ...	69
Figura 34 Histograma de frecuencia de altura de Eucalyptus Globulus P.M. Chilibulo.	70
Figura 35 Histograma de frecuencias de altura de Eucalyptus Globulus P.M. del Sur de Quito.	71
Figura 36 Histograma de frecuencias de la altura de Eucalyptus Globulus P.M. Guanguiltagua.	72
Figura 37 Histograma de frecuencias de la altura de Pinus Radiata del P.M. Chilibulo.	73
Figura 38 Histograma de frecuencias de la altura de Pinus Radiata del P.M. del Sur de Quito..	74

Figura 39 Histograma de frecuencias de la altura de Acacia Melanoxylon del P.M. del Sur de Quito	75
Figura 40: Histograma de frecuencias de la altura de Acacia Melanoxylon P.M. Guangüiltagua	76
Figura 41 Histograma de frecuencias de altura de Eucalyptus Globulus P.M. Chilibulo.....	77
Figura 42 Histograma de frecuencias de la Biomasa de Eucalyptus Globulus en el área del P.M. del Sur de Quito.....	78
Figura 43 Histograma de frecuencias de la Biomasa de Eucalyptus Globulus en el área del P.M. Guangüiltagua.	79
Figura 44 Histograma de frecuencias de la Biomasa de Pinus Radiata en el área del P.M. Chilibulo.	80
Figura 45 Histograma de frecuencias de la Biomasa de Pinus Radiata en el área del P.M. del Sur de Quito	81
Figura 46 Histograma de frecuencias de la biomasa de Acacia Melanoxylon P.M. del Sur de Quito	82
Figura 47 Histograma de frecuencias de la biomasa de Acacia Melanoxylon P.M. Guangüiltagua.	83
Figura 48 Histograma del Contenido de Humedad de las subparcelas de hojarasca Área del P.M. Chilibulo.....	84
Figura 49 Histograma de la Carga Combustible de las subparcelas de hojarasca Área del P.M. Chilibulo.....	85
Figura 50 Histograma del Contenido de humedad en la hojarasca de las subparcelas de hojarasca Área del P.M. del Sur de Quito	86
Figura 51 Histograma de la Carga Combustible de las subparcelas de hojarasca Área del P.M. del Sur de Quito	87
Figura 52 Histograma del Contenido de humedad en la hojarasca de las subparcelas de hojarasca Área del P.M. Guangüiltagua.....	88
Figura 53 Histograma de la Carga Combustible de las subparcelas de hojarasca Área del P.M. Guangüiltagua.	89
Figura 54 Diagrama de caja de la posible emisión de CO2 por parcela en los parques metropolitanos.	90
Figura 55 Diagrama de caja de la cantidad de carga combustible en la hojarasca por parcela en los parques metropolitanos	91
Figura 56 Limitación de parcelas	105
Figura 57 Instalación de parcelas	106
Figura 58 Individuos de Pinus Radiata en el Área del P.M. del Sur de Quito.....	106
Figura 59 Medición de la Circunferencia a la altura del pecho.	107
Figura 60 Almacenamiento de hojarasca por parcela.	107
Figura 61 Árbol central de parcelas numerado.	108
Figura 62 Cuadrantes de parcelas delimitados.....	108
Figura 63 Pesado de la hojarasca seca.	108

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Hoja de campo registro de biomasa aérea.	103
Anexo 2 Hoja de campo y laboratorio para registro de datos de hojarasca.	104
Anexo 3 Registros Fotográficos.....	105

RESUMEN

Este trabajo de investigación fue realizado con el fin de estimar la cantidad de CO₂ posible a emitirse en tres zonas vulnerables a incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito. Para ello se abarcó la delimitación de un área boscosa de aproximadamente 5 ha en tres parques metropolitanos de Quito, P.M. Chilibulo, P.M. del Sur de Quito, y P.M. Guangüiltagua. La estratificación de las áreas se realizó mediante muestreo en parcelas de 250 m² divididas en cuadrantes y distribuidas de manera aleatoria. Estas parcelas fueron necesarias para la recolección de variables como de la circunferencia a la altura del pecho y altura de las especies arbóreas significativas, datos que permitieron estimar la biomasa disponible para la combustión presente en cada una de las áreas de muestreo resultando valores 173,971 ton en el P.M. Chilibulo, 89,274 ton en el P.M. del Sur de Quito, 194,999 ton en el P.M. Guangüiltagua.

Dentro de las parcelas se establecieron dos subparcelas de 1m² para la recolección de las muestras de hojarasca, para la carga combustible de la misma en las áreas muestreadas de donde se obtuvieron valores de 10,565 ton/ha en el P.M. Chilibulo, 13,238 ton/ha en el P.M. del Sur de Quito y 11,203 ton/ha en el P.M. Guangüiltagua resultados bajos para la bibliografía de valoración sin embargo la acumulación de carga combustible sumado a la actividad humana que es la razón principal de incendios forestales en el DMQ podría significar un riesgo para los parques metropolitanos. Para determinar la cantidad de CO₂ se utilizó la metodología propuesta por la IPCC de donde se obtuvieron resultados de emisión de 122,637 ton/ha para el Área del P.M. Chilibulo, 63,032 ton/ha en el P.M del Sur de Quito, y 137,679 ton/ha en el P.M. Guangüiltagua.

Palabras claves: Contaminación Atmosférica, Dióxido de Carbono, Incendios Forestales, Distrito Metropolitano de Quito, Biomasa de Combustión.

ABSTRACT

This research work was carried out in order to estimate the amount of possible CO₂ that would be emitted in three areas vulnerable to forest fires in the Distrito Metropolitano de Quito. For this, the delimitation of an area of approximately 5 ha in three metropolitan parks of Quito, P.M. Chilibulo, P.M. del Sur de Quito, and P.M. Guangüiltagua was covered. The stratification of the areas was carried out by sampling in plots of 250 m² divided into quadrants and distributed evenly. These plots were necessary for the collection of variables such as the circumference to the height of the chest and height of the significant tree species, data that allowed to estimate the biomass available for combustion present in each of the sampling areas resulting in values 173,971 ton in the P.M. Chilibulo, 89,274 ton in the P.M. of the Sur de Quito, 194,999 ton in the P.M. Guangüiltagua.

Within the plots, two subplots of 1m² were established for the collection of leaf litter samples, for the fuel loading of the same in the sampled areas from where values of 10,565 ton/ha were obtained in the P.M. Chilibulo, 13,238 ton/ha in the P.M. del Sur de Quito and 11,203 ton/ha in the P.M. Guangüiltagua low results for the valuation bibliography however the accumulation of fuel load added Human activity that is the main reason for wildfires in the DMQ could pose a risk to metropolitan parks.

To determine the amount of CO₂, the methodology proposed by the IPCC was used, from which emission results of 122,637 ton/ha were obtained for the P.M Chilibulo, 63,032 ton/ha in the P.M. del Sur de Quito, and 137,679 ton/ha in the P.M. Guangüiltagua.

Keywords: Air Pollution, Forest Fires, Carbon Dioxide, Metropolitan District of Quito, Combustion Biomass.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Con el cambio climático, cuanto más caliente es la temperatura, más seco es el verano, por lo tanto, mayor es el riesgo de incendios forestales y se libera más dióxido de carbono, a través de la liberación de los gases de efecto invernadero el suelo continúa calentándose lo cual aumentara aún más estos eventos (Williams, 2004). Según el Servicio de Monitoreo de la Atmosfera Copernicus (CAMS) a nivel mundial los bosques en llamas emitieron más de 2.500 millones de toneladas de CO₂ (Parrington, 2021). En el Distrito Metropolitano de Quito se ha registrado la presencia constante de incendios forestales especialmente en épocas de verano, relacionados con espacios periurbanos, espacios públicos con vegetación arbustiva y arbórea (quebradas, espacios vacantes o de recreación) y sitios boscosos (Estacio y Narváez, 2012).

Estos eventos son una de las perturbaciones que más influyen en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas terrestres (Bountourab y Vega, 2019), lo que supone varias consecuencias como pérdida de áreas de gran biodiversidad, afectación a espacios de la propiedad pública y privada de diferentes usos y en general persecuciones al bienestar de la población, afectando espacios del Distrito Metropolitano de Quito poniendo en evidencia los altos niveles de exposición de especies de flora y fauna que por su diversidad poseen gran valor natural y social (Estacio y Narváez, 2012).

En esta investigación se estudió tres zonas con susceptibilidad a incendios forestales como son los parques metropolitanos, para lo que se necesitó realizar una selección del área de estudio en cada zona. Las zonas estudiadas son Sureste del P.M. Chilibulo, Noreste del P.M del Sur de Quito y Sureste del P.M. Guanguiltagua.

1.2 Justificación

El valor ambiental de los parques sobre todo en ciudades urbanas se define a través de aire y agua limpias, captura de lluvia, amortiguamiento de temperatura, secuestro de carbono, formación de oxígeno, aislamiento del ruido, albergue de especies de animales y plantas que mejoran la salud pública de la población (Chiesura, 2004). La vegetación forestal al brinda el servicio de restar carbono (CO₂) de la atmosfera a través de la fotosíntesis fijándolo como biomasa orgánica, evitando la acumulación excesiva de carbono y ayudando a mitigar el efecto invernadero, sin embargo, al producirse un incendio forestal la biomasa acumulada se consume y el ecosistema que fue fijador se convierte en un emisor de carbono (Valero et al., 2007).

Los incendios forestales son una fuente de emisión significativa de gases y partículas a la atmósfera que llegan a ser grande gran extensión y pueden transportarse a grandes distancias (SEMADET, 2013). Esto trae como consecuencia una serie de impactos en la atmosfera, reflejándose un riesgo por ejemplo en la salud de la población expuestas a las emisiones de los incendios forestales (Rodríguez, 2004). El cambio climático ha acentuado el aumento de la temperatura conjunto con la duración de los incendios y el tamaño de la zona quemada ya que se expenden más rápidamente, el número de incendios forestales y la frecuencia con que con que se sale de control el incendio es mayor que en el pasado (Krajick, 2011).

Debido a que en el proceso de combustión de la materia orgánica se produce gases como: CO₂, CO, además de material particulado, carbono negro y otros compuestos, y a sabiendas que ciertos gases de combustión son responsables del efecto invernadero, determinar la cantidad de estos que se producirían por la ocurrencia de incendios forestales, es de importancia para la comunidad académica y ciudadanía en general, ya que se podría conocer la cantidad de gases que se producen y en respuesta, la cantidad de carbono que se debería capturar (Arevalo, 2018).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Establecer la posible cantidad de CO₂ a emitirse en tres zonas susceptibles a incendios forestales dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar la cantidad de biomasa aérea para las especies arbóreas en las zonas de estudio.
- Calcular la cantidad de CO₂ a emitirse en las zonas de estudio.
- Determinar la carga combustible de la biomasa seca en las zonas de estudio como factor de riesgo de incendios forestales.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

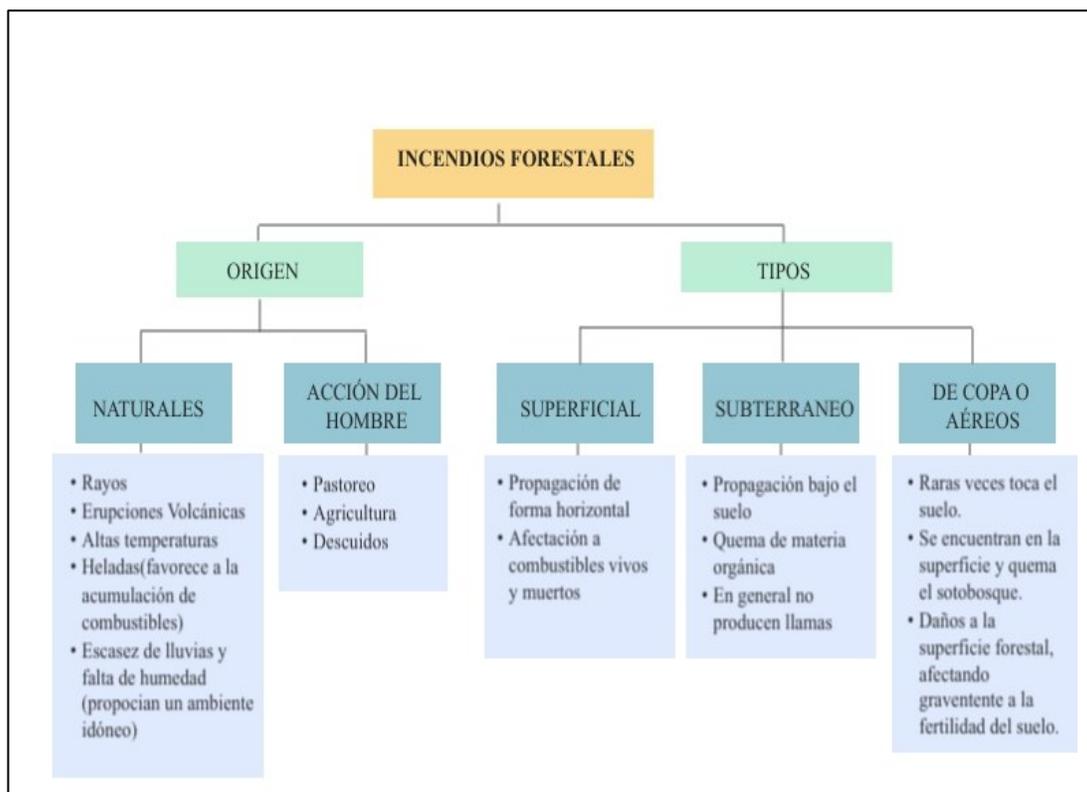
2.1 Incendios forestales

Incendio forestal se define como la propagación de fuego sobre la vegetación forestal, para que el evento inicie se necesita de una fuente de calor externa (ignición) esta fuente requiere una temperatura mayor a 200 °(Alva, 2016).

El autor (Rodríguez, 1996) define al fuego como la liberación de energía en forma de calor, resultado de la combustión en donde intervienen tres elementos llamados el triángulo del fuego: combustible, calor y oxígeno.

Figura 1

Mapa clasificación de incendios forestales



Nota. Adaptado del libro de Ecosistemas Forestales en Cuencas Hidrográficas y su relación con el ordenamiento Ecológico por (Gómez A., 2011).

2.2 Condiciones que favorecen el fuego

El autor (Gómez, 2019) nombra varios parámetros que influyen el riesgo y comportamiento de un incendio forestal que puede depender de la composición de los combustibles, la estructura vegetal y la topografía del lugar del evento, factores meteorológicos la temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, precipitación fluvial entre otras variables.

Existen otros factores como la época del lugar que se define como la temporada de peligro de incendios em donde los factores meteorológicos influyen para que los combustibles tengan mayor porcentaje de humedad, escasa o nula presencia de lluvias, presencia de mayor radiación del sol y por lo tanto temperaturas altas, esta temporada con las actividades humanas que utilizan el fuego como parte de sus actividades aumentan el riesgo (Mayanquer y Yela, 2014).

Finalmente, el lugar está definido como la zona de riesgo por encontrarse próximo a caminos, carreteras, zonas de pastoreo, lugares de recreación, áreas de aprovechamiento forestal entre otros (Velez, 1994).

Las condiciones que favorecen a un incendio forestal según (Mayanquer y Yela, 2014) son enlistas y descritas continuación.

2.2.1 Topografía.

Los atores (Mayanquer y Yela, 2014) y (Gómez A., 2011) describen los parámetros topográficos que influyen en la presencia de incendios forestales:

2.2.1.1 Pendiente. La inclinación combinada con el viento influye sobre la velocidad de la propagación del incendio.

2.2.1.2 Exposición. La orientación de terrenos es fundamental para estimar condiciones de humedad en los bosques y horas de luz sobre los mismos.

2.2.1.3 Altitud. En altitudes bajas hay mayor temperatura por lo tanto el combustible natural es más seco aumentando la presencia de un incendio.

2.2.2 Edafología

El tipo de suelo no tiene una influencia directa sobre un incendio forestal siendo la más afectada la capa de combustible (hojas, ramas, troncos, etc.) que posee características como profundidad y la continuidad, la profundidad es la acumulación de hojarasca en el suelo, esto es uno de los principales elementos que contribuyen a la presencia de incendio. De la cantidad de la capa y su espesor depende la presencia que adquiere un incendio forestal. (Gómez A., 2011).

2.2.3 Clima

El contexto ambiental donde ocurren los incendios define la facilidad con que estos ocurren y el grado de peligro de los mismos, estas condiciones pueden propiciar a que el fuego avance más rápido y que su impacto sea más intenso (Flores, 2008).

Los parámetros climáticos que influyen en el inicio de un incendio forestal según (Gómez A., 2011) se describen a continuación.

2.2.3.1 Temperatura. Entre más elevada la temperatura más baja es la humedad del ambiente por lo tanto los combustibles forestales pierden agua se secan lo cual hace que estos combustibles arden con facilidad.

2.2.3.2 Humedad relativa. Es la cantidad de vapor de agua presente en cierto volumen de aire. Los combustibles muertos tienen la capacidad de absorber la humedad de la atmósfera, la humedad relativa normalmente varía inversamente con la temperatura. Es

decir, a mayor temperatura, menor humedad relativa en el aire y, a menor temperatura, mayor humedad relativa en el ambiente.

2.2.3.3 Viento. Influye en el ritmo de evaporación y por lo tanto en la humedad de los combustibles forestales. A mayor velocidad del viento, hay mayor efecto sobre el secado de los combustibles. El viento también influye en la dirección del fuego.

2.2.4 Biomasa

Los diferentes tipos de biomasa pueden producir diferentes tipos de combustibles lo cual condiciona el comportamiento de un incendio, así como su ocurrencia (Mayanquer y Yela, 2014).

Los tipos de tipos de vegetación y su relación con los incendios forestales según (Gómez, 2019) son:

2.2.4.1 Coníferas. Vegetación susceptible al fuego porque aportan de forma constante hojarasca el suelo, armonizando una rápida deshidratación de las hojas verdes lo que favorece de manera significativa al incendio por el calor generado una vez que este se presentó.

2.2.4.2 Hojosas. Este tipo de vegetación acumula gran cantidad de hojarasca y de combustibles pesados sin embargo no llega a presentar estragos tan considerables como los que se genera en la vegetación de coníferas pese a esto el material combustible que genera no deja de ser un peligro potencial para la generación de incendios.

2.2.4.3 Vegetación herbácea y arbustiva. No contribuye a grandes cantidades de combustibles sin embargo los incendios se originan en los estratos bajos dónde se desarrollan hierbas, matorrales, arbustos y pastizales.

2.2.4.4 Densidad. Tiene relación con la presencia y magnitud de incendios ya que el aporte de combustible al suelo del bosque depende del número de individuos y la etapa de desarrollo.

La biomasa es el peso de la materia orgánica aérea y subterránea que existe en un ecosistema forestal (Fonseca, 2017). Existen dos métodos para la estimación de la biomasa, el método destructivo que consiste en cortar el árbol, separando cada parte (fuste, ramas vivas, ramas muertas, hojas acículas, raíz) y pesar la biomasa de cada componente directamente, este método costoso y requiere mayor tiempo (Aguas, 2016).

Así también tenemos el método no destructivo o indirecto y el que se escogió para este estudio, donde se utilizan métodos de cubicación es decir estimar la biomasa a partir de las dimensiones del árbol donde se suman los volúmenes de madera, se toman muestras de ésta y se pesan en el laboratorio para calcular los factores de conversión de volumen a peso seco (Pazmiño, 2020). Se necesita la medición de variables como altura del árbol y diámetro a la altura del pecho (Fonseca, 2017).

2.2.5 *Material Combustible*

Se llama material combustible a todo material vegetal, que por sus características físicas y químicas puedan o no arder, según influyan los componentes ambientales prevalecientes en ese momento (CONANP, 2009).

Los tipos de material combustible según (CONANP, 2009) son los descritos a continuación:

2.2.5.1 Ligeros: Constituyen las ramillas muertas, Hojarasca, hierbas (secas y verdes) y el humus, son conocido también como combustibles finos, se acumulan por caída natural de los estratos vegetales.

2.2.5.2 Pesados: Constituyen las ramas, tallos y troncos muertos o derivados de caídas por viento o naturales y residuos provenientes de corta de árboles o arbustos.

2.3 Cambio climático y su relación con incendios forestales

El calentamiento global induce a que la tierra se seque, el aire se caliente y se termina absorbiendo la humedad de las plantas, árboles, vegetación muerta en el suelo y el mismo suelo (Vargas, 2017). Cuando la tierra se reseca, la biomasa pasara a actuar como combustible, condiciones secas y temperaturas altas aumentaran la probabilidad de que se produzca un incendio forestal, además influirá en la duración y la gravedad del mismo (Krajick, 2011). A nivel mundial, los incendios forestales han aumentado y cada año se incrementan las áreas quemadas así como también la frecuencia de estos está vinculada al aumento de fenómenos meteorológicos extremos (Cho, 2014).

Los incendios forestales son una consecuencia del rápido calentamiento y juega un papel crítico en el cambio climático, debido al volumen de dióxido de carbono que libera a la atmosfera, en un año de grandes igniciones, se puede liberar dióxido de carbono acumulado, equivalente a una década a la atmosfera (Cho, 2014). El cambio climático ha puesto en marcha un círculo vicioso, entre más caliente es la temperatura, más seco es el verano y por lo tanto mayor será el riesgo de que se inicie un incendio forestal, liberando más dióxido de carbono. Al liberarse, el suelo continúa calentándose y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero refuerza la retro alimentación positiva del calentamiento, lo que como consecuencia aumentaran los incendios forestales (Vargas, 2017).

El mayor problema es que los incendios forestales se han convertido en los mayores contribuyentes de emisiones de gases de efecto invernadero. Los árboles absorben y almacenan carbono de la atmósfera y al quemarse, será difícil combatir el calentamiento global, lo que dará origen a más incendios. Por décadas el sotobosque es acumulado en el suelo, combustible que es consumido por el incendio forestal, lo que resulta nocivo para el medio ambiente y para el ser humano (Vargas, 2017).

2.4 Incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito

En la época de verano es decir los meses de julio, agosto y septiembre la ciudad de Quito es susceptible a la presencia de incendios forestales, con consecuencias como pérdida de áreas protegidas, diversidad, afectación a la propiedad pública y privada de diferentes usos, y en general, repercusiones al bienestar de la población (Estacio y Narváez, 2012).

El riesgo relacionado con incendios forestales debe ser comprendido como riesgo de origen natural y a la vez antrópico, las causas pueden estar relacionadas con la presencia de vegetación seca, sequías, descargas eléctricas, factores meteorológicos, topografía del suelo, como también causas relacionadas con factores antrópicos como los emplazamientos de instalaciones, eventos malicioso o actividades particulares trabajos y recreación (Estacio y Narváez, 2012).

En el estudio de (Estacio y Narváez, 2012) determinaron que en los registros de eventos de incendios forestales de los años 1991 al 2009 el evento ocurrió en relieves de alta montaña, laderas y quebradas, la frecuencia de incendios forestales se dispersa a lo largo de la cordillera occidental y occidental el DMQ, así como también a lo largo de los valles de Quito.

Las causas que provocan incendios forestales en el DMQ, en la mayoría de los casos, son relacionadas a cambios de usos de suelo (silvicultura, turismo, sector residencial), producto del

crecimiento, expansión urbana y búsqueda de fuentes económicas en espacios periféricos de la ciudad que anteriormente eran inaccesibles o marginales (Estacio y Narváez, 2012).

2.4.1 Antecedentes de incendios forestales importantes para el estudio

Según la información cartográfica proporcionada por el Geopotal de la página Gobierno Abierto del Distrito metropolitano de Quito en el Shapefile de Recurrencia de incendios forestales desde el año 1981 al 2015 los eventos ocurridos en los parques metropolitanos son los nombrados a continuación, la Cartográfica encontrada no contiene la información de los años en que ocurrieron los eventos señalados. Adicional se describen eventos de incendios forestales encontrados en la red dentro o fuera del periodo de tiempo antes dicho.

2.4.1.1 Parque Metropolitano Chilibulo. Tres incendios dentro de este periodo de tiempo (1981 al 2015) con áreas incendiadas de: 1,490, 0,595, y 0,337 ha. Según (Comercio, 2018a) el 24 de septiembre del 2018 se registró un incendio forestal en el Sector de Chilibulo Alto que fue visible desde varios sectores del sur de Quito, casacas rojas y tanqueros trabajaron por sofocar las llamas.

2.4.1.2 Parque Metropolitano del Sur de Quito. Tres incendios dentro de este periodo de tiempo (1981 al 2015) con áreas incendiadas de: 2,641, 0,660, y 11,803 ha siendo este último el de mayor área afectada. En agosto del 2016 se registró un incendio forestal en el P.M del Sur con un total de 1500 metros cuadrados afectados por el mismo. Bomberos constataron que, debido al viento, las llamas habían alcanzado gran parte d la vegetación, por lo que el trabajo para controlar el fuego fue intenso (Comercio, 2016). Según una publicación del ECU 911 en agosto del 2017 monitoreaban conato de incendio en el P.M. del sur de Quito.(ECU991, 2017)

2.4.1.3 Parque Metropolitano Guangüiltagua. En la información cartográfica las áreas consumidas en cuatro de los incendios de mayor área en el P.M. Guangüiltagua son 94,833, 20,759,

14,187, 3,358 ha durante los años 1981 al 2015. En septiembre del 20018 el cuerpo de bomberos controló un incendio forestal por medio de 25 efectivos, 10 vehículos y el helicóptero de los Bomberos(Comercio, 2018b)

El 27 de agosto del 2019 en em P.M. Guanguiltagua se registró un incendio forestal, el humo fue visible desde algunos sectores de la ciudad. El periódico (Comercio, 2019) público que las condiciones climáticas y las dificultades del lugar como son sus pendientes inclinadas, complicaron el acceso a la zona del incendio (Comercio, 2019).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra en la región Sierra del Ecuador, está atravesada por la cordillera de los andes que recorre del norte al sur, posee varios tipos de climas con temperaturas que varían entre -4°C a 22°C , cuenta con el 69 % de cobertura vegetal entre esta bosques húmedos representando la tercera parte de su territorio (Gudiño, 2012)

Las condiciones Descritas generan un espacio biodiverso donde se han logrado establecer 44 ecosistemas en todo el Distrito con una gran variedad de flora y fauna (PDOT.DMQ, 2021). En Distrito Metropolitano de Quito se ha registrado la presencia constante de incendios forestales especialmente en épocas de verano, relacionados con espacios periurbanos, espacios públicos con vegetación arbustiva y arbórea en la ciudad y sitios boscosos (Estacio y Narváez, 2012).

Los parques metropolitanos de Quito son áreas susceptibles a incendios forestales, es por esto que la presente investigación se realizó en los siguientes parques Metropolitanos susceptibles a incendios forestales.

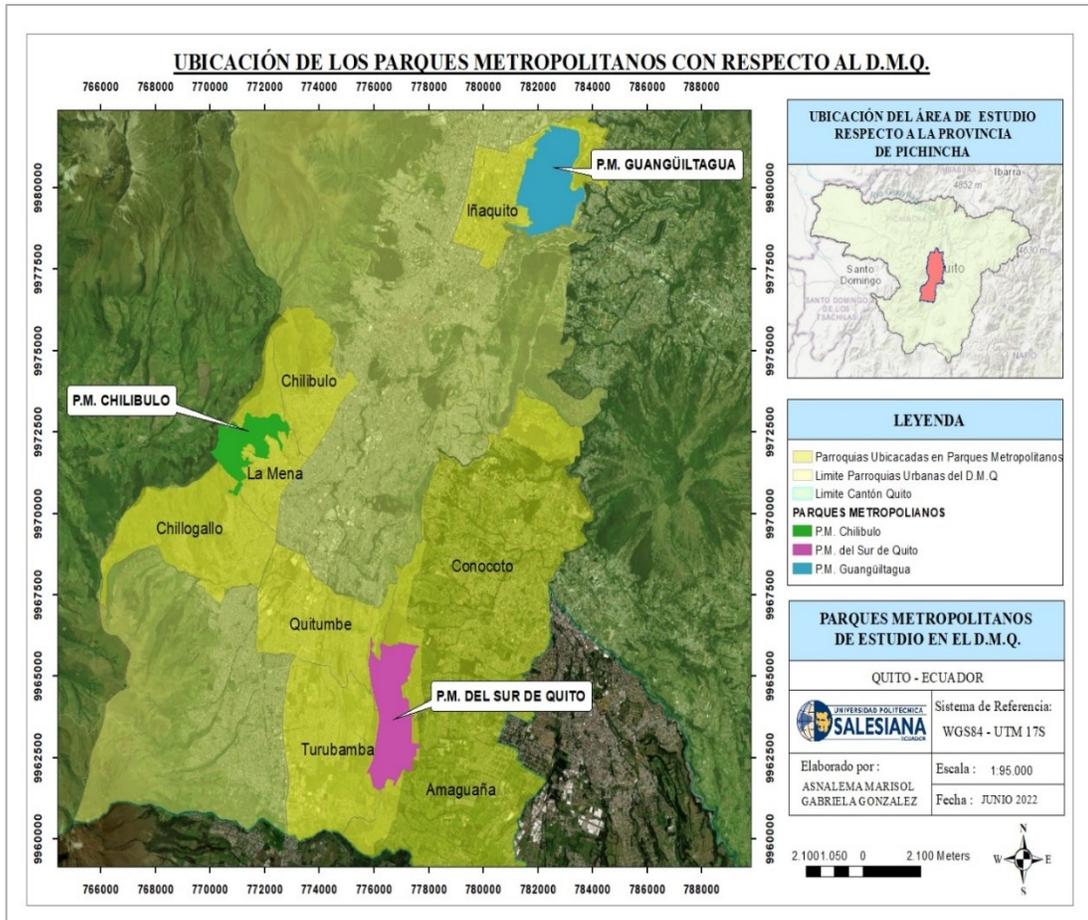
Para seleccionar las áreas analizadas en la presente investigación, se tomaron en cuenta que las zonas dispongan de áreas boscosas, que puedan ser de fácil acceso para el muestreo, que sean considerados zonas susceptibles o que presenten vulnerabilidad a riesgo de incendios forestales. Además, se solicitó permiso a los administradores de los Parques de la ciudad y se consideró su opinión y la de los guardabosques para la decisión sobre el área a escoger.

La figura 2 muestra la ubicación de los parques metropolitanos seleccionados los cuales fueron: P.M. Chilibulo (772368,87 m E; 9972689,69 m S), P.M del Sur de Quito (776571,55 m E; 9962310,72 m S) y P.M. Guangüiltagua (781552.62 m E; 9980086.46 m S). Por ser parques de

gran extensión se consideró una zona de cada parque y dentro de ésta un área de aproximadamente 5 ha donde se realizó el estudio de este trabajo.

Figura 2

Mapa de Ubicación de los Parques Metropolitanos de estudio respecto al D.M.Q. y las parroquias a las que pertenecen



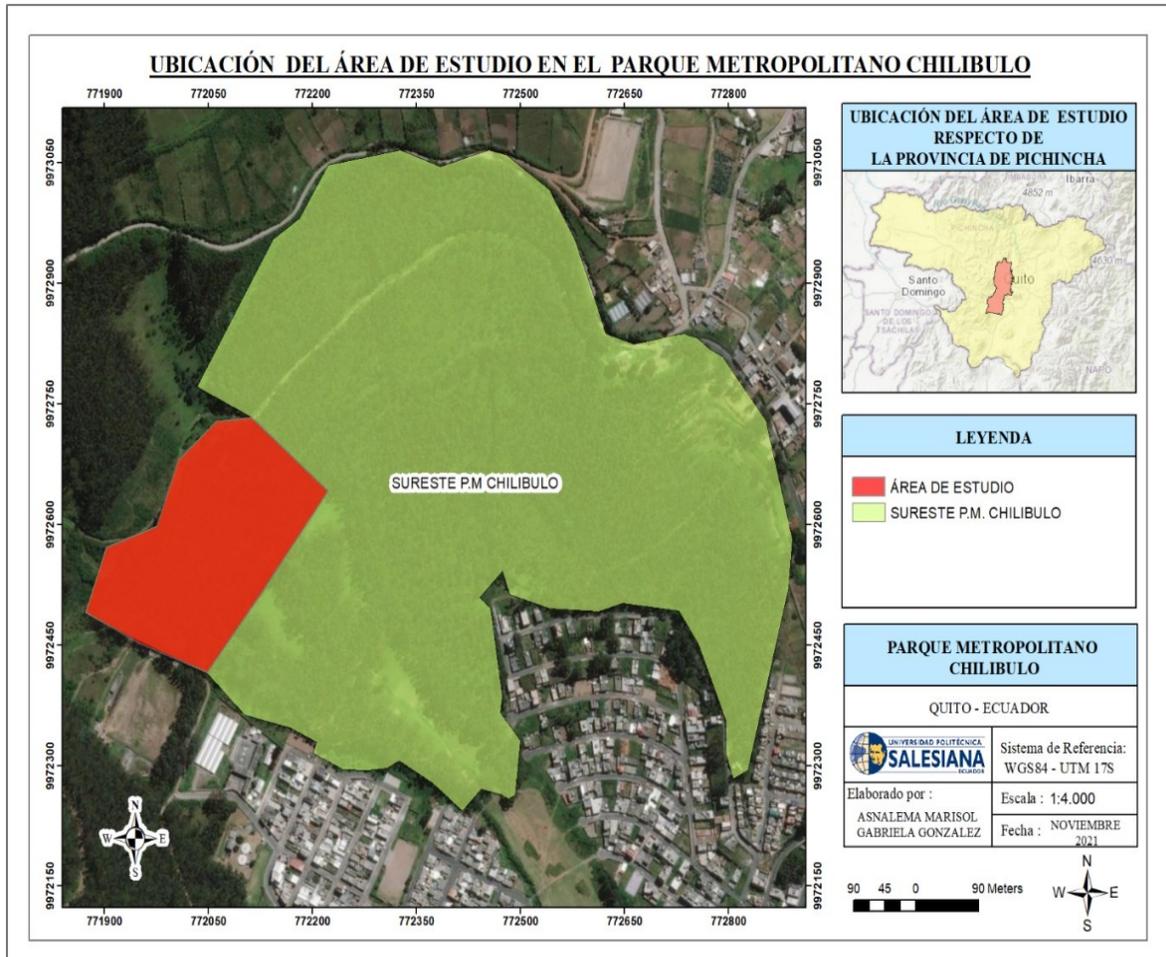
3.1.1 Parque Metropolitano Chilibulo

Ubicado al sur de la ciudad de Quito atravesando varios sectores de la ciudad, como las parroquias de La mena, Chillogallo Hasta Lloa, contando con una extensión de 320 hectáreas. Se encuentra a 3200 msnm, con una gran cantidad de bosque en donde se encuentra gran variedad de plantas nativas, así como también está compuesta de senderos ecológicos, cascadas y gran variedad de vegetación (Rodrigo, 2013).

Debido a la gran extensión de esta zona se tomó para el estudio un área de 5,80 ha susceptible a incendios forestales dentro del Sureste del Parque Metropolitano Chilibulo como se muestra en la figura 3.

Figura 3

Mapa de Ubicación de área de estudio en el Sureste del P.M. Chilibulo.



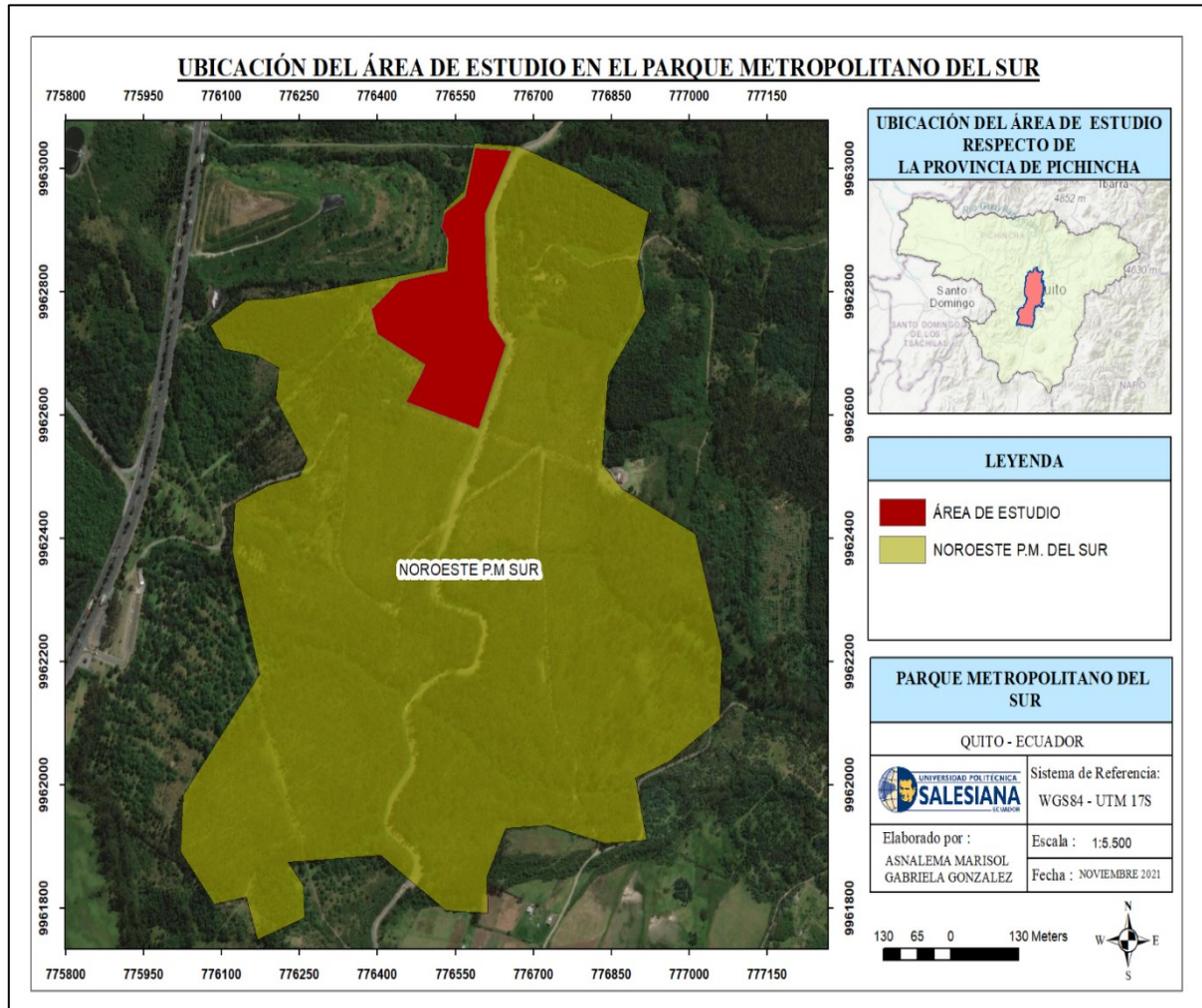
3.1.2 Parque Metropolitano del Sur de Quito

Se encuentra ubicado en Av. Simón Bolívar en el área de El Troje, al sur de la ciudad de Quito con una extensión de 750 hectáreas, en esta zona se registran altitudes que van desde los 2700 msnm, hasta 3150 msnm, este rango de altitud crea las condiciones adecuadas para el enriquecimiento de la flora y la fauna en el parque (se han estimado alrededor de 80 especies de

flora natural) (Goraymi, 2022). Debido a la gran extensión del lugar se tomó en cuenta para el estudio 5,61 ha del Noreste del P.M. del Sur de Quito susceptible a incendios forestales que se representa en la figura 4.

Figura 4

Mapa de ubicación del área de estudio en el Noreste del P.M. del Sur de Quito



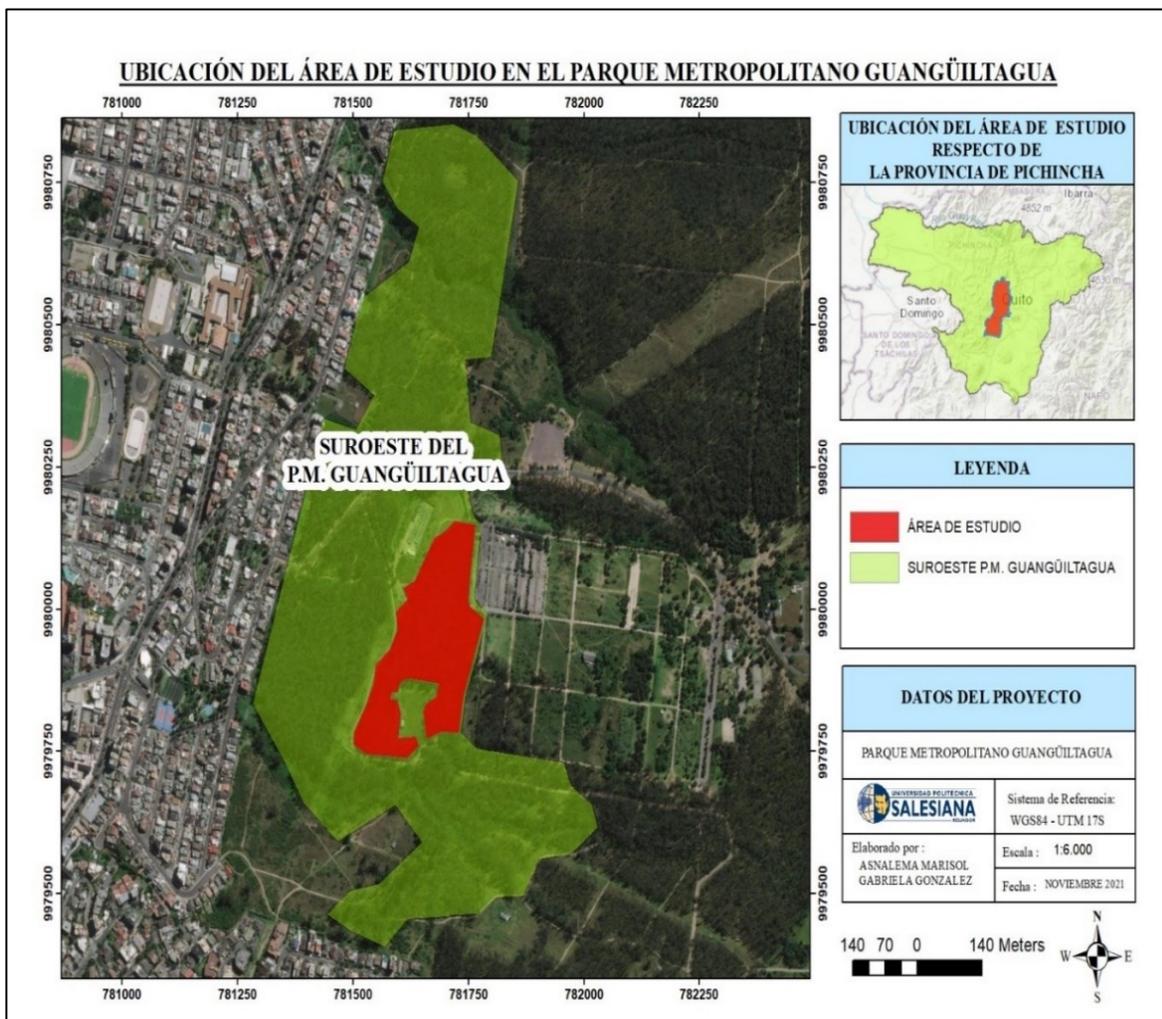
3.1.3 Parque Metropolitano Guangüiltagua

Ubicado dentro de la ciudad de Quito al norte, desde la Avenida Eloy Alfaro subiendo por la calle Guangüiltagua, teniendo una extensión de 557 hectáreas , dicha zona cuenta con una condición climática en la que se encuentra bosque seco montano y bosque húmedo montano con

una altitud de va de los 2890 a 2980 msnm, el área se encuentra casi en su totalidad con árboles de eucalipto, que existen mucho más antes de que dicha área sea decretada como parque (Noguera, 2012). Debido a la gran extensión de esta zona la figura 5 muestra el área de estudio seleccionada para el estudio un área de 5,90 ha susceptible a incendios forestales ubicada en el sureste del P.M. Guanguiltagua.

Figura 5

Mapa de ubicación del área de estudio en el Suroeste del P.M. Guanguiltagua.



3.2 Estratificación del Área de estudio

3.2.1 Delimitación de Parcelas

3.2.1.1 Tamaño de parcelas. – La definición del tamaño de las parcelas se realizó conforme el estudio de (Sarango y Tenempaguay, 2020) quienes se guiaron de manuales de ecosistemas forestales como el manual de campo para evaluación de la supervivencia y mantenimiento de las plantaciones forestales comerciales utilizado por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGAP, 2016), y el Manual de Procedimientos para Inventario de Carbono en Ecosistemas Forestales (Schlegel et al., 2001).

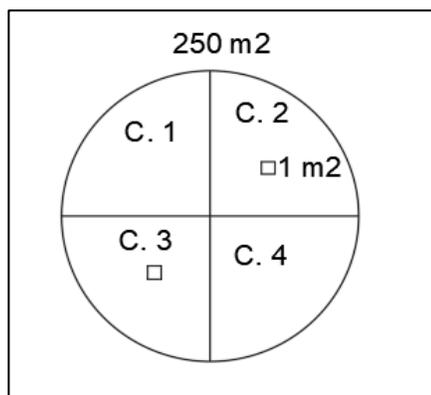
Obteniendo así un diseño de parcelas tipo permanentes y de forma circular con dimensiones establecidas en los manuales en donde se establece que para un área menor a 10 ha el tamaño de las parcelas debería ser de 250 m² y radio de 8,92 m.

En el manual (Schlegel et al., 2001) para una parcela de 400 m², se establecieron tres subparcelas de 1m² dentro de ésta, dividiendo la parcela en cuadrantes para la recolección de muestras de hojarasca. En el caso del presente estudio al ser parcelas de menor extensión (250 m²), se optó por implementar dos subparcelas de 1m² por cada parcela.

La figura 6 muestra la parcela diseñada tomando en cuenta las condiciones nombradas anteriormente.

Figura 6

Diseño de parcela de muestreo.



Nota. El gráfico representa un ejemplo de parcela de muestreo con sus respectivos cuadrantes (C.) y subparcelas. Adaptado de Manual de Procedimientos para Inventario de Carbono en Ecosistemas Forestales por (Schlegel et al., 2001)

3.2.1.2 Número de parcelas. - El número de parcelas nos permitirá obtener una muestra representativa de la zona de estudio. Este se determinará a partir de diferentes parámetros, con la siguiente ecuación (MAGAP, 2016):

$$NP = \frac{\frac{A * IM}{100} * 10000}{TP}$$

Donde:

NP: Número de parcelas

A: Área evaluada

IM: Intensidad de muestreo (%)

TP: Tamaño de la parcela(m2)

Según el manual de procedimientos de (MAGAP, 2016) la intensidad depende de la superficie a muestrear. Para el caso de 5,01 a 10,0 ha se recomienda una intensidad de muestreo de 4,00%. La distancia entre parcelas para su ubicación en el terreno se calcula mediante la ecuación.

$$Dep = \sqrt{\frac{A * 10000}{NP}}$$

Donde:

Dep : Distancia entre parcelas (m)

A: Área evaluada (ha)

Np: Número de parcelas.

Una vez reemplazados los datos en las ecuaciones se obtuvo un total de las 9 parcelas para cada área de estudio, la distancia entre parcelas será de 79,06 m.

Tabla 1

Determinación de número de parcelas y distancia entre ellas.

Área de Estudio	Área (ha)	IM	Tamaño (m2)	N. de parcelas	Dep (m)
P.M. Sur de Quito	5,61	4	250	9,0	79,06
P.M. Guangüiltagua	5,90	4	250	9,4	79,06
P.M. Chilibulo	5,80	4	250	9,3	79,06

Nota. IM (intensidad de muestreo). - Superficie que se muestrea, expresada en porcentaje, la cual se ve reflejada en el número de parcelas de un mismo tamaño, distribuidas aleatoriamente en el área de estudio (MAGAP, 2016), Dep. -Distancia entre parcelas

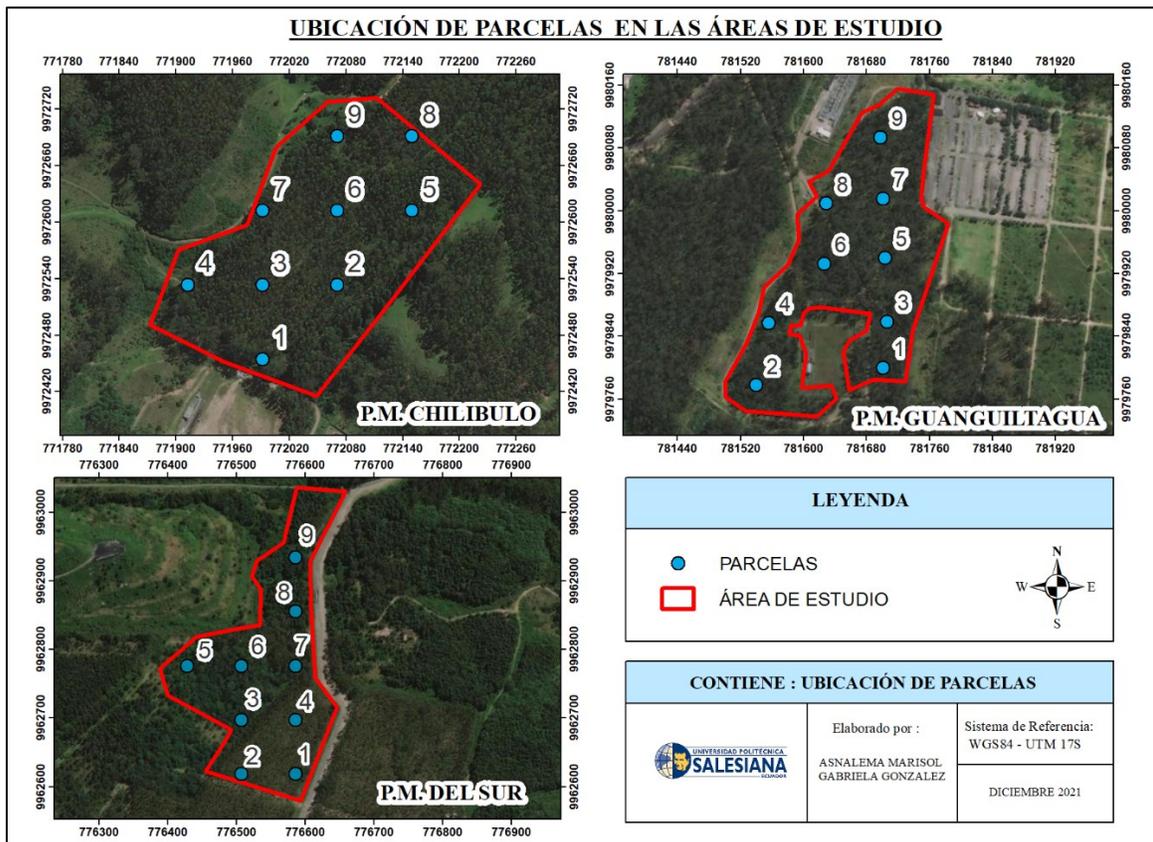
3.2.1.3 Ubicación de parcelas en el terreno. - Las parcelas de muestreo fueron ubicadas de forma aleatoria utilizando el programa ArcGIS, de donde se determinó la ubicación y centro de las parcelas. A continuación, se enlistan los pasos para la ubicación de las parcelas en el terreno:

1. Importar Shape de las áreas de estudio.
2. Convertir Shape a Raster utilizando el dato de la distancia entre parcelas.
3. Convertir el archivo Raster a archivo de puntos Shapefile
4. Calcular las Coordenadas UTM de cada parcela.

El mapa de la figura 7 representa el resultado del proceso para la ubicación de las parcelas en cada área de estudio que se mencionó anteriormente.

Figura 7

Ubicación de parcelas de muestreo en las áreas de estudio



Las Coordenadas UTM de cada parcela en las áreas de estudio se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2

Coordenadas geográficas de cada parcela de las áreas de estudio.

N.º de Parcela	Coordenada X	Coordenada Y
PARQUE METROPOLITANO CHILIBULO		
1	771990,965	9972454,98
2	772070,041	9972534,03
3	771990,98	9972534,04
4	771911,918	9972534,06
5	772149,118	9972613,07
6	772070,056	9972613,09
7	771990,994	9972613,1
8	772149,132	9972692,14
9	772070,071	9972692,15
PARQUE METROPOLITANO SUR		
1	776585,5583	9962618,651
2	776506,4983	9962618,651
3	776585,5583	9962697,711
4	776506,4983	9962697,711
5	776585,5583	9962776,771
6	776506,4983	9962776,771

N.º de Parcela	Coordenada X	Coordenada Y
7	776427,4383	9962776,771
8	776585,5583	9962855,831
9	776585,5583	9962934,891
PARQUE METROPOLITANO GUANGÜLTAGUA		
1	776585,5583	9962618,651
2	776506,4983	9962618,651
3	776585,5583	9962697,711
4	776506,4983	9962697,711
5	776585,5583	9962776,771
6	776506,4983	9962776,771
7	776427,4383	9962776,771
8	776585,5583	9962855,831
9	776585,5583	9962934,891

3.3 Medición forestal

3.3.1 Equipos y Materiales

- Aplicación Google Maps
- Cinta métrica
- Cámara fotográfica
- Cinta de Peligro
- Estacas
- Piola
- Machete
- Combo
- Balanza Granataria
- Hojas de Campo
- Fundas Platicas

3.3.2 *Establecimiento de parcelas*

- Con la aplicación Google Maps se establecieron rutas hacia las coordenadas de cada parcela.
- Se estableció un árbol central dentro de la parcela
- Cada parcela, que fue rotulado y marcado.
- Con la ayuda de una cinta métrica se midió la distancia desde el árbol central de la parcela hasta los 8,92 m correspondientes al radio.
- La parcela se va cerrando con dichas medidas con una cinta de peligro hasta crear la circunferencia.
- Después se divide la parcela en cuatro cuadrantes siendo de guía el centro de la misma

Figura 8

Delimitación de Parcelas.



Figura 9

Ubicación del centro de las parcelas y cuadrantes.



3.3.3 *Medición del Diámetro a la Altura del Pecho*

Se registra el diámetro de los árboles a la altura del pecho mediante los siguientes pasos:

- Colorar la cinta métrica en la base de árbol y llevar la media a 1,30 m de altura (Vásquez y Morales, 2019).
- En la medida de 1,30 m tomar el dato de la circunferencia a la altura del pecho.

Para obtener el DAP se utiliza la siguiente ecuación (Ramirez, 2017):

$$DAP = CAP/\pi$$

Donde:

DAP: Diámetro a la altura del pecho

CAP: Circunferencia a la altura del pecho

π : Constante Matemática 3,1416

Figura 10

Medida a 1.30 m desde el suelo



Figura 11

Medición de Diámetro a la altura del pecho



3.3.4 *Medición de la altura de la vegetación arbórea*

Corresponde al registro de la altura de los árboles desde el nivel de la superficie hasta el ápice terminal de la planta (Sarango y Tenempaguay, 2020). En este estudio se realizó la medición de las alturas por medio de la aplicación Clinómetro Forestal que determina automáticamente la altura con precisión.

- Para la utilización de esta herramienta se establecían una distancia horizontal entre el distintivo y el árbol. La distancia escogida fue de 7 metros ya que a dicha medida fue visible la copa de los árboles para la estimación de la altura.
- Una vez establecida la distancia, se apunta el dispositivo a la base del árbol y se dispara.
- Luego se lleva el apuntador a la copa de los árboles y se vuelve a disparar. Obteniendo la altura. Este proceso se realizó con tres repeticiones en cada árbol para obtener un promedio de su altura.

Figura 12

Medición de altura



3.3.5 *Recolección de hojarasca*

Las muestras de hojarasca se recolectaron para la estimación de la caga combustible de la biomasa seca como factor de riesgo de incendios forestales. La acumulación de hojarasca en el suelo es uno de los principales elementos que contribuyen a los incendios forestales, su presencia y espesor influye en la propagación del mismo, la hojarasca actúa como mecha a través de la cual se va esparciendo el incendio (Gómez A., 2011).

- Para llevar a cabo este proceso se procedió a delimitar 2 subparcelas cuadradas 1 de 1m² en cada parcela con estacas y piola.
- Una vez cerradas las subparcelas se precede con la recolección de la misma almacenando en fundas.
- Se rotulo cada funda con el número de parcela.
- Medición de la profundidad de la subparcela luego de recolectada la muestra.
- Cada muestra fue pesada, y se registró el valor en las hojas de campo.

Figura 13

Cuadrante de 1m² para recolección de hojarasca.



3.4 Fase de laboratorio

3.4.1 *Biomasa seca*

Se basa en la estimación del peso húmedo y seco de la hojarasca. El procedimiento para este fin en el laboratorio fue el siguiente.

- Se colocó la hojarasca recolectada en recipientes de aluminio
- Los recipientes con la hojarasca se colocan en el horno a una temperatura de 105 ° C durante 24 horas.
- Transcurrido el tiempo las muestras se sacaron del horno para luego ser pesadas mediante una balanza analítica, obteniendo su peso seco

Figura 14

Muestras de Hojarasca en el horno



Figura 15

Medición del peso seco



3.5 Cálculos

Para determinar la biomasa, cantidad de CO₂ emitida, y carga combustible de la hojarasca, se utilizaron las siguientes metodologías:

3.5.1 Metodología para la estimación de biomasa aérea

3.5.1.1 Área Basal. Comprende la suma de la sección transversa del fuste a la altura del DAP de los árboles por unidad de superficie (Cancino, 2012).

El área basal se calculó mediante la siguiente fórmula (Russo, 2009).

$$AB = \frac{\pi}{4} * DAP^2$$

Donde:

AB: Área Basal (m²)

DAP: Diámetro a la altura del pecho (m)

3.5.1.2 Estimación de volumen. - Esta medida es la cantidad de madera sólida más ampliamente utilizada (Cancino, 2012). El volumen por unidad de muestreo, se obtuvo de la medición del DAP y la altura del fuste de los árboles, posteriormente se expandió a la unidad de superficie utilizando el factor de forma definido por el tamaño de la unidad muestral (Jumbo et al., 2018).

El volumen del área de estudio se determinó mediante la siguiente fórmula (Jumbo et al., 2018):

$$Volumen (m^3) = AB * H * ff$$

Donde:

AB: Área basal (m²)

H: Altura total del árbol (m)

ff: Factor de forma.

En las áreas de estudio las especies arbóreas con mayor presencia fueron conífera (*Pinus Radiata*) y latifoliadas (*Acacia Melanoxylon* y *Eucalyptus Globulus*), es por esto que se aplicara un factor de forma de 0,45 y 0,5 respectivamente.

3.5.1.3 Estimación de la biomasa aérea. - Se considera biomasa como la masa total de organismos vivos en una zona o determinado volumen, la biomasa forestal se obtuvo de la multiplicación del volumen del bosque, la densidad de la madera, el factor de expansión de biomasa aérea y factor de expansión de biomasa subterránea (Jumbo et al., 2018).

El factor de expansión de la biomasa es un coeficiente que permite agregar a la biomasa de los fustes, a partir del volumen calculado y la biomasa de las ramas, hojas y raíces (Russo, 2009). Para este estudio el valor los factores de expansión y corrección fue de 1,20 para biomasa área y subterránea.

La biomasa área se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$Bf = Volumen * GE * FEBa * FEBs$$

Donde:

Bf: Biomasa Área (t)

GE: Densidad de la madera (t/m³)

FEBa: Factor de expansión de biomasa aérea (hojas, ramas)

FEBs: Factor de expansión de biomasa subterránea (raíces)

Los datos de densidad de la madera para las especies estudiadas en este estudio son las siguientes.

Tabla 3

Densidad de la madera de las especies estudiadas

Nombre común	Nombre científico	Densidad de la madera (t/m³)	Referencia
Acacia Negra	<i>Acacia melanoxylon</i>	0,60	(Sistema de Información científica Redalyc,2009)

Nombre común	Nombre científico	Densidad de la madera (t/m ³)	Referencia
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	0,53	(ENF,2014)
Pino	<i>Pinus Radiata</i>	0,48	(Chile forestal,1987)

3.5.2 Metodología para la estimación de CO2 emitido

Para la cuantificación de las posibles emisiones de CO2 producidas por incendios forestales en las áreas de estudio se utilizó la metodología recomendada por la Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC, utilizando la siguiente ecuación (Jumbo et al., 2018).

$$L_{fuego} = A * MB * C_f * G_{ef} * 10^{-3}$$

Donde:

L_{fuego} : Cantidad emisiones gas (Ton de CO2)

A: Área quemada (ha)

MB: masa de combustible disponible para la combustión (ton por ha de MB)

C_f : Factor de combustión (0,45)

G_{ef} : Factor de emisión, 1569 g*kg⁻¹ de materia seca quemada.

3.5.2.1 Factor de combustión. Es la medida de la proporción de combustible realmente quemado, varía en función del tamaño y disposición de la carga de combustible, contenido de humedad y propagación del fuego (Valero et al., 2007). Para este parámetro se utilizó el valor de

factor de combustión de la biomasa previa al incendio en bosques de zonas templadas proporcionado por la (IPCC, 2006) que es 0,45.

3.5.2.2 Factor de emisión. Aporta la cantidad del gas de efecto invernadero (en este caso CO₂) emitido por unidad de materia seca quemada (Valero et al., 2007), este factor varía en función del contenido de Carbono y grado de combustión. El valor recomendado por la (IPCC, 2006) es de 1569 g/kg.

3.5.2.3 Transformación a emisiones de Dióxido de Carbono equivalente (CO₂eq). Una vez calculadas las emisiones de CO₂, se normaliza a toneladas de dióxido de carbono equivalente CO₂eq (Bountourab y Vega, 2019). Esta es la unidad de medida utilizada para indicar el potencial de calentamiento global de los gases de efecto invernadero (Global Warming Potential, GWP). Es decir, la capacidad de un gas de contribuir al apantallamiento radiactivo durante un periodo estipulado respecto del CO₂, cuyo GWP es igual a 1 (Bountourab y Vega, 2019).

Para su cálculo se utilizó la siguiente formula.

$$CO_{2eq} = Ex * GWP$$

Donde:

CO_{2eq} : Dióxido de carbono equivalente en toneladas

Ex: Valor en toneladas de emisión por tipo de gas.

GWP: Potencial de calentamiento global (adimensional)

3.6 Metodología para la estimación de la carga combustible de la hojarasca

3.6.1 Contenido de humedad

Para la estimación de la biomasa seca, es necesario primero calcular el contenido de humedad que contiene la biomasa de la hojarasca. Dicho parámetro se calcula con la ecuación establecida por (Román et al., 2014).

$$CH = \frac{(Pf - Ps)}{Pf}$$

Donde:

CH: Contenido de humedad

Pf: Peso fresco (g)

Ps: Peso seco (g)

3.6.2 Estimación de biomasa seca

Según (Román et al., 2014) la biomasa seca hace referencia al peso de la materia orgánica de la hojarasca que está libre de humedad. Para el cálculo de la biomasa seca se utilizó la siguiente ecuación.

$$Y = \frac{(Pft) - (Pft * CH)}{1000000}$$

Donde:

Y: Biomasa seca (g)

Pft: Peso fresco total (g)

CH: Contenido de humedad

3.6.3 Estimación de la carga combustible de la biomasa seca

Los combustibles forestales constituyen uno de los componentes importantes para el manejo y control de incendios forestales. Para el cálculo de la carga de combustible de la hojarasca muestreada se usó la siguiente ecuación (Chávez et al., 2017).

$$Ch = (h) * (DA)$$

Donde:

Ch = Carga de combustible hojarasca (ton ha⁻¹).

h = Profundidad de la capa de hojarasca (cm)

DA = Densidad aparente (g ha⁻¹cm⁻¹)

El valor se divide por 1000000 para convertir g ha⁻¹ a ton ha⁻¹

La densidad aparente se estima con la siguiente ecuación.

$$\rho = \left(\frac{p}{a * h} \right)$$

Donde:

ρ : Densidad aparente (g ha⁻¹ cm⁻¹)

p: peso biomasa seca (g)

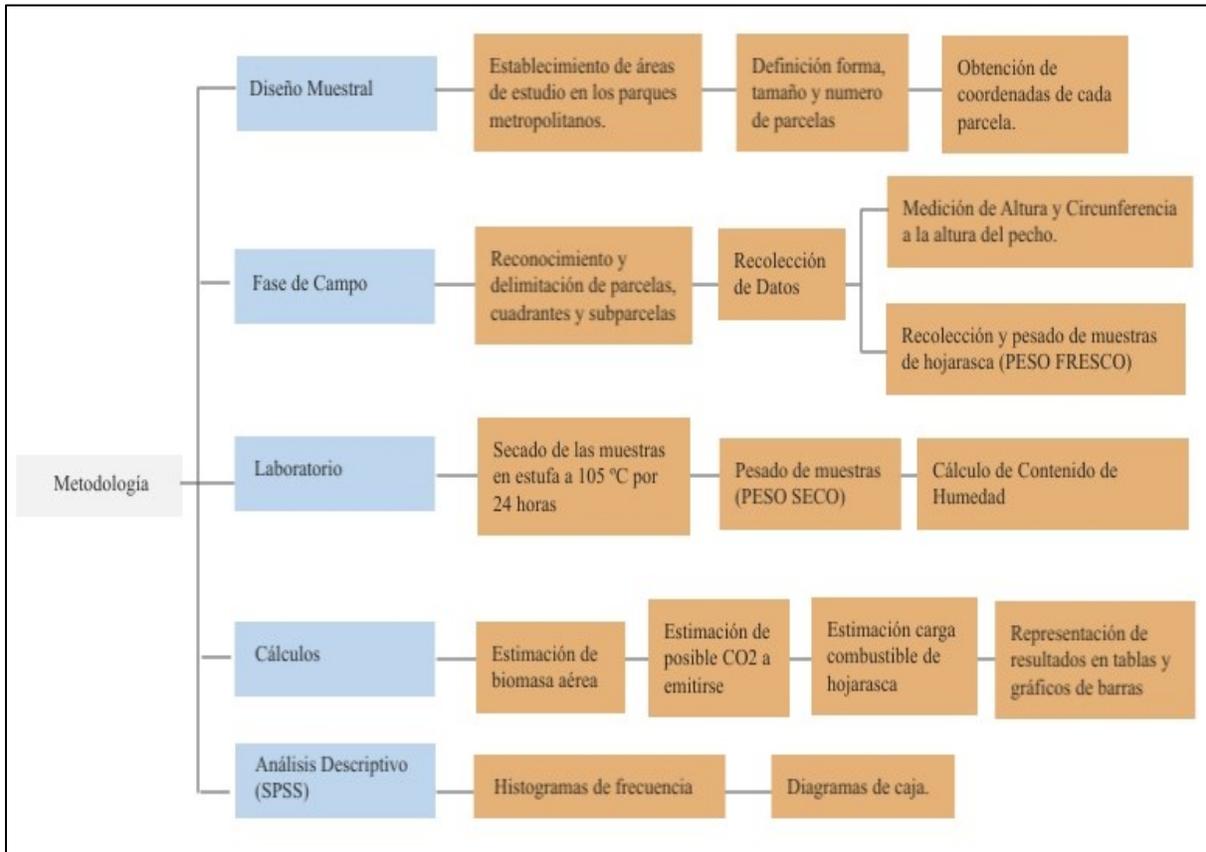
a: área del cuadro (ha)

h: Profundidad de la hojarasca (cm)

La figura 16 presenta de forma resumida la metodología aplicada para el estudio donde las principales actividades son diseño muestral, fase de campo, fase de laboratorio, cálculos, y análisis descriptivo de resultados.

Figura 16

Diagrama de flujo de la Metodología aplicada



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Contenido estimado de biomasa aérea

Las mediciones dasométricas realizadas en cada zona de estudio se realizaron con el fin de conocer la cantidad de biomasa presente antes de un posible incendio, y así estimar la posible cantidad de CO₂ a emitirse en caso de existir dicho evento.

A continuación, se muestra los resultados por parcelas de la biomasa arbórea resultante luego de aplicar los cálculos con los datos obtenidos en campo. Es importante aclarar que en las tablas que se presentan, solo se colocan las parcelas en donde se encontró la especie de la que se muestran los resultados.

4.1.1 *Eucalyptus Globulus*

4.1.1.1 P.M. Chilibulo. La biomasa resultante de la especie en las tres áreas de estudio correspondiente a los parques metropolitanos P.M Chilibulo, P.M. del Sur de Quito y P.M. Guangüiltagua se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 4

Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Eucalyptus Globulus en el P.M. Chilibulo.

Especie		<i>Eucalyptus Globulus</i>					
Ubicación		Parque Metropolitano Chilibulo					
N. parcela	TP (m2)	N. árboles	PDAP (cm)	PH(m)	PAB (m2)	V (m3)	B (ton)
Parcela 1	250	38	10,850	21,527	0,018	12,619	9,631
Parcela 2	250	39	21,031	28,816	0,044	31,724	24,212
Parcela 3	250	51	15,552	24,218	0,033	32,686	24,946

Especie		<i>Eucalyptus Globulus</i>					
Ubicación		Parque Metropolitano Chilibulo					
N. parcela	TP(m2)	N.árboles	PDAP (cm)	PH(m2)	PAB(m2)	V(m3)	B(ton)
Parcela 4	250	51	10,634	17,417	0,017	18,247	13,926
Parcela 5	250	47	15,390	30,720	0,025	21,886	16,703
Parcela 6	250	41	17,693	37,592	0,034	28,006	21,374
Parcela 7	250	43	16,746	38,093	0,035	32,275	24,633
Parcela 8	250	51	9,785	22,455	0,013	13,053	9,962
Parcela 9	250	49	14,924	28,037	0,032	33,277	25,397
Total	2250	410				223,773	170,784

Nota. TP: Tamaño de la parcela, PDAP: Promedio de Diámetro a la altura del pecho, PH: Promedio de Altura; PAB: Promedio del área basal, V: Volumen, B: Biomasa

El área total muestreada en la especie *Eucalyptus Globulus* en el P.M Chilibulo fue de 2250 m², así mismo el total de árboles medidos en la fase de campo fue de 404 de donde resulta una biomasa de 170,784 ton. La parcela número 9 es la que posee mayor biomasa con un total de 25,397 ton y la de menor biomasa es la parcela número 1 con una biomasa de 9,631 ton.

4.1.1.2 P.M. del Sur de Quito. En el Área de 1500 m² muestreados en el P.M. del Sur de Quito se encontró 196 árboles de *Eucalyptus Globulus*, resultando una biomasa total de 51,244 ton. En la tabla representada a continuación se muestran los parámetros obtenidos a través de la medición de cada individuo de dicha especie.

Tabla 5

Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Eucalyptus Globulus en el P.M. del Sur de Quito.

Especie		<i>Eucalyptus Globulus</i>						
Ubicación		Parque Metropolitano Sur						
N. Parcela	TP (m2)	N. árboles	PDAP (cm)	PH(m)	PAB (m2)	V (m3)	B (ton)	
Parcela 1	250	49	15,313	39,214	0,020	21,244	16,214	
Parcela 2	250	40	14,650	29,875	0,020	14,965	11,421	
Parcela 3	250	49	14,682	25,123	0,019	13,322	10,168	
Parcela 4	250	37	15,036	32,320	0,021	11,206	8,553	
Parcela 5	250	21	11,897	22,794	0,017	6,405	4,888	
Total	1500	196				67,143	51,244	

Nota. TP: Tamaño de la parcela, PDAP: Promedio de Diámetro a la altura del pecho, PH: Promedio de Altura; PAB: Promedio del área basal, V: Volumen, B: Biomasa

La parcela número 1 es la que mayor cantidad de biomasa aportan al poseer mayor biomasa posee con un valor de 16,214 ton, el promedio de la altura en esta parcela es mayor que el resto. El menor contenido de biomasa (4,888 ton) está en la parcela número 8 y es la parcela con menor contenido de biomasa.

4.1.1.3 P.M Guangüiltagua. El área de estudio ubicada en el Suroeste de P.M Guangüiltagua en su mayoría fueron árboles de *Eucalyptus Globulus*. Las características que se pudieron observar fueron diámetros y alturas de gran tamaño con respecto a las otras áreas estudiadas.

Tabla 6

Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Eucalyptus Globulus en el P.M.

Guangüiltagua.

Especie		<i>Eucalyptus Globulus</i>					
Ubicación		Parque Metropolitano Guangüiltagua					
N.º de Parcela	TP (m2)	N.º árboles	PDAP(m)	PH(m)	PAB (m2)	V (m3)	B (ton)
Parcela 1	250	27	16,089	25,022	0,029	14,814	11,306
Parcela 2	250	34	17,505	27,059	0,037	25,974	19,823
Parcela 3	250	33	16,059	23,652	0,032	19,903	15,190
Parcela 4	250	41	13,178	20,763	0,027	25,025	19,099
Parcela 5	250	40	19,967	27,047	0,048	33,513	25,577
Parcela 6	250	29	18,834	26,972	0,043	26,505	20,229
Parcela 7	250	33	22,457	30,138	0,054	36,675	27,991
Parcela 8	250	28	15,435	20,569	0,042	28,505	21,755
Parcela 9	250	39	20,333	27,735	0,047	37,747	28,808
Total	2250,00	304				248,661	189,778

Nota. TP: Tamaño de la parcela, PDAP: Promedio de Diámetro a la altura del pecho, PH: Promedio de Altura; PAB: Promedio del área basal, V: Volumen, B: Biomasa

La biomasa resultante de 304 árboles pertenecientes a la especie *Eucalyptus Globulus* en un área de 2250 m2 fue de 189,778 ton. La parcela con mayor biomasa corresponde al número 9 con un valor de 28,808 ton, por otro lado, la de menor cantidad de biomasa es la parcela número 1 con un total de 11,306 ton.

4.1.2 *Pinus Radiata*

Referente a la especie *Pinus Radiata* los individuos fueron escasos en las áreas del P.M. Chilibulo y P.M. Sur, sin embargo, se los ha tomado en cuenta por encontrarse dentro de las parcelas muestreadas. En el área del P.M. Guanguiltagua no se encontraron individuos de esta especie. A continuación, se muestra la tabla de datos obtenidos para la especie *Pinus Radiata*, de las diferentes zonas y parcelas donde estuvieron presentes.

4.1.2.1 P.M Chilibulo. Individuos de la especie *Pinus Radiata* en el área de estudio del P.M. Chilibulo se encontraron presentes solo en las parcelas 1, 2 y 6. En la siguiente tabla se muestra el total de biomasa para los individuos de las parcelas.

Tabla 7

Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Pinus Radiata en el P.M. Chilibulo.

Especie		<i>Pinus Radiata</i>					
Ubicación	Parque Metropolitano Chilibulo						
N.º de Parcela	TP (m2)	N.º Arboles	PDAP(m)	PH(m)	PAB (m2)	V (m3)	B (ton)
Parcela 1	250	5	15,427	16,275	0,023	1,236	0,854
Parcela 2	250	3	20,955	16,579	0,048	1,628	1,125
Parcela 6	250	1	5,732	23,530	0,003	0,027	0,019
Total	750	9				2,891	1,998

Nota. TP: Tamaño de la parcela, PDAP: Promedio de Diámetro a la altura del pecho, PH: Promedio de Altura; PAB: Promedio del área basal, V: Volumen, B: Biomasa

El total de árboles encontrados en las tres parcelas fue de 9 árboles, que aportan 1,998 ton de biomasa. El total de área muestreada es de 750 correspondiente al área de las tres parcelas. En la parcela número 6 se encontró solo un individuo de esta especie.

4.1.2.2 P.M. del Sur de Quito. El número de individuos en el área de estudio fue de cuatro, ubicados en las parcelas 1 y 2 como se muestra en tabla 8 representada a continuación.

Tabla 8

Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Pinus Radiata en el P.M. del Sur de Quito.

Especie		<i>Pinus Radiata</i>					
Ubicación		Parque Metropolitano Sur					
N.º de Parcela	TP (m2)	N.º Árboles	PDAP(m)	PH(m)	PAB (m2)	V (m3)	B (ton)
Parcela 1	250	2	33,439	32,055	0,090	2,664	1,842
Parcela 2	250	2	20,064	18,007	0,032	0,509	0,352
Total	500	4				3,173	2,193

Nota. TP: Tamaño de la parcela, PDAP: Promedio de Diámetro a la altura del pecho, PH: Promedio de Altura; PAB: Promedio del área basal, V: Volumen, B: Biomasa

La biomasa que aportan los individuos de *Pinus Radiata* es de 2,193 ton en un área de 250 correspondiente a las dos parcelas donde fueron encontrados. Los individuos de la parcela número 1 poseen mayor altura.

4.1.3 *Acacia Melanoxylon*

La especie *Acacia Melanoxylon* estuvo presente en dos de las áreas de estudio, con mayor cantidad de árboles el área del P.M. Sur de Quito y en menor cantidad en el P.M. Guangüiltagua. A continuación, se representan los resultados de biomasa para esta especie.

4.1.3.1 P.M del Sur de Quito. El área de las parcelas en las que se encontró esta especie en el P.M. del sur de Quito corresponde a 1500 m².

Tabla 9

Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Acacia Melanoxylon en el P.M. del Sur de Quito.

Especie		Acacia Melanoxylon					
Ubicación		Parque Metropolitano Sur					
N.º de Parcela	TP (m²)	N.º Árboles	PDAP(m)	PH(m)	PAB (m²)	V (m³)	B (ton)
Parcela 4	250	21	13,573	16,049	0,017	3,498	3,022
Parcela 5	250	17	9,292	20,358	0,009	1,551	1,305
Parcela 6	250	37	15,812	18,014	0,025	11,033	9,533
Parcela 7	250	37	11,497	14,226	0,012	4,187	3,618
Parcela 8	250	43	15,248	17,841	0,020	8,939	7,723
Parcela 9	250	41	15,398	17,837	0,023	10,588	9,148
Total	1500	196				39,795	34,348

Nota. TP: Tamaño de la parcela, PDAP: Promedio de Diámetro a la altura del pecho, PH: Promedio de Altura; PAB: Promedio del área basal, V: Volumen, B: Biomasa

El total de árboles de *Acacia Melanoxylon* dentro del área muestreada es de 196, la biomasa total tiene un valor de 34,348 ton. Siendo la parcela número 6 la de mayor cantidad con un total de 9,533 ton y la parcela número 5 la de menor valoración con un total de 1,305 ton.

4.1.3.2 P.M Guangüiltagua. La especie *Acacia Melanoxylon* fue encontrada en las parcelas número 3,5, 6 y 9, de donde se obtuvo un total de 36 árboles muestreados ubicados en

1000 m² perteneciente al área de las parcelas nombradas. La siguiente tabla muestra los parámetros obtenidos para el cálculo de biomasa en esta sección.

Tabla 10

Parámetros obtenidos del cálculo de biomasa de Acacia Melanoxylon en el P.M. Guangüiltagua.

Especie		<i>Acacia Melanoxylon</i>					
Ubicación		Parque Metropolitano Guangüiltagua					
N.º de Parcela	TP (m²)	N.º Arboles	PDAP(m)	PH(m)	PAB (m²)	V (m³)	B (ton)
Parcela 3	250	12	9,262	14,344	0,011	1,411	1,219
Parcela 5	250	5	10,255	17,747	0,013	0,737	0,636
Parcela 6	250	10	6,975	16,438	0,005	0,561	0,485
Parcela 9	250	9	12,155	22,900	0,015	1,875	1,620
Total	1000	36				4,584	3,960

Nota. TP: Tamaño de la parcela, PDAP: Promedio de Diámetro a la altura del pecho, PH: Promedio de Altura; PAB: Promedio del área basal, V: Volumen, B: Biomasa

El total de biomasa para esta especie en el área del P.M. Guangüiltagua es de 3,960 ton. Siendo la parcela número 9 la que posee mayor biomasa con 1,619 ton, por otro lado, la parcela número 6 con un valor de 0,485 ton corresponde a la que posee menor cantidad de biomasa de *Acacia Melanoxylon*.

4.2 Biomasa total disponible para la combustión

Una vez estimada la biomasa de cada especie, y contenido biomasa seca en las zonas de estudio, se sumaron estos valores en cada P.M. obteniendo el parámetro de Masa Combustible disponible para la combustión (Mg/ha).

Los promedios de biomasa disponible para la combustión son de 19,330 ton/ha en el Área del P.M. Chilibulo, 9,919 ton/ha en el Área del P.M. del Sur de Quito, y de 21,667 ton/ha en el Área del P.M. Guangüiltagua.

Tabla 11:

Cantidad de Biomasa y Masa Total Disponible para la Combustión.

Área PM	Eucalipto (Ton)	Pino (Ton)	Acacia (Ton)	Hojarasca (Ton)	MB (Ton)
Chilibulo	170,784	1,998	0,000	1,189	173,971
Sur de Quito	51,244	2,193	34,348	1,489	89,274
Guangüiltagua	189,778	0,000	3,960	1,261	194,999

Nota. Área P.M. hace referencia a la ubicación de cada área estudiada en los parques metropolitanos, Masa de combustible disponible para la combustión. Incluye biomasa aérea y hojarasca.

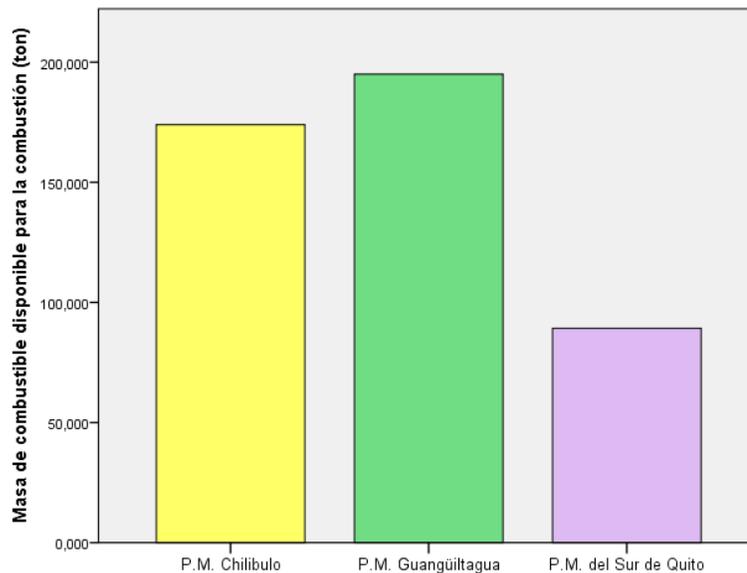
El área con mayor masa disponible para la combustión corresponde a la del P.M. Guangüiltagua, donde la mayor aportación a este valor es la biomasa de *Eucalyptus Globulus* con una biomasa total de 189,778 ton seguido de *Acacia Melanoxylon* en menor proporción con un valor de 3,960 ton. Del P.M Chilibulo se obtuvo una masa disponible para la combustión de 173,971 ton de donde 1,998 ton corresponden a la especie *Pinus Radiata* y 170,784 ton a *Eucalyptus Globulus*. A demás en el área de estudio del P.M. del sur de Quito fue la que menor cantidad de masa disponible para la combustión posee con un total de 89,274 ton siendo *Eucalyptus*

Globulus y *Acacia Melanoxylon* las de mayor aporte de biomasa con un valor de 51,244 y 34,348 ton respectivamente y 2,193 ton correspondiente a *Pinus Radiata*.

Para determinar la biomasa seca de cada parcela es decir 250 m², se realizó una regla de tres con el valor de la suma de los dos cuadrantes (2 m²) de muestreo ya calculados, obteniendo así una aproximación de biomasa seca por parcela.

Figura 17

Gráfico comparativo de las Áreas de estudio con respecto a MB.



4.3 Contenido estimado de CO₂ a emitirse

A continuación, se presentan los resultados de contenido de carbono por parcela muestreada en las tres zonas de estudio. La variabilidad de emisión de CO₂ encontrados en las parcelas muestreadas de las diferentes áreas de estudio se deben a la presencia de biomasa. Es decir, a mayor presencia de biomasa disponible para la combustión en una parcela u otra, habrá mayor o menor emisión de CO₂.

El parámetro MB es la suma de biomasa de todas las especies más el contenido de biomasa seca por parcela. La cantidad de posible emisión de CO₂ está distribuida en parcelas de acuerdo a las siguientes tablas.

4.3.1 Emisión de CO₂ P.M. Chilibulo

La cantidad de emisión de CO₂ en el área de estudio del P.M. Chilibulo es de 27,637 ton equivalente a 122,637 ton/ha de CO₂ en el área muestreada.

Tabla 12:

Parámetros obtenidos para determinar la posible emisión de CO₂ en el área del P.M. Chilibulo.

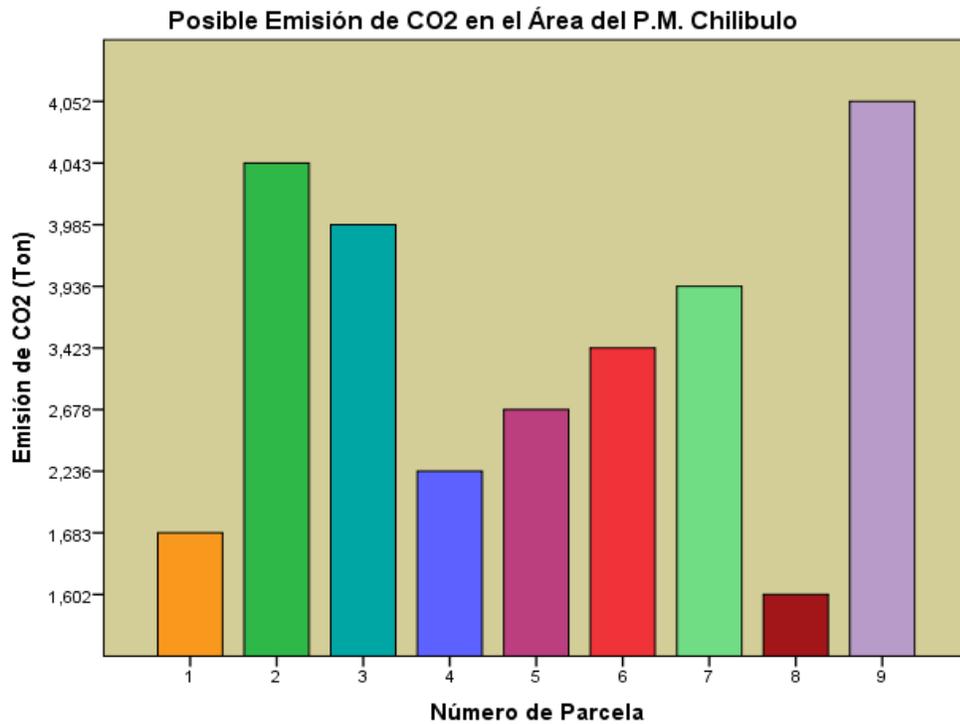
Ubicación						
Parque Metropolitano Chilibulo						
N.º de Parcela	TP (ha)	MB (ton)	C _f	C _{ef} (g * kg-1)	L fuego (ton)	CO ₂ eq (ton)
Parcela 1	0,225	10,597	0,45	1569	1,683	1,683
Parcela 2	0,225	25,449	0,45	1569	4,043	4,043
Parcela 3	0,225	25,085	0,45	1569	3,985	3,985
Parcela 4	0,225	14,074	0,45	1569	2,236	2,236
Parcela 5	0,225	16,857	0,45	1569	2,678	2,678
Parcela 6	0,225	21,544	0,45	1569	3,423	3,423
Parcela 7	0,225	24,774	0,45	1569	3,936	3,936
Parcela 8	0,225	10,087	0,45	1569	1,602	1,602
Parcela 9	0,225	25,504	0,45	1569	4,052	4,052
Total	2,025	173,971			27,637	27,637

Nota. TS: Tamaño de parcela, MB: masa de combustible disponible para la combustión, C_f: Factor de combustión, C_{ef}: Factor de emisión, L_{fuego}: Cantidad emisiones gas.

De acuerdo con la tabla 12 y la figura 18 la mayor emisión de CO2 se produciría en la parcela número 9 con un valor de 4,052 ton, en cambio la número 8 emitiría menor cantidad de CO2 con un valor de 1,602 ton.

Figura 18

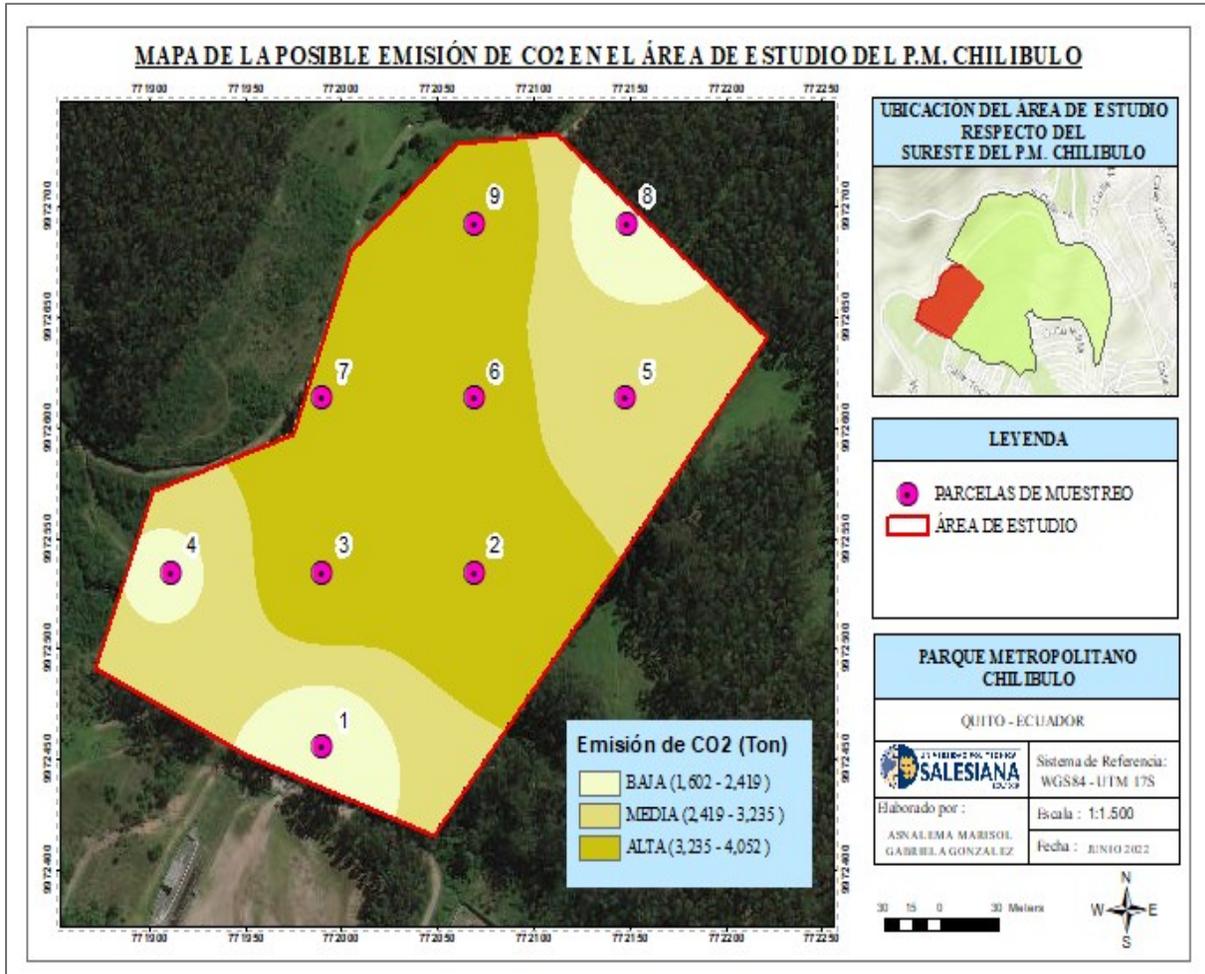
Contenido de emisión de CO2 de cada parcela en el área del P.M. Chilibulo.



La figura 19 muestra la posible cantidad de Co2 a emitirse en categorías. En un rango de 1,602 a 4,052 ton. La parcela 2 es la que muestra una emisión alta, parcelas 7 y 9 emisión media, y parcelas 1,3,4,5,6, y 8 emisión baja.

Figura 19

Mapa de posible cantidad de CO₂ por parcela Área del P.M. Chilibulo.



4.3.2 Emisión de CO₂ P.M. del Sur de Quito

La cantidad estimada de emisión de CO₂ en el área de estudio muestreada del P.M. del Sur de Quito es de 14,182 ton de CO₂ equivalente a 63,032 ton/ha de CO₂, la cantidad de emisión de CO₂ está distribuida en 9 parcelas.

Los detalles de los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13*Parámetros obtenidos para determinar la cantidad de emisión de CO2 P.M. del Sur de Quito*

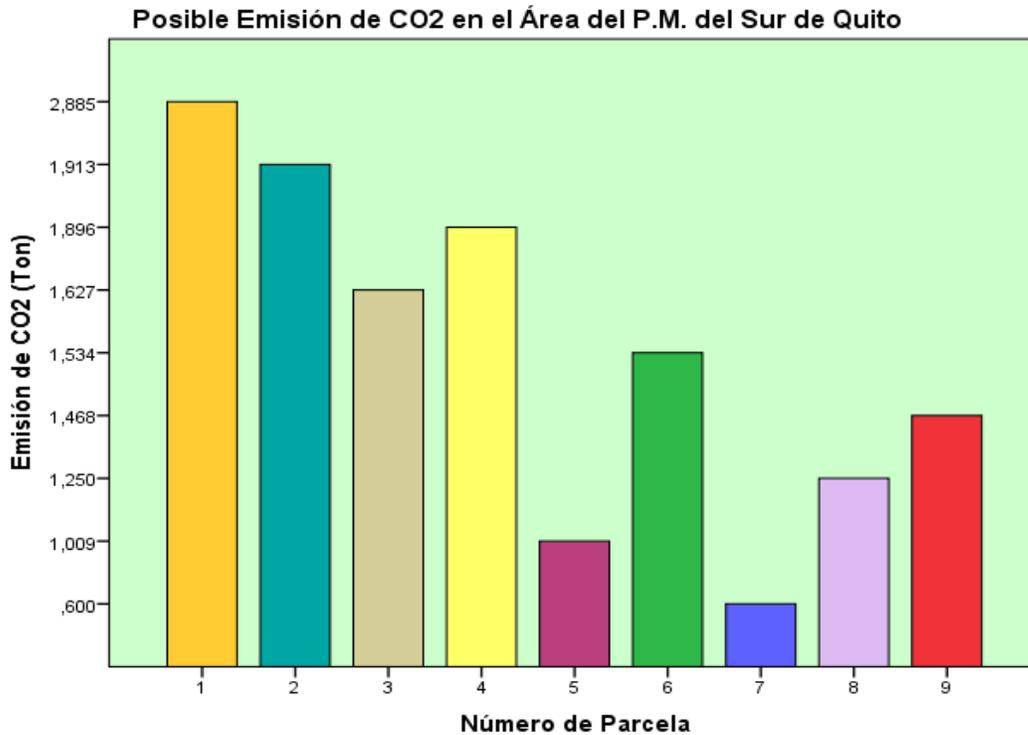
Ubicación Parque Metropolitano del Sur de Quito						
N° de Parcela	TP (ha)	MB (ton)	Cf	Cef (g * kg-1)	L fuego (ton)	CO2 eq (ton)
Parcela 1	0,225	18,160	0,45	1569	2,885	2,885
Parcela 2	0,225	12,044	0,45	1569	1,913	1,913
Parcela 3	0,225	10,244	0,45	1569	1,627	1,627
Parcela 4	0,225	11,936	0,45	1569	1,896	1,896
Parcela 5	0,225	6,350	0,45	1569	1,009	1,009
Parcela 6	0,225	9,658	0,45	1569	1,534	1,534
Parcela 7	0,225	3,777	0,45	1569	0,600	0,600
Parcela 8	0,225	7,868	0,45	1569	1,250	1,250
Parcela 9	0,225	9,238	0,45	1569	1,468	1,468
Total	2,025	89,274			14,182	14,182

Nota. TS: Tamaño de parcela, MB: masa de combustible disponible para la combustión, C_f : Factor de combustión, C_{ef} : Factor de emisión, L_{fuego} : Cantidad emisiones gas.

De acuerdo con la tabla 13 y figura 20 la mayor cantidad de emisión de CO2 se encuentra en la parcela número 1 con un total de 2,885 ton, y la emisión más baja la parcela 7 con un valor de 0,600 ton, esta además es la parcela que menor masa disponible para la combustión posee.

Figura 20

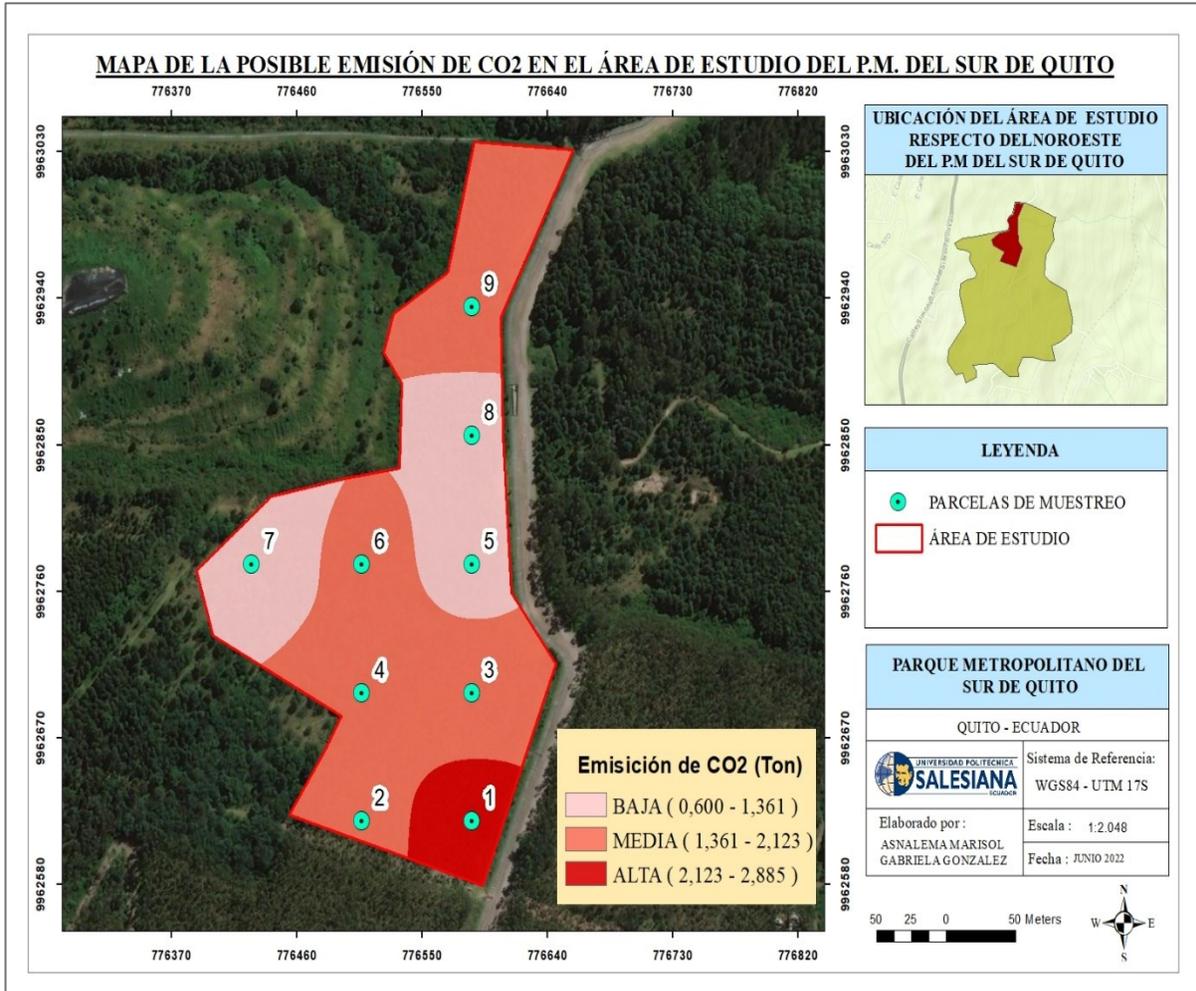
Cantidad de CO2 a emitirse área de estudio P.M. del Sur de Quito.



La figura 21 muestra la posible cantidad de Co2 a emitirse en categorías de acuerdo a cada parcela del área de estudio del P.M. del Sur de Quito. En un rango de 0,600 a 2,885 ton., la parcela número 1 es la que muestra una emisión alta, parcelas 7,5 y 8 emisión media y el resto de parcelas presentan emisión de CO2 baja.

Figura 21:

Mapa de posible cantidad de CO2 por parcela Área del P.M. del Sur de Quito.



4.3.3 Emisión de CO2 P.M. Guangüiltagua

En base a los datos obtenidos en campo la posible cantidad de CO2 a emitirse en el área de estudio muestreada del P.M. Guangüiltagua es de 31,123 ton equivalente a 137,679 ton/ha de CO2

Tabla 14*Parámetros obtenidos para determinar la cantidad de emisión de CO2 P.M. Guangüiltagua.*

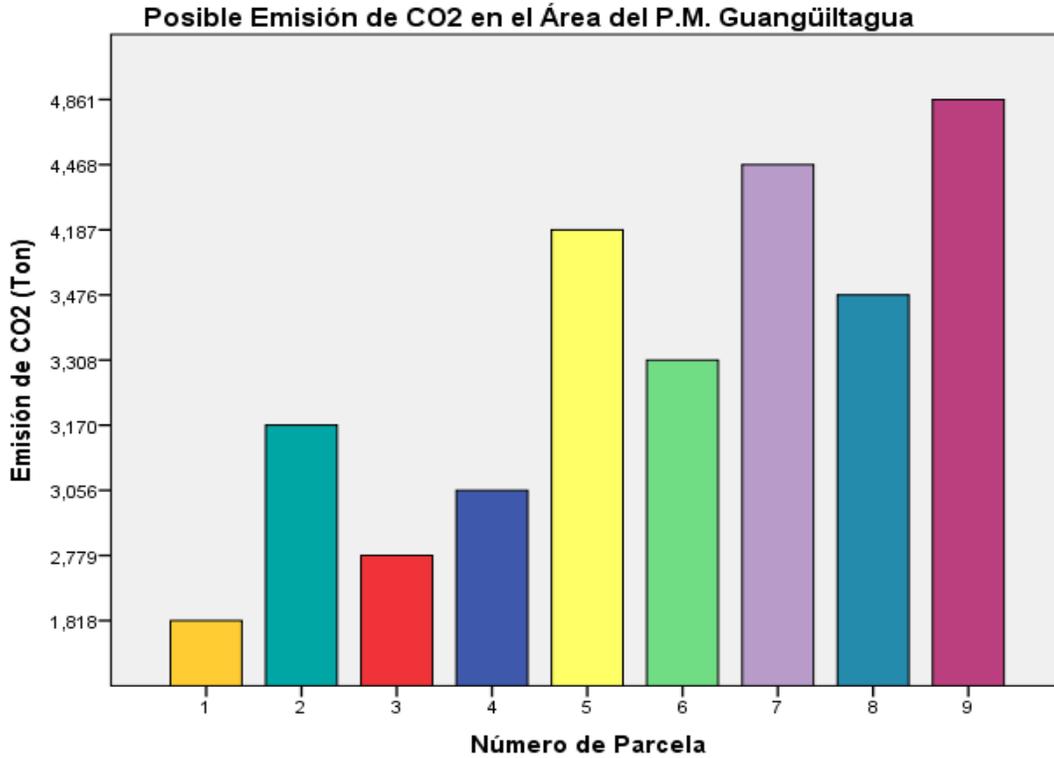
Ubicación						
Parque Metropolitano Guangüiltagua						
N.º de Parcela	TP (ha)	MB (ton)	C_f	C_{ef} (g * kg-1)	L fuego (ton)	CO2 eq (ton)
Parcela 1	0,225	11,446	0,45	1569	1,818	1,818
Parcela 2	0,225	19,953	0,45	1569	3,170	3,170
Parcela 3	0,225	16,584	0,45	1569	2,635	2,635
Parcela 4	0,225	19,236	0,45	1569	3,056	3,056
Parcela 5	0,225	26,357	0,45	1569	4,187	4,187
Parcela 6	0,225	20,826	0,45	1569	3,308	3,308
Parcela 7	0,225	28,124	0,45	1569	4,468	4,468
Parcela 8	0,225	21,878	0,45	1569	3,476	3,476
Parcela 9	0,225	30,596	0,45	1569	4,861	4,861
Total	2,025	194,999			30,978	30,978

Nota. TS: Tamaño de parcela, MB: masa de combustible disponible para la combustión, C_f : Factor de combustión, C_{ef} : Factor de emisión, L_{fuego} : Cantidad emisiones gas.

La cantidad de emisión calculada y representada en la tabla 14 y figura 22, está distribuida en 9 parcelas de donde la parcela 9 es la que mayor emisión de CO2 posee con un valor de 4,861 ton esta parcela además es la que mayor cantidad material combustible posee, en cambio la parcela número 1 es la de menor emisión con un valor de 1,818 ton de CO2.

Figura 22

Posible Cantidad de CO2 a emitirse en el área de estudio del P.M. Gungüiltagua.

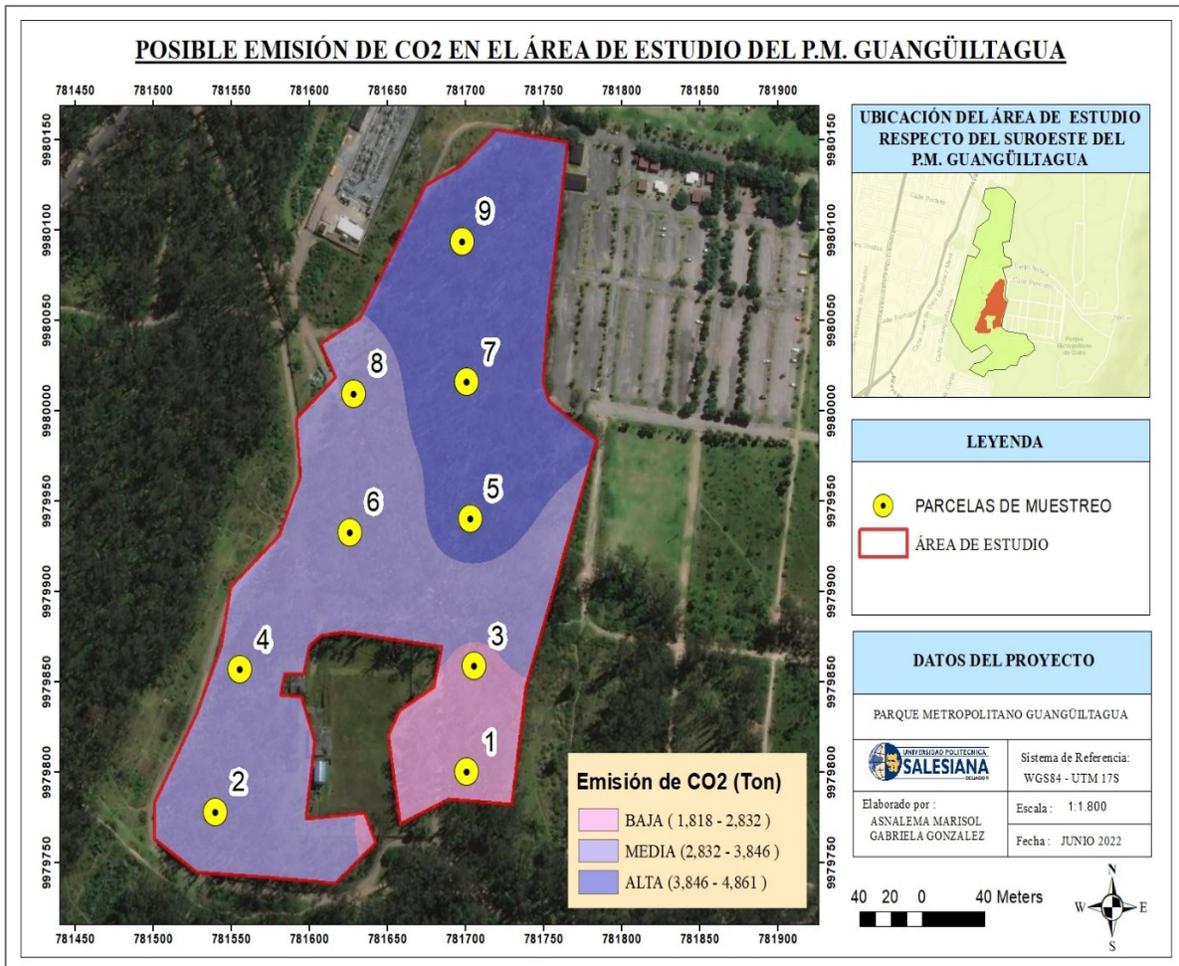


La figura 23 muestra la posible cantidad de Co2 a emitirse en categorías de acuerdo a cada parcela. En un rango de 1,818 a 4,861 ton., las parcelas 7,8 y 9 poseen una emisión alta de CO2, las parcelas 1 y 3 emisión baja y las parcelas sobrantes emisión media.

A continuación, se muestra la representación la figura 19 en un mapa de categorías de posible emisión de CO2 para esta área de estudio.

Figura 23

Mapa de posible cantidad de CO₂ por parcela Área del P.M. Guanguiltagua.



4.4 Contenido de carga combustible de la hojarasca

A continuación, se presentan los resultados de los cálculos realizados mediante la recolección y procesamiento de las muestras de hojarasca. En donde se pudo determinar parámetros como contenido de humedad, biomasa seca y carga combustible de la hojarasca.

Los resultados del parámetro carga combustible son presentados en unidades de toneladas/hectárea.

4.4.1 P.M. Chilibulo

El promedio de carga combustible de los 18 m² muestreados dentro del área de estudio es de 10,565 ton/ha.

Tabla 15

Parámetros obtenidos para determinar la carga combustible de la hojarasca en el área del P.M. Chilibulo.

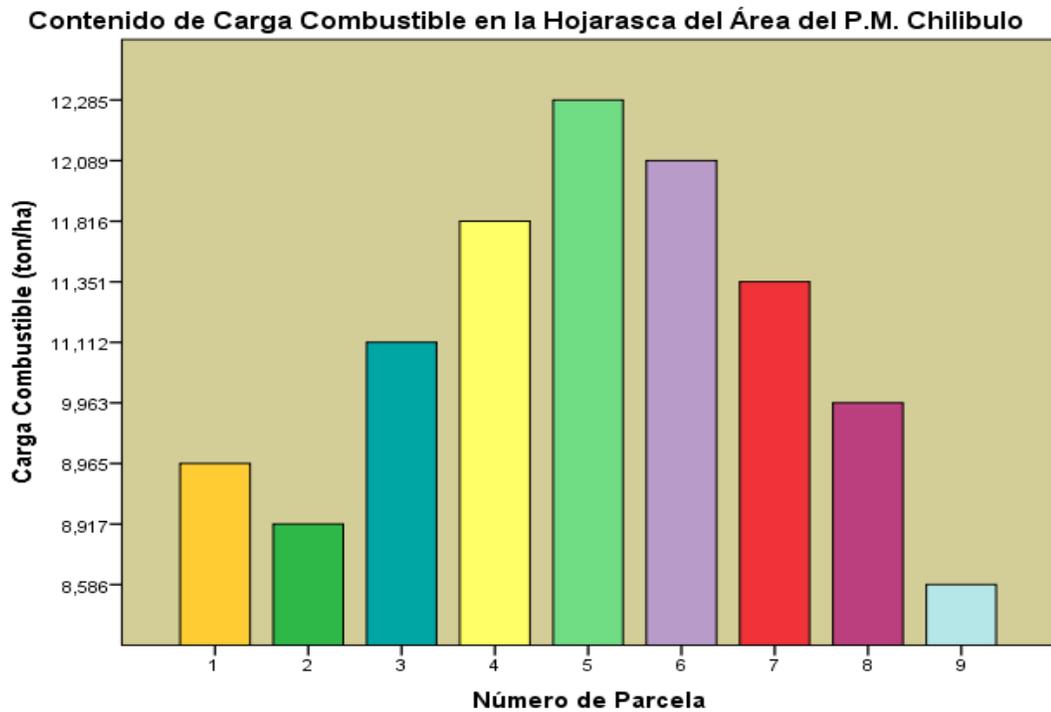
Parque Metropolitano Chilibulo						
Sitio de Muestreo	NS	TC (m²)	AM (m²)	CH	BS (kg)	CC (ton/Ha)
Parcela 1	2	1	2	0,985	0,897	8,965
Parcela 2	2	1	2	0,881	0,892	8,917
Parcela 3	2	1	2	0,993	1,111	11,112
Parcela 4	2	1	2	0,746	1,182	11,816
Parcela 5	2	1	2	0,709	1,229	12,285
Parcela 6	2	1	2	0,662	1,209	12,089
Parcela 7	2	1	2	0,808	1,135	11,351
Parcela 8	2	1	2	0,983	0,996	9,963
Parcela 9	2	1	2	1,009	0,859	8,586
TOTAL	18		18		9,508	10,565

Nota. NC: Número de subparcela, TS: Tamaño de subparcela, AM: Área muestreada, CH: Contenido de humedad, BS: Biomasa Seca, CC: Carga Combustible.

De acuerdo a la Tabla 15 y la figura 24, la parcela número 6 con un total de 12,285 ton/ha, es la que mayor cantidad de carga combustible posee con respecto al contenido de hojarasca. La parcela de menor carga combustible es la número 9 con un total de 8,586 ton/ha.

Figura 24

Cantidad de carga combustible de la hojarasca de cada parcela analizada en el área del P.M. Chilibulo



4.4.2 P.M. del Sur de Quito

La siguiente tabla se presentas los resultados para el muestreo realizado en el P.M. del Sur de Quito, dando un promedio de carga combustible 13,239 ton/ha.

Tabla 16

Parámetros obtenidos para determinar la carga combustible de la hojarasca en el área del P.M. del Sur de Quito.

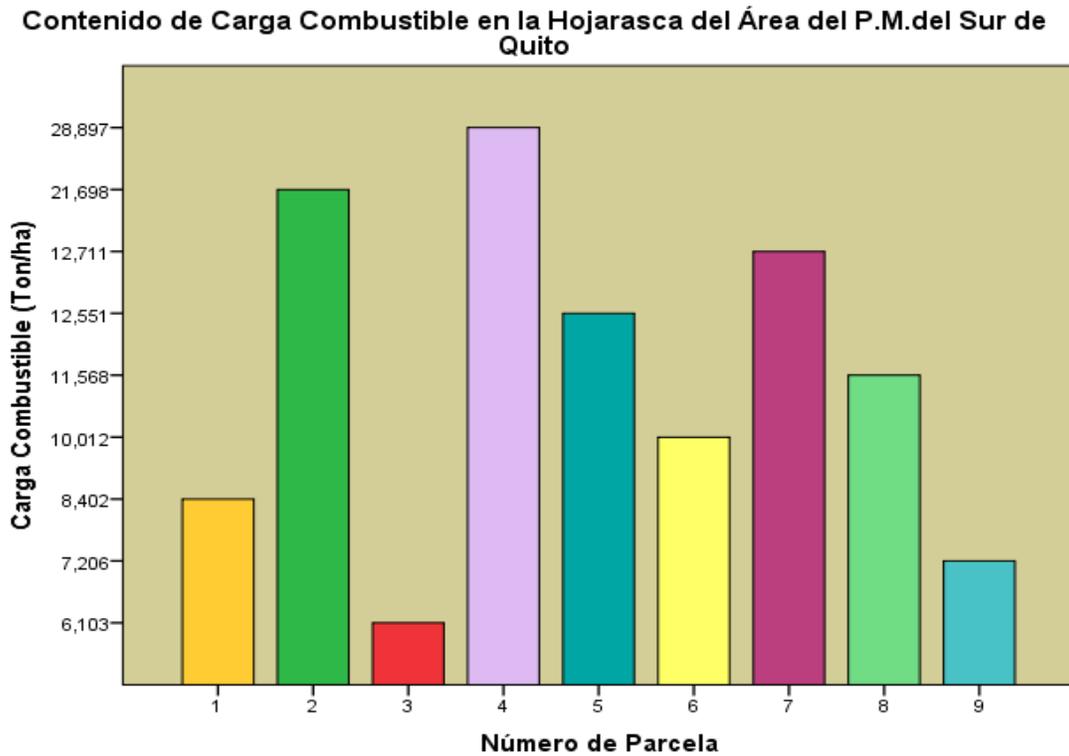
Parque Metropolitano del Sur de Quito						
Sitio de Muestreo	NC	TC (m2)	AM (m2)	CH	BS (kg)	CC (ton/Ha)
Parcela 1	2	1	2	1,055	0,840	8,402
Parcela 2	2	1	2	0,927	2,170	21,698
Parcela 3	2	1	2	0,956	0,610	6,103
Parcela 4	2	1	2	1,016	2,890	28,897
Parcela 5	2	1	2	1,215	1,255	12,551
Parcela 6	2	1	2	1,269	1,001	10,012
Parcela 7	2	1	2	0,964	1,271	12,711
Parcela 8	2	1	2	0,932	1,157	11,568
Parcela 9	2	1	2	1,177	0,721	7,206
TOTAL	18		18		11,915	13,239

Nota. NC: Número de subparcela, TS: Tamaño de subparcela, AM: Área muestreada, CH: Contenido de humedad, BS: Biomasa Seca, CC: Carga Combustible.

Según los resultados de la tabla 16 y como se representa en la figura 25, las parcelas número 2 y 4 son las que presentan mayor carga combustible con valores de 21,698 y 28,897 ton respectivamente. Por el contrario, en la parcela número 3 posee menor carga combustible siendo su valor 6,103 ton.

Figura 25

Cantidad de carga combustible de la hojarasca de cada parcela analizada en el área del P.M. del Sur de Quito



Esta área fue la que mayor cantidad de carga combustible posee ya que gran parte de los árboles muestreados corresponden a la especie *Acacia Melanoxylon* que se caracterizaron por su fuste coposo, por lo tanto, hubo mayor cantidad de hojarasca recolectada.

4.4.3 P.M. Guiangüiltagua

La carga combustible promedio en el área de 18 m² de hojarasca muestreada es de 11,208 ton/ha.

Tabla 17

Parámetros obtenidos para determinar la carga combustible de la hojarasca en el área del P.M. del Guangüiltagua.

Parque Metropolitano Guangüiltagua						
Sitio de Muestreo	NC	TC (m2)	AM (m2)	CH	BS (kg)	CC (ton/Ha)
Parcela 1	2	1	2	1,056	1,116	11,161
Parcela 2	2	1	2	1,034	1,036	10,355
Parcela 3	2	1	2	0,805	1,395	13,948
Parcela 4	2	1	2	0,829	1,097	10,972
Parcela 5	2	1	2	0,223	1,144	11,438
Parcela 6	2	1	2	0,609	0,902	9,018
Parcela 7	2	1	2	0,840	1,064	10,640
Parcela 8	2	1	2	1,024	0,990	9,896
Parcela 9	2	1	2	0,725	1,344	13,443
TOTAL	18		18		10,087	11,208

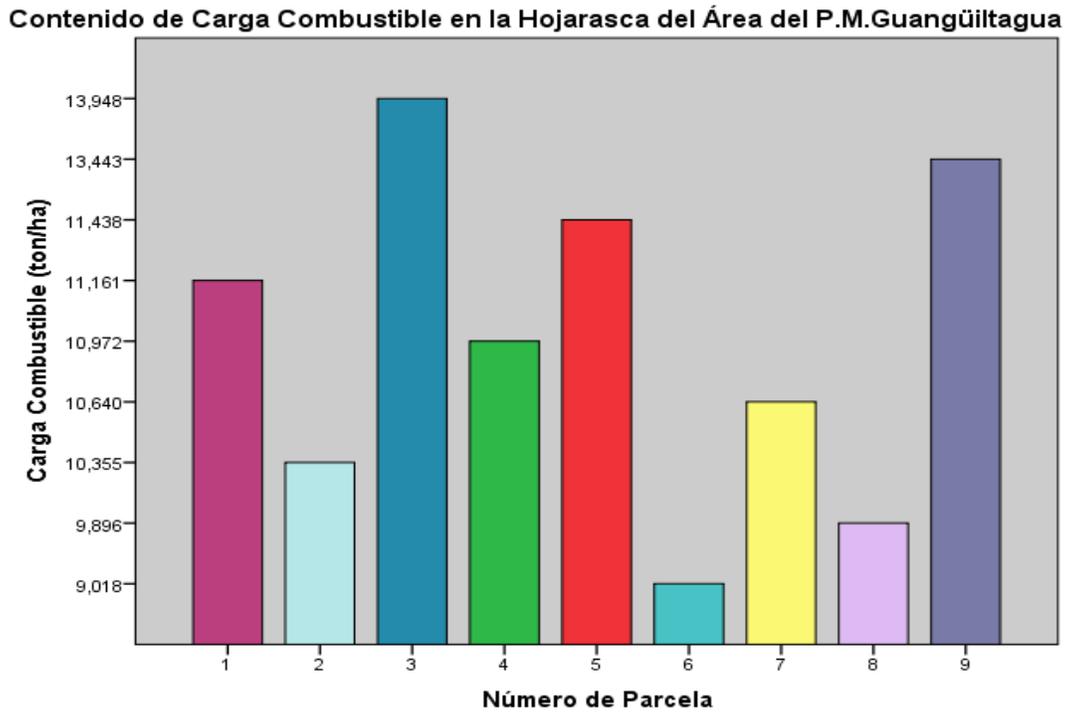
Nota. NC: Número de subparcela, TS: Tamaño de subparcela, AM: Área muestreada, CH: Contenido de humedad, BS: Biomasa Seca, CC: Carga Combustible.

Según la tabla 17 y figura número 26 la parcela con mayor carga combustible es la numero 3 con un valor de 13,948 ton, y la de menor carga es la parcela número 7 con un valor de 9,018 ton.

Figura 26

Cantidad de carga combustible de la hojarasca de cada parcela analizada en el área del P.M.

Guangüiltagua



4.5 Análisis descriptivo

Para realizar el análisis descriptivo de los datos obtenidos de biomasa aérea, posible emisión de CO₂, y carga combustible de la hojarasca en las zonas de estudio, se utilizó el programa estadístico SPSS (Paquete estadístico para las ciencias sociales). En esta parte del estudio, se analizaron los datos más relevantes encontrados en el muestreo.

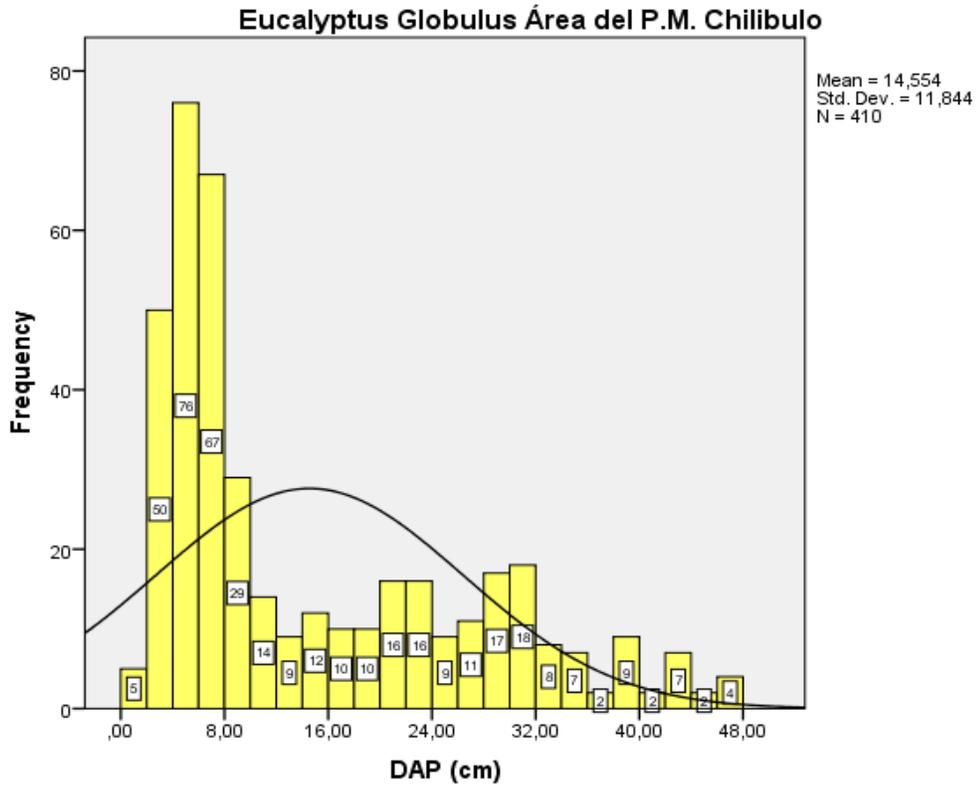
4.5.1 Histogramas del DAP de *Eucalyptus Globulus* en el área del P.M. Chilibulo, Sur de Quito y Guangüiltagua.

4.5.1.1 P.M. Chilibulo. El cálculo de diámetro a la altura del pecho se obtuvo de la medición de la circunferencia de 410 árboles de *Eucalyptus Globulus*. La visualización de la figura

27 muestra que el valor medio del diámetro a la altura del pecho de 14,554 m, mediana de 8,519, moda 4,140 y una desviación estándar de 11,844.

Figura 27

Histograma de frecuencias de DAP de Eucalyptus Globulus P.M. Chilibulo.

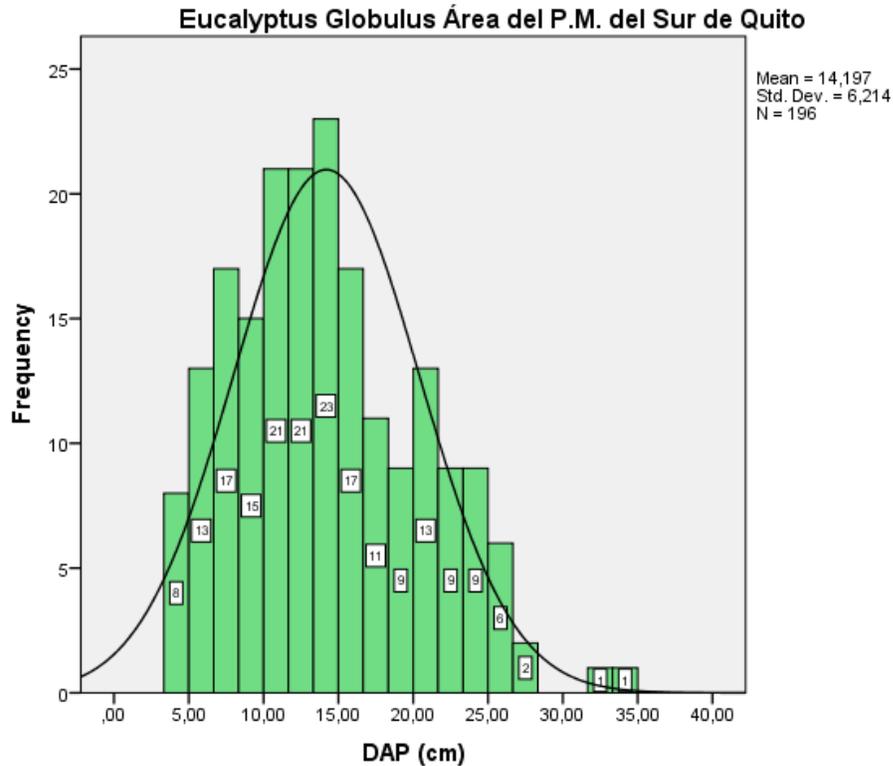


La mayor conglomeración de individuos tiene un DAP de entre 2 a 32 cm, la mayor frecuencia es de 76 individuos que equivale al 18,537 % del total con un rango de 4 a 6 cm. Según la curva de la figura 27 la distribución de los datos posee un sesgo a la derecha, es decir la mayoría de datos se acumulan al inicio del histograma.

4.5.1.2 P.M. del Sur de Quito. El total de árboles analizados de *Eucalyptus Globulus* en el P.M del Sur de Quito fue de 196. Según la figura 28 los datos tienen una media de 14,197, una mediana de 13,376, moda 10,191 y desviación estándar de 6,214.

Figura 28

Histograma de frecuencias de DAP de Eucalyptus Globulus P.M. del Sur de Quito

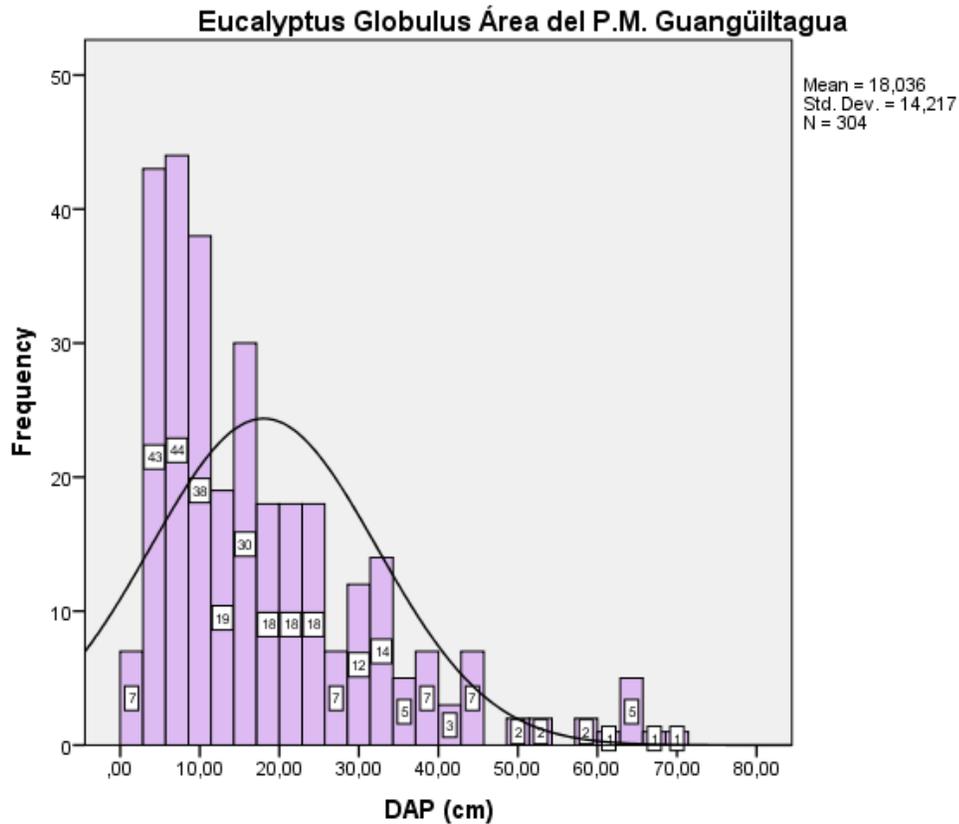


La mayor frecuencia es de 23 individuos que corresponde al 11,735 % del total de datos analizados que se encuentran en un rango de 13 a 15 cm, la mayoría de diámetro a la altura del pecho están conglomerados en un rango de 4 a 21 cm. Según la curva de la figura 28 la distribución de los datos posee un sesgo a la derecha.

4.5.1.3 P.M. Guanguiltagua. El total mediciones de DAP analizados fue de 304 correspondientes a árboles de la especie *Eucalyptus Globulus*. La visualización de la figura 29 muestra que el valor medio del diámetro a la altura del pecho de 18,036 m, mediana de 14,331, moda 7,325 y una desviación estándar de 14,217.

Figura 29

Histograma de frecuencias de DAP de Eucalyptus Globulus P.M. Guangüiltagua



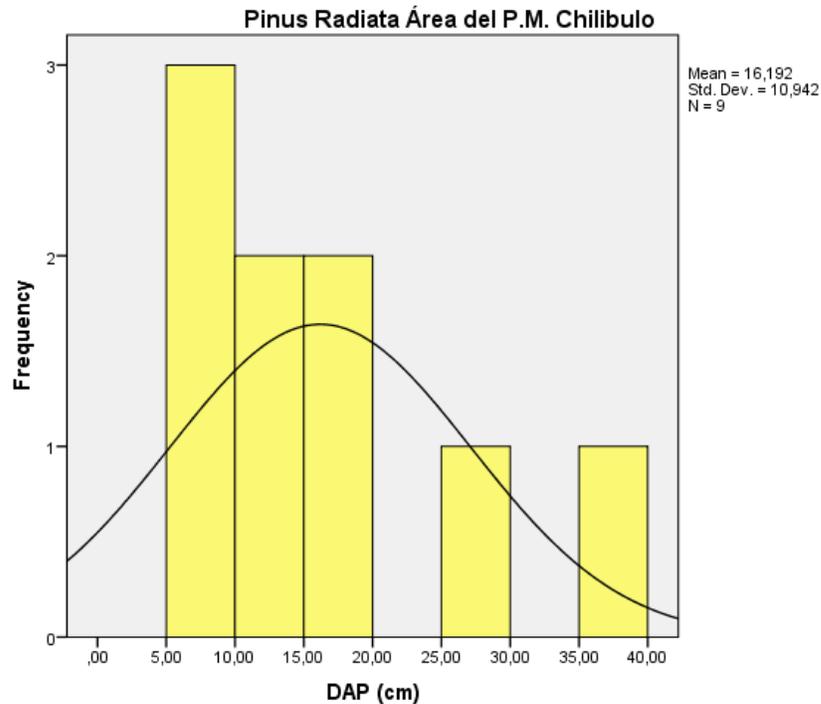
La mayor conglomeración de individuos tiene un DAP de entre 0,0 a 36 cm, la mayor frecuencia es de 44 individuos que equivale al 24,252 % del total en un rango de 5 a 8 cm. La curva del histograma de la figura 29 muestra una distribución de los datos con un sesgo a la derecha es decir la mayoría de los datos en un rango de 2 a 25 cm se encuentran al inicio de la gráfica.

4.5.2 Histogramas del DAP de Pinus Radiata en el área del P.M. Chilibulo y Sur de Quito.

4.5.2.1 P.M. Chilibulo. Según los datos analizados de DAP de los individuos encontrados que este caso fueron 9 el valor medio es de 16,192 m, mediana 13,312, moda 5,733 y desviación estándar de 10,942.

Figura 30

Histograma de frecuencias de DAP de Pinus Radiata P.M. Chilibulo.

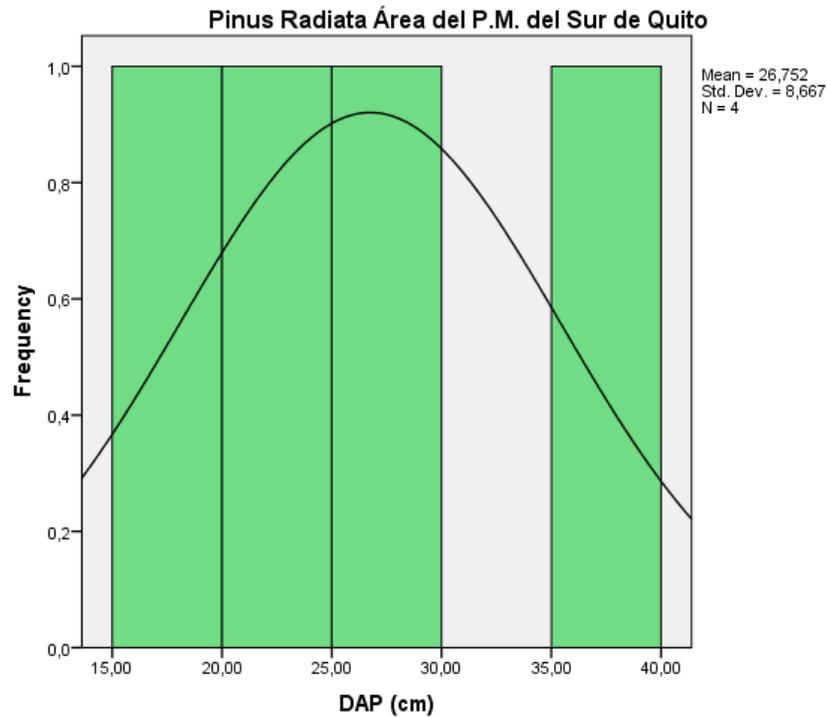


La mayor frecuencia es de 3 individuos equivalente al 33,333 % con un rango de 5 a 10 cm, la conglomeración de diámetro a la altura del pecho en su mayoría está entre 5 a 20 cm. La curva de la figura 30 muestra una distribución de los datos con sesgo a la derecha.

4.5.2.2 P.M. del Sur de Quito. El total de individuos de la especie *Pinus Radiata* encontrados en el área muestreada fue de 4 de donde el valor medio es 26,752 cm, mediana 24,682, moda 19,427 y desviación estándar de 8,667.

Figura 31

Histograma de frecuencias de DAP de Pinus Radiata P.M. del Sur de Quito.



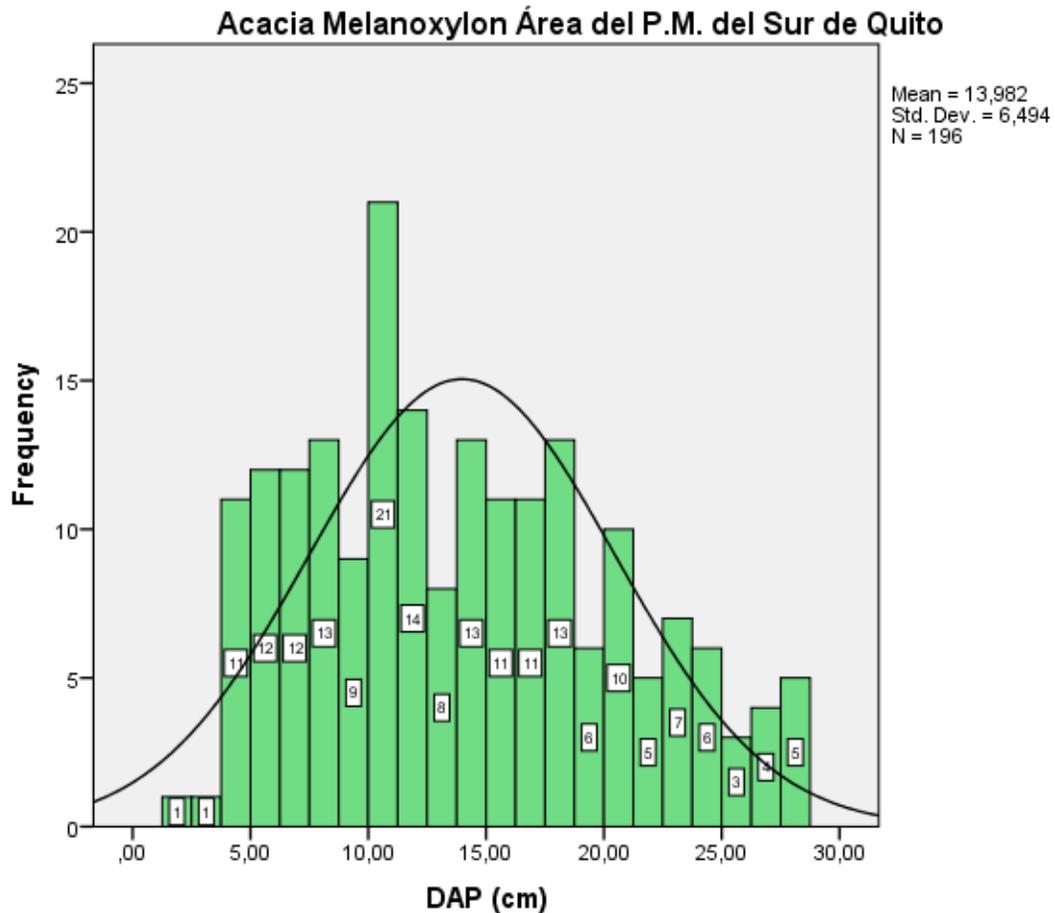
La figura 31 representa que la frecuencia de los datos de los cuatro individuos está distribuida en un rango de 15 a 40 cm de diámetro a la altura del pecho.

4.5.3 Histogramas de DAP de Acacia Melanoxylon en el área del P.M. Sur de Quito y Guangiiltagua

4.5.3.1 P.M. del Sur de Quito. Mediante el análisis de los datos se obtuvo una media de 13,981 cm, una mediana de 13,057, moda de 10,828 y una desviación estándar de 6,494. El número de individuos analizados de la especie *Acacia Melanoxylon* fue de 196.

Figura 32

Histograma de frecuencias de DAP de Acacia Melanoxylon P.M. del Sur de Quito

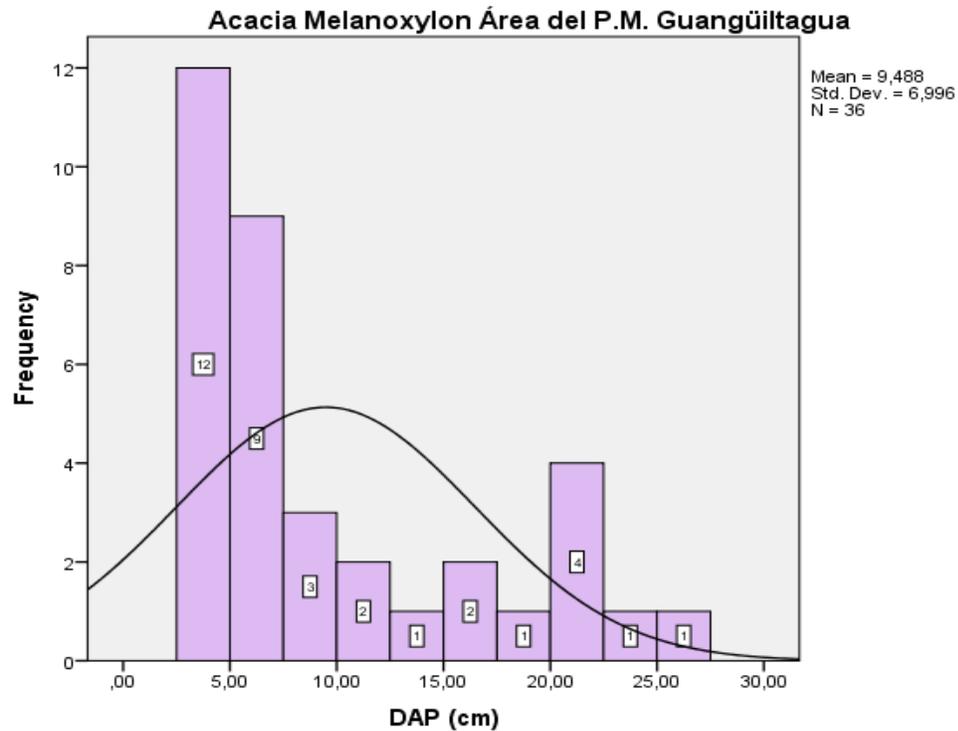


La curva de la figura 32 muestra una distribución de los datos con sesgo a la derecha donde mayor aglomeración está en un rango de 3,75 a 28,75 cm, la barra con mayor frecuencia (21 individuos) corresponde al 10,714 % del total y están en un rango de 10,00 a 11,25 cm.

4.5.3.2 P.M. Guanguiltagua. Los datos analizados del DAP en los individuos de *Acacia Melanoxylon* encontrados en el área del P.M. de Guanguiltagua poseen una media de 9,487 cm, una mediana de 6,210, moda de 5,732 y desviación estándar de 6,996.

Figura 33

Histograma de frecuencias de DAP de Acacia Melanoxylon P.M. Guangüiltagua.



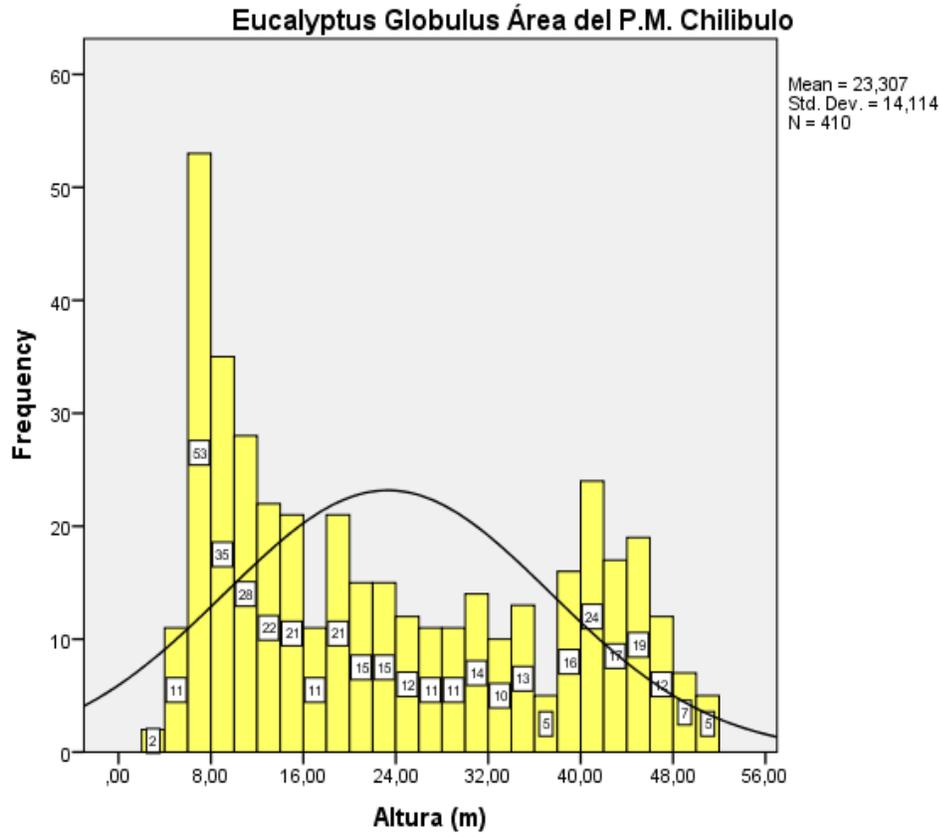
El total de mediciones corresponde al DAP de 36 individuos de donde la mayor conglomeración se encuentra entre el rango 2,5 a 7,5. La mayor frecuencia es la de 12 individuos correspondiente al 33,333% del total con un rango de 2,5 a 5 cm de DAP, la curva de la figura 33 posee una distribución de datos con sesgo a la derecha.

4.5.4 Histogramas de la altura de *Eucalyptus Globulus* en el área del P.M. Chilibulo, Sur de Quito y Guangüiltagua.

4.5.4.1 P.M. Chilibulo. El valor medio de la altura de los 410 individuos de *Eucalyptus Globulus* es de 23,307 m, una mediana de 20,380, moda 41,000 y desviación estándar de 14,114.

Figura 34

Histograma de frecuencia de altura de Eucalyptus Globulus P.M. Chilibulo.

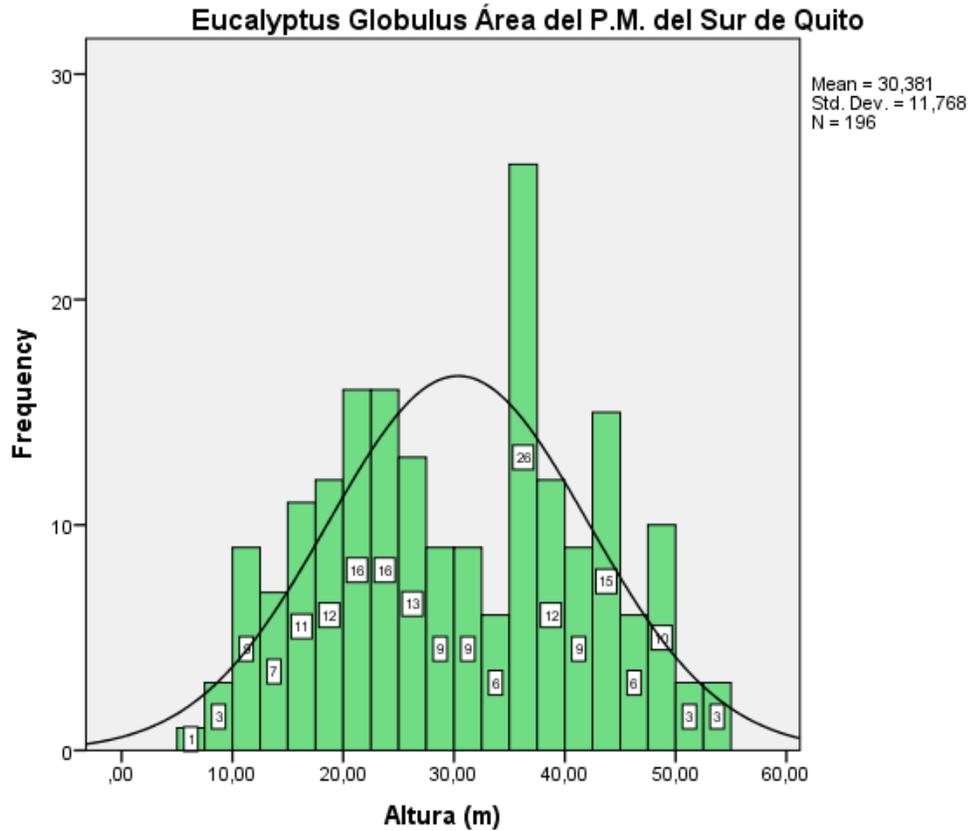


La mayor conglomeración de individuos tiene una altura entre los rangos 4 a 42 m, donde la mayor frecuencia es de 53 individuos en un rango de 6 a 8 m este número corresponden al 17,097 % del total. La curva de la figura 34 representa una distribución de los datos con sesgo a la derecha.

4.5.4.2 P.M del Sur de Quito. El valor medio de 196 individuos de la especie *Eucalyptus Globulus* es de 30,380 m, una mediana de 30,460, moda 18,450 y desviación estándar de 11,768.

Figura 35

Histograma de frecuencias de altura de Eucalyptus Globulus P.M. del Sur de Quito.

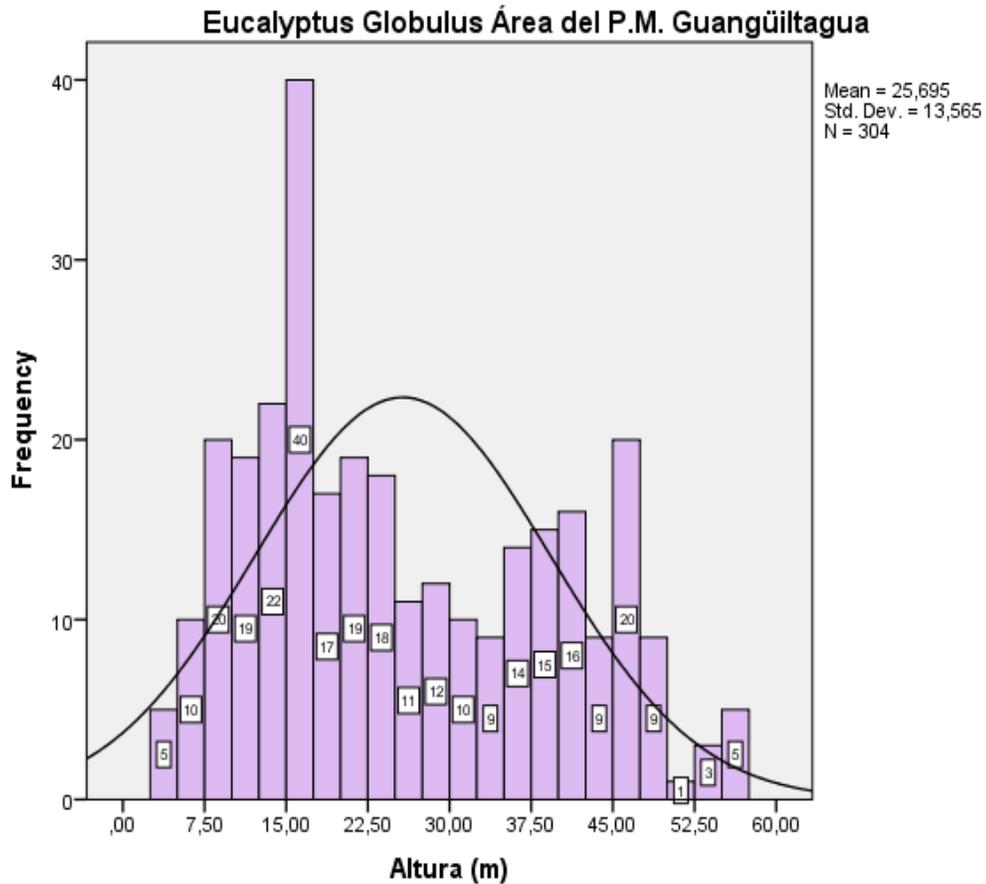


La figura 35 representa una distribución de datos simétrica. La mayoría de los datos estos conglomerados en un rango de 10 y 50 m de altura. La mayor frecuencia es de 26 individuos correspondiente al 13,265 % del total, con un rango de 35 a 37,5 m.

4.5.4.3 P.M. Guangültagua. Los datos de altura de los individuos muestreados poseen un valor medio de 25,358 m, mediana de 21,940 moda 10,610 y desviación estándar 13,792.

Figura 36

Histograma de frecuencias de la altura de Eucalyptus Globulus P.M. Guangüiltagua.



El total de individuos analizados fue de 304 de donde la mayor conglomeración de rango de altura se encuentra entre 5 a 50 m. La mayor frecuencia es de 40 individuos que representa el 13,158 % en un rango de 15 a 17,50 m. La curva de la figura 36 muestra una distribución de los datos con sesgo a la derecha.

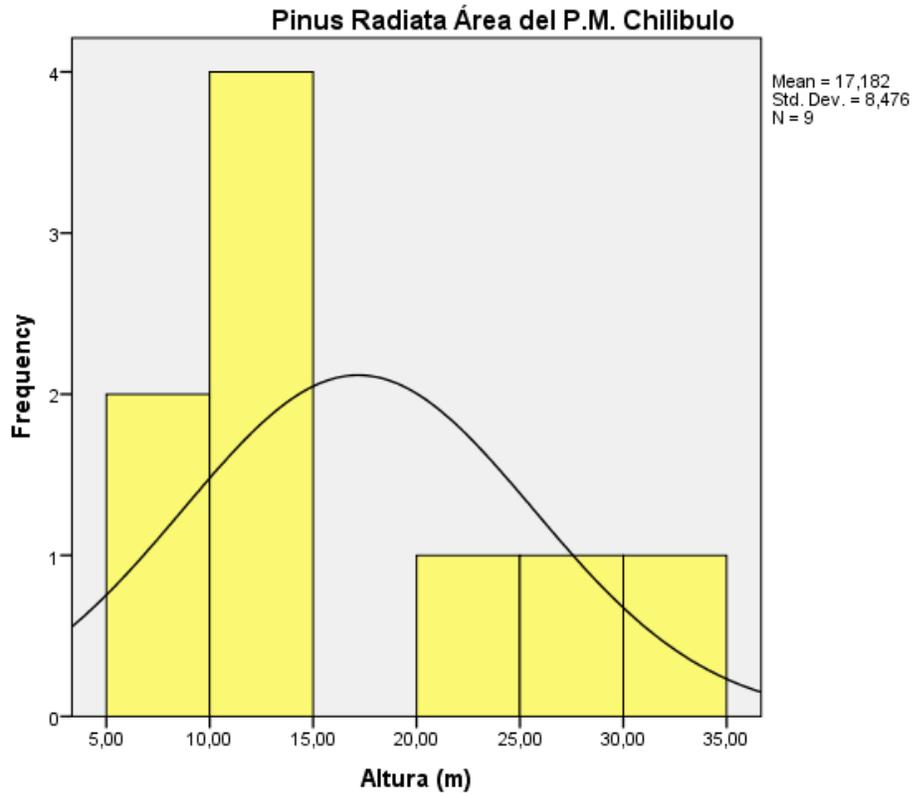
4.5.5 Histogramas de altura de Pinus Radiata en el área del P.M Chilibulo y Sur de Quito

P.M. Chilibulo

4.5.5.1 P.M. Chilibulo. La altura media de los 9 individuos de *Pinus Radiara* es de 17,182 m, mediana 13,310, moda 9,360 y desviación estándar 8,476.

Figura 37

Histograma de frecuencias de la altura de Pinus Radiata del P.M. Chilibulo.

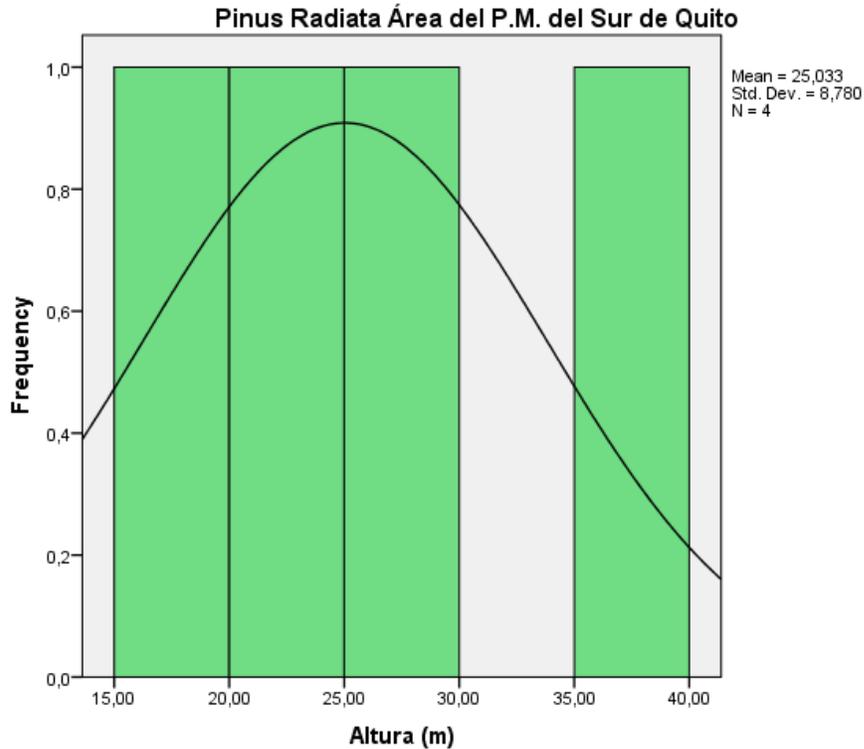


Según la figura 37, la mayor frecuencia es de 4 individuos correspondiente al 44,444% en un rango de 10 a 15 metros de altura. La mayor aglomeración de individuos está en el rango de 5 a 15 metros.

4.5.5.2 P.M. del Sur de Quito. El número de individuos de esta especie fueron 4 de donde los datos de altura tienen un valor medio de 25,033 m, una mediana de 24,300, moda 15,920 y desviación estándar de 8,780.

Figura 38

Histograma de frecuencias de la altura de Pinus Radiata del P.M. del Sur de Quito.



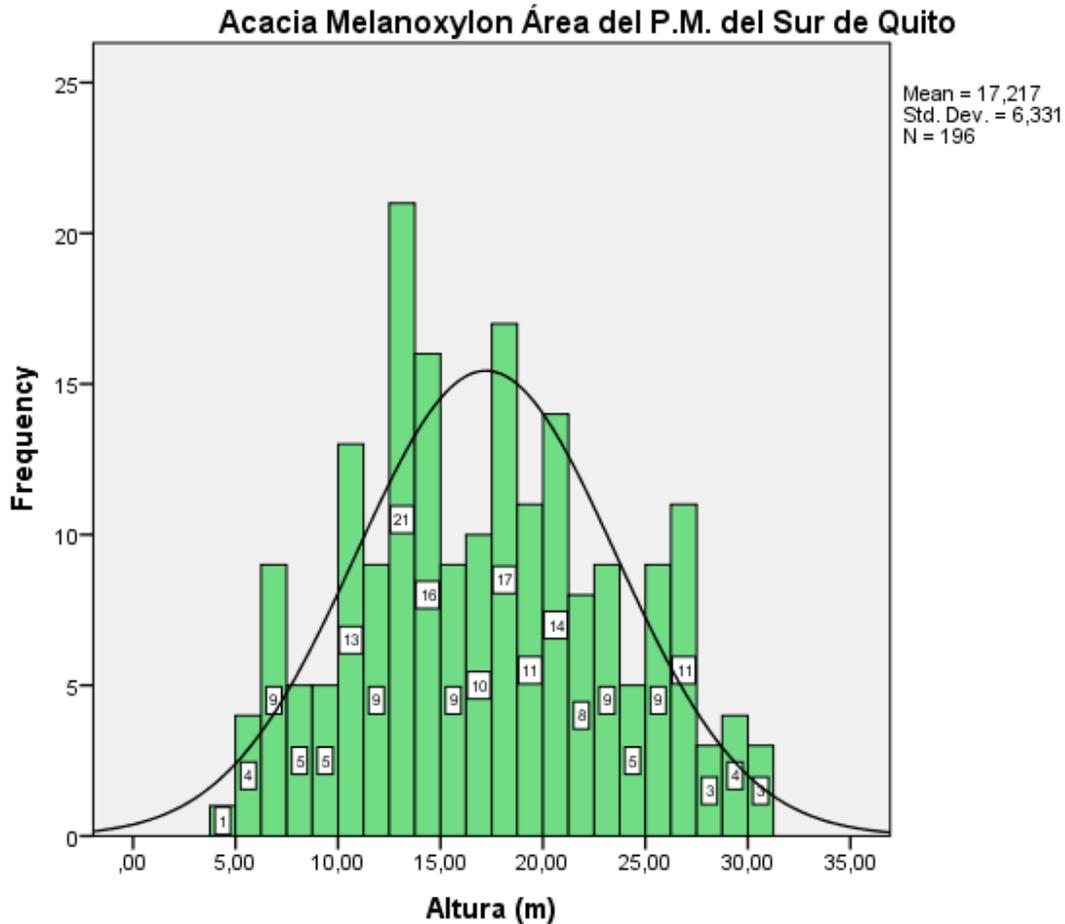
Los datos de altura de los individuos de *Pinus Radiata* encontrados y representados en la figura 38 varían en un rango de 15 a 40 m de altura, tres de ellos están acumulados en el principio de la gráfica en un rango de 14 a 30m,

4.5.6 Histogramas de altura de *Acacia Melanoxylon* en el área del P.M. del Sur de Quito y Guangüiltagua

4.5.6.1 P.M. del Sur de Quito. Las medidas de altura de los 187 individuos de *Acacia Melanoxylon* poseen un valor medio de 16,849, una mediana de 16.51, moda de 13,330 y desviación estándar de 6,230.

Figura 39

Histograma de frecuencias de la altura de Acacia Melanoxylon del P.M. del Sur de Quito

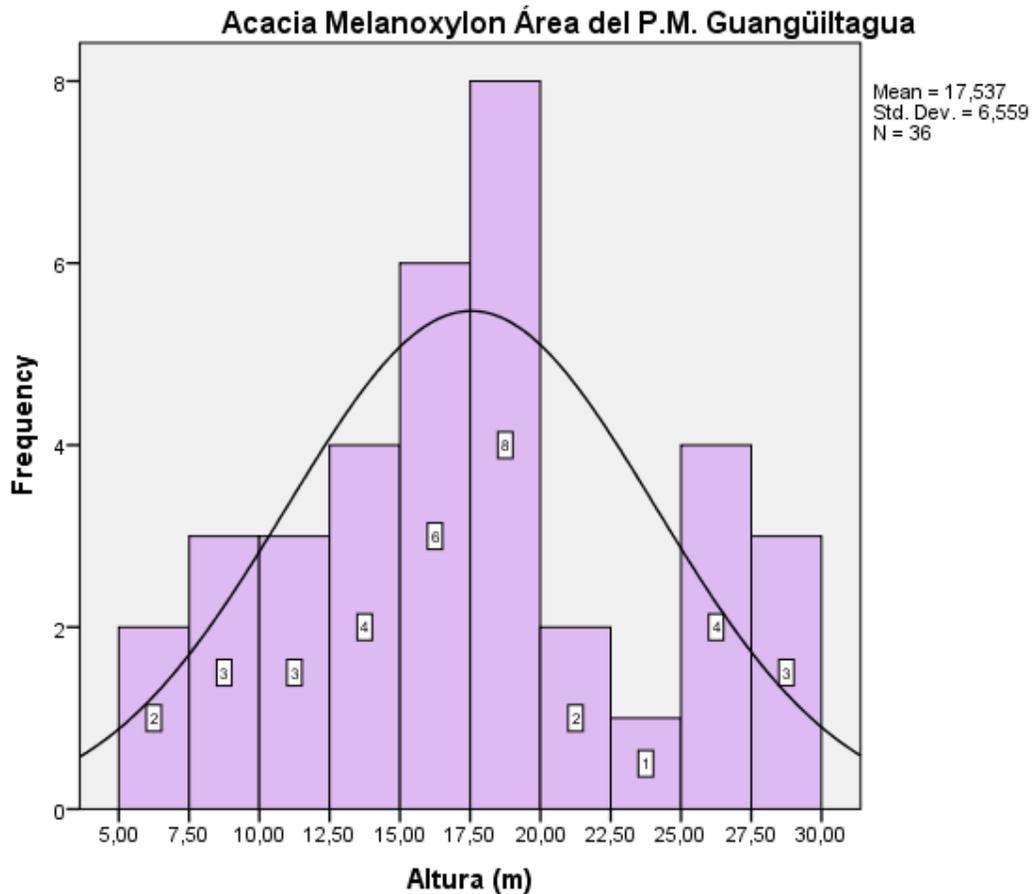


La mayor frecuencia es de 21 individuos en un rango de 12,50 a 13,75 metros de altura. La figura 39 muestra una distribución de los datos simétrica es decir que las frecuencias se distribuyen en similares cantidades al lado izquierdo y derecho a partir de la barra de mayor frecuencia.

4.5.6.2 P.M. Guanguiltagua. Los datos estadísticos de las aturas (36 mediciones) analizadas poseen una media de 17,537, mediana de 17,463, moda 5,320 y desviación estándar de 6,559.

Figura 40:

Histograma de frecuencias de la altura de Acacia Melanoxylon P.M. Guangüiltagua



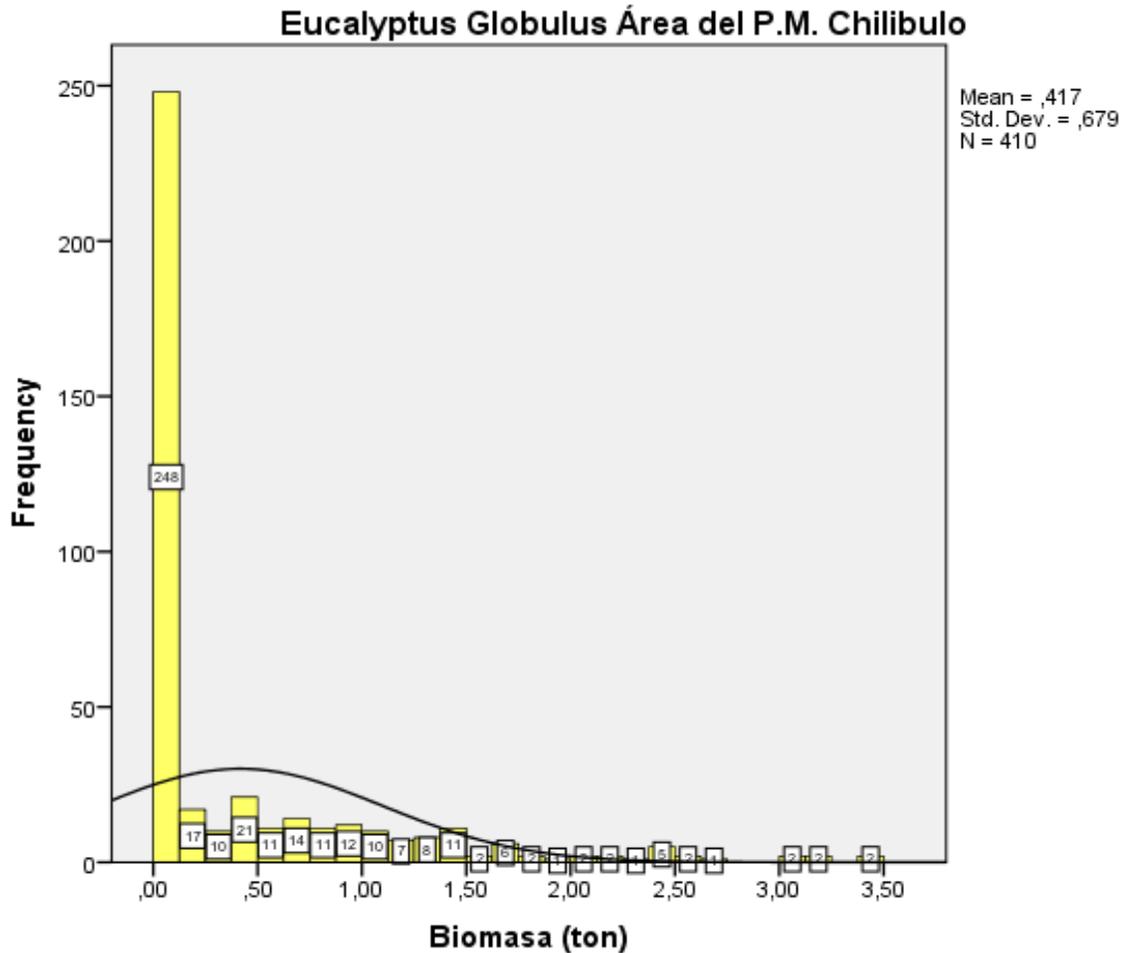
Los individuos poseen una altura entre los rangos 5 a 30 m, la gráfica muestra la mayor frecuencia de 8 individuos (22,222 % de total) entre 17,50 y 20 m. La figura 40 describe una distribución de datos simétrica.

4.5.7 Histogramas de biomasa área de *Eucalyptus Globulus* en el área del P.M Chilibulo, Sur de Quito y Guangüiltagua

4.5.7.1 P.M. Chilibulo. El valor medio de los datos analizados es de 0,417 ton, mediana 0,435, moda 0,004 y desviación estándar de 0,679.

Figura 41

Histograma de frecuencias de altura de Eucalyptus Globulus P.M. Chilibulo.

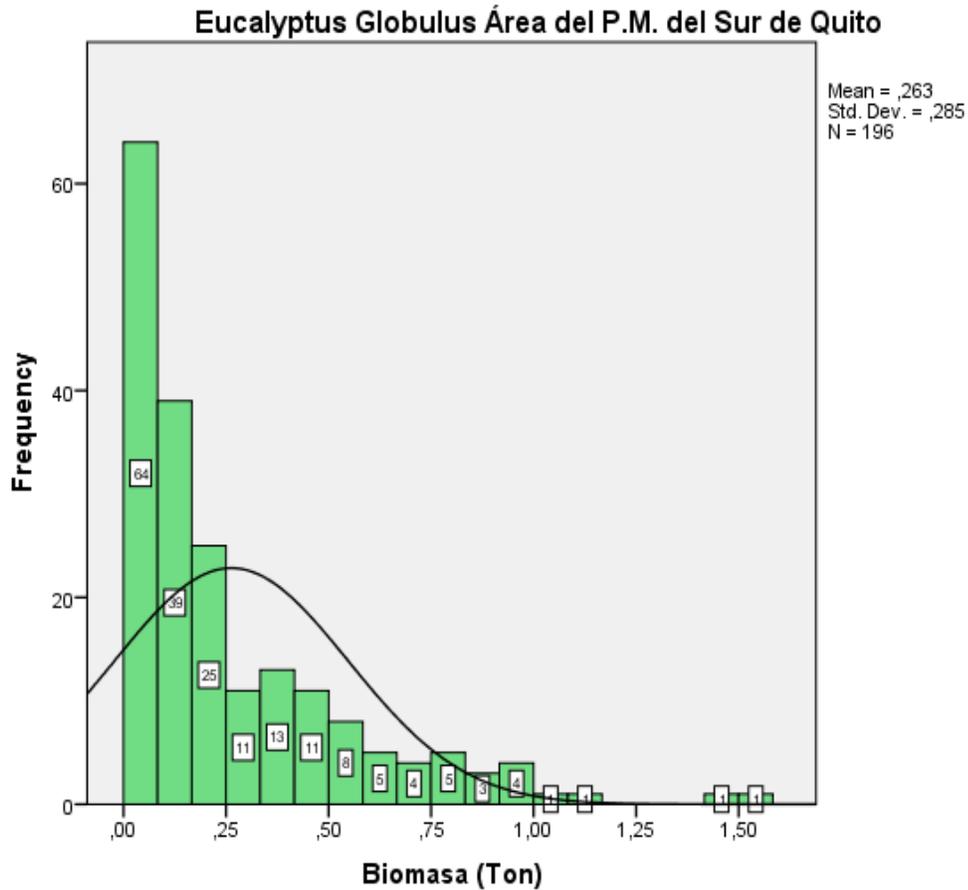


La figura 41 muestra una distribución de los datos con sesgo a la derecha, en su mayoría, los individuos de *Eucalyptus Globulus* aportan una biomasa de 0,00 a 1,50 ton. La mayor frecuencia es la de 248 individuos que corresponden al 60,488 % del total en un rango de 0,00 a 0,12 ton.

4.5.7.2 P.M. del Sur de Quito. Los datos de cantidad de biomasa para los 196 árboles muestreados presentan un valor medio de 0,263 ton, mediana 0,153, moda 0,004 y desviación estándar 0,285.

Figura 42

Histograma de frecuencias de la Biomasa de Eucalyptus Globulus en el área del P.M. del Sur de Quito



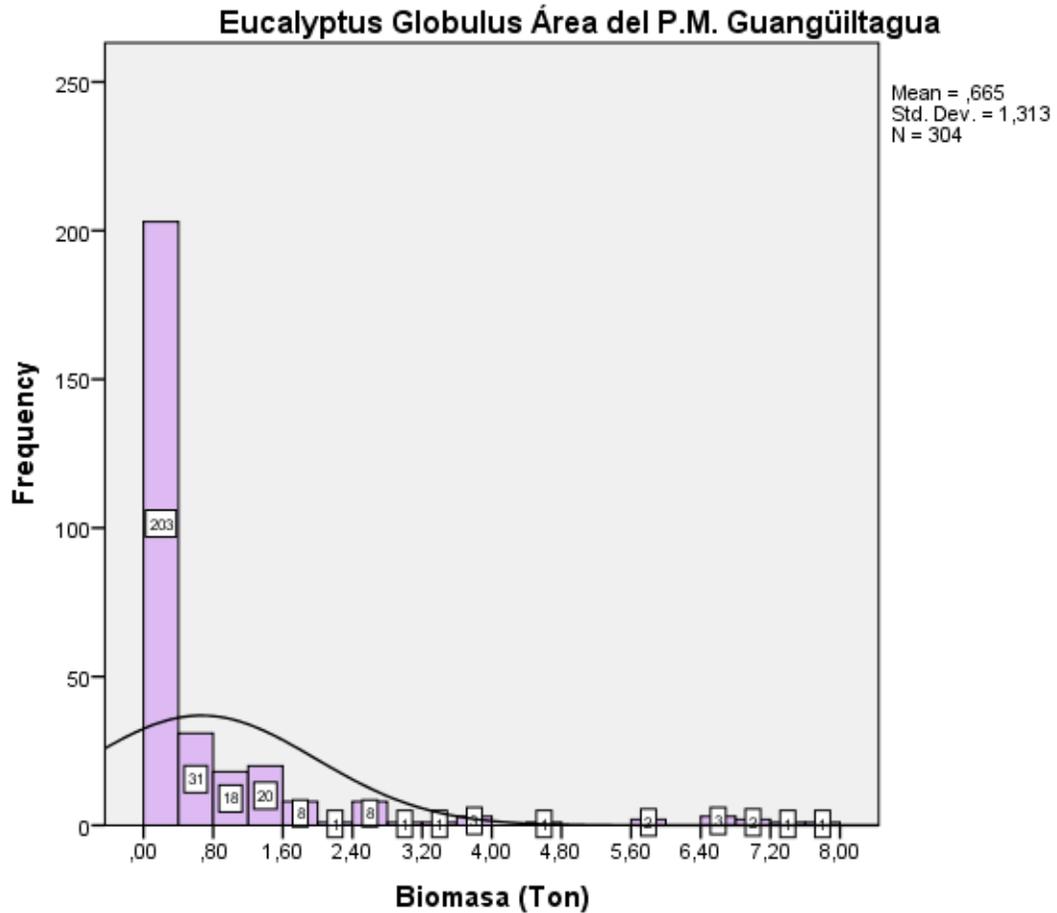
La figura 42 muestra una distribución de los datos con sesgo a la derecha, es decir que la mayoría de individuos están acumulados a la derecha de la gráfica en un rango de 0,0 a 0,50 ton. La mayor frecuencia la poseen 84 individuos en un rango de 0,0 a 0,09 ton de biomasa.

4.5.7.3 P.M. Guangültagua. De los datos analizados de biomasa de 304 individuos estos muestran un valor medio 0,665 ton, mediana 0,118, moda 0,013 y desviación estándar 1,313.

Figura 43

Histograma de frecuencias de la Biomasa de Eucalyptus Globulus en el área del P.M.

Guangüiltagua.



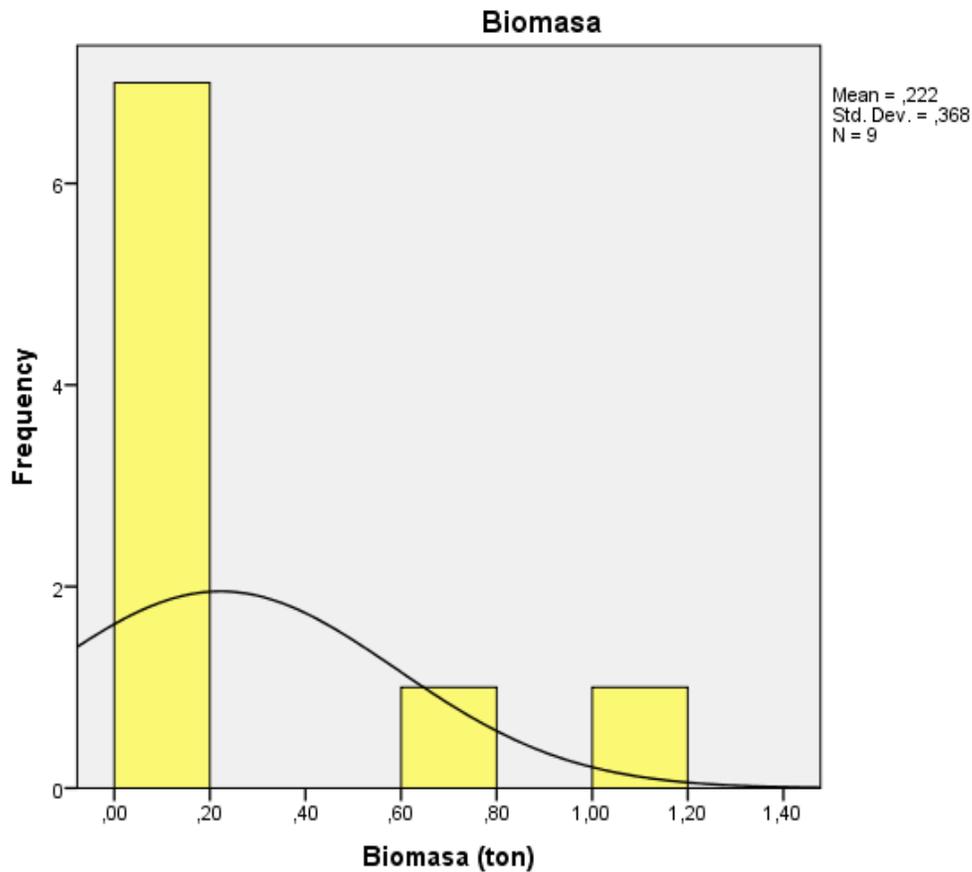
La mayor conglomeración de individuos con respecto a su biomasa se encuentra en un rango de 0,0 a 2,00 ton. La mayor frecuencia es de 203 individuos que es el 67,441 % del total en un rango de 0,0 a 0,4 ton. La figura 43 muestra una curva con sesgo a la derecha, los individuos del principio de la gráfica son lo que aportan mayor cantidad de biomasa.

4.5.8 Histogramas de biomasa aérea de Pinus Radiata en el área del P.M Chilibulo y Sur de Quito

4.5.8.1 P.M. Chilibulo. La media de los datos analizados es 0,222 ton, una mediada 0,061, moda de 0,015 y desviación estándar de 0,368.

Figura 44

Histograma de frecuencias de la Biomasa de Pinus Radiata en el área del P.M. Chilibulo.

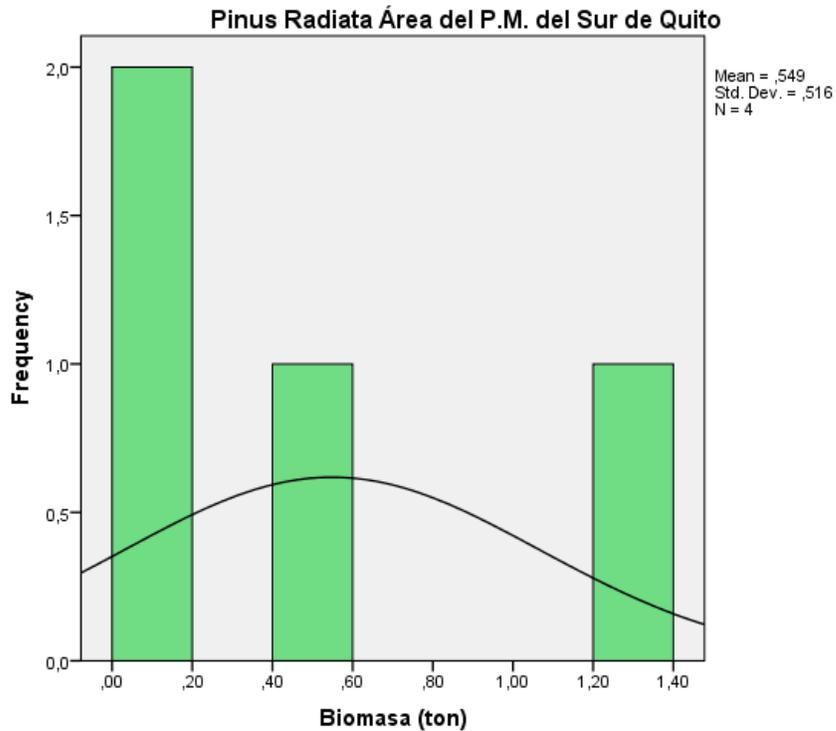


Según la figura 44, de los 9 individuos encontrados 7 aportan una biomasa de entre 0,00 a 0,20 ton.

4.5.8.2 P.M. del Sur de Quito. Los datos de biomasa que cada uno de los individuos de *Pinus Radiata* aportan, poseen una media de 0,549 ton, mediana de, moda y desviación estándar de 0,516 ton.

Figura 45

Histograma de frecuencias de la Biomasa de Pinus Radiata en el área del P.M. del Sur de Quito



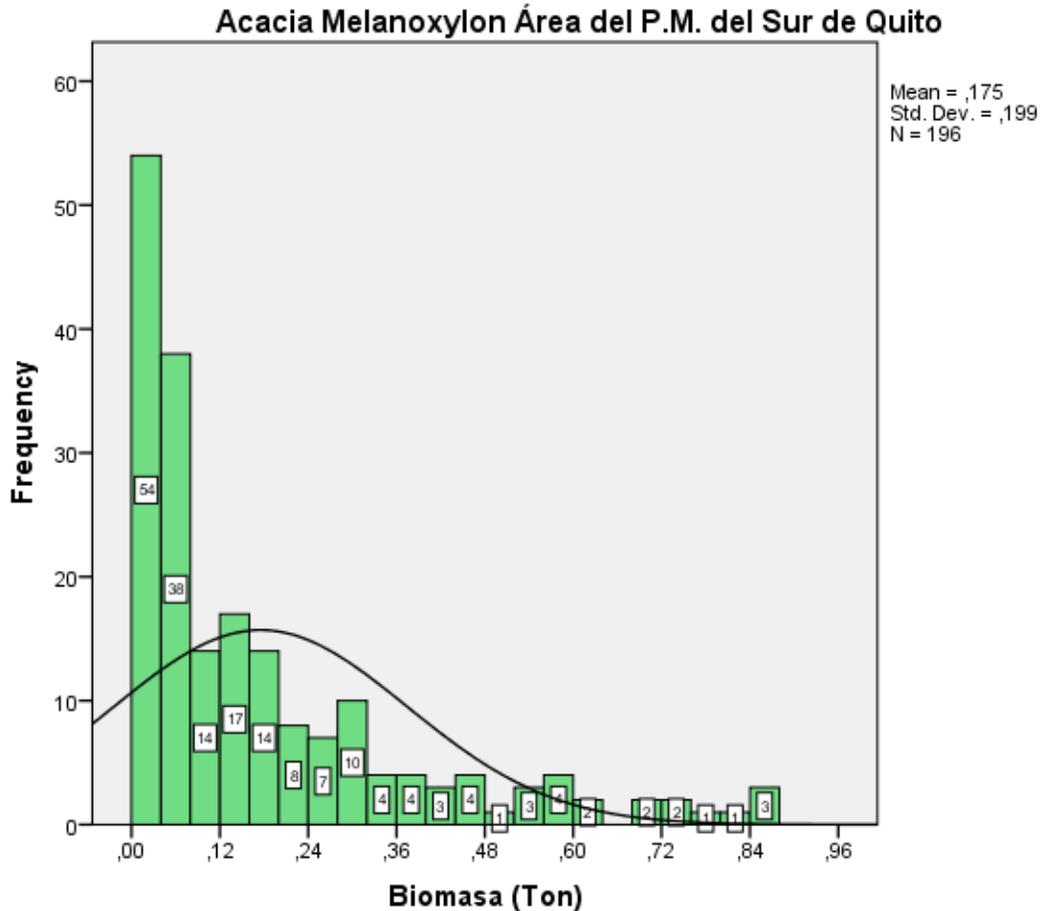
La mitad de los datos (2 individuos) poseen la mayor frecuencia en un rango de biomasa de 0,00 a 0,20 ton. El rango general de los 4 individuos va desde 0,00 a 1,40 ton, presentando una distribución con sesgo a la derecha.

4.5.9 Histogramas de biomasa aérea de Acacia Melanoxylon en el área del P.M de Sur de Quito y Guangüiltagua

4.5.9.1 P.M. del Sur de Quito. La media de los datos analizados de biomasa Arborea posee un valor medio de 0,175 ton, su mediana es de 0,092, moda de 0,005 y desviación estándar de 0,196

Figura 46

Histograma de frecuencias de la biomasa de Acacia Melanoxylon P.M. del Sur de Quito

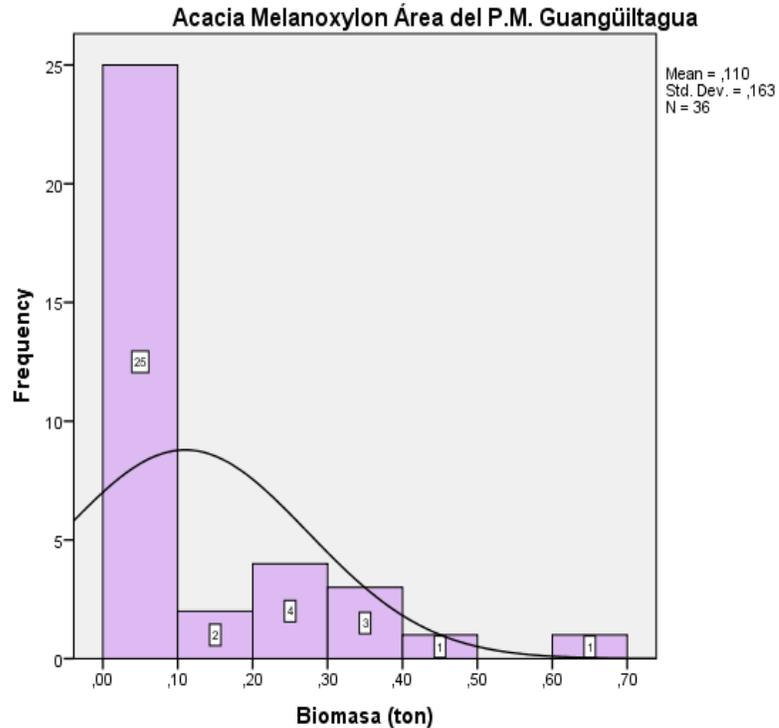


La mayor conglomeración de individuos con respecto a su biomasa se encuentra en un rango de 0,00 a 0,32 ton. La mayor frecuencia es de 54 individuos que es el 27,551 % del total en un rango de 0,0 a 0,04 ton. La figura 46 muestra una curva de distribución de los datos con sesgo a la derecha.

4.5.9.2 P.M. Guanguiltagua. La biomasa que aportan los 36 individuos de esta especie posee una media de 0,110, mediana de 0,235, moda de 0,023 y desviación estándar de 0,163.

Figura 47

Histograma de frecuencias de la biomasa de Acacia Melanoxylon P.M. Guangüiltagua.



La mayor frecuencia es de 25 individuos en un rango de 0,00 a 0,10 ton, la acumulación de los individuos está en un rango de entre 0,00 a 0,40 ton, presentando una distribución de los datos con sesgo a la derecha.

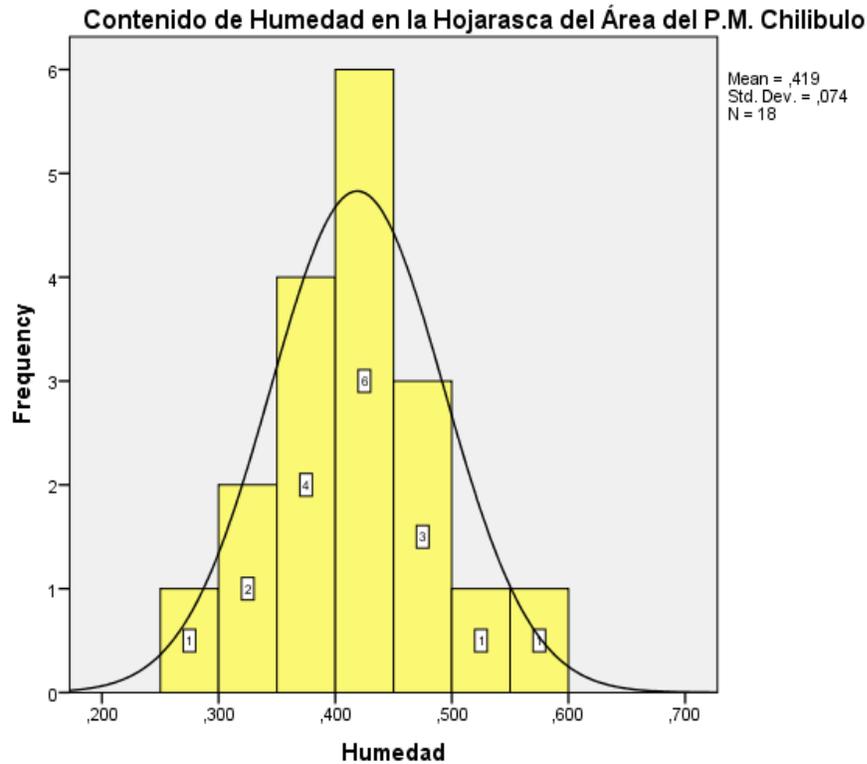
4.5.10 Histogramas de contenido de humedad y carga combustible (materia seca) de las subparcelas en el área del P.M. Chilibulo

4.5.10.1 Contenido de humedad. La media de los 18 datos de humedad de cada subparcela posee una media de 0,420, mediana de 0,412, moda de 0,271 y desviación estándar de 0,074.

Figura 48

Histograma del Contenido de Humedad de las subparcelas de hojarasca Área del P.M.

Chilibulo

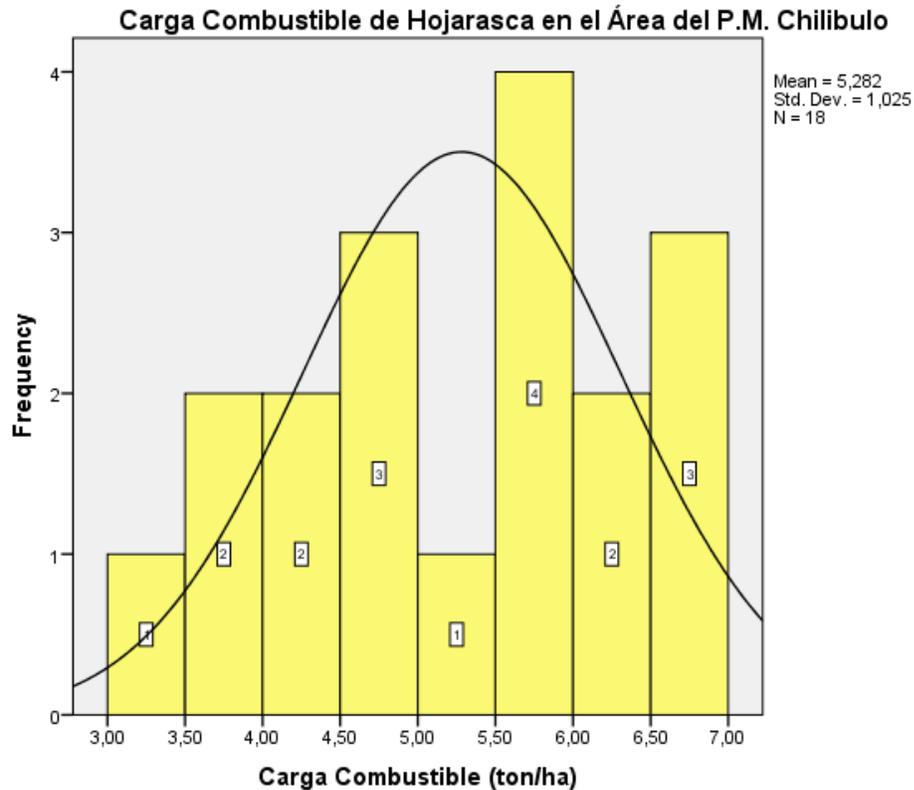


Los datos analizados y representados en la figura 48 de contenido de humedad presentan una curva de distribución simétrica, la mayor frecuencia es de 6 datos es decir el 33,333 % en un rango de 0,400 a 0,450 de humedad. La conglomeración de datos se encuentra en un rango de 0,300 a 0,500.

4.5.10.2 Carga Combustible. Los datos analizados de la cara combustible que poseen cada subparcela muestreada poseen una media de 5,282 ton/ha, una media de 5,416, moda de 3,460 y desviación estándar de 1,025.

Figura 49

Histograma de la Carga Combustible de las subparcelas de hojarasca Área del P.M. Chilibulo



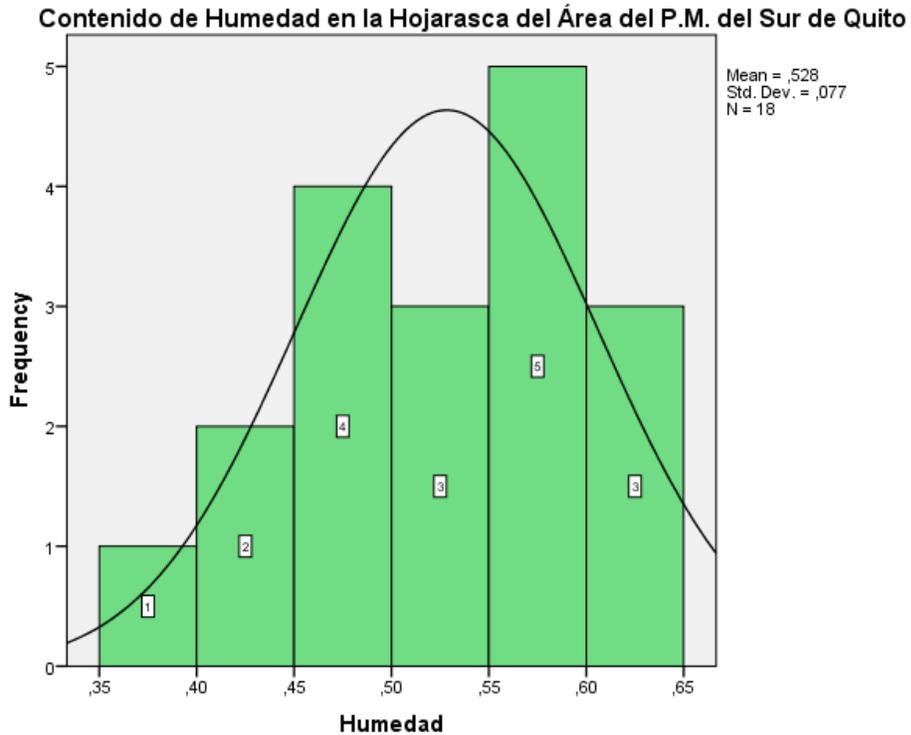
Los datos de carga combustible se encuentran en un rango de 3,00 a 7,00 ton/ha, de donde la mayor frecuencia es de 4 datos correspondiente al 22,222 % entre 5,50 a 6,00 ton/ha. La figura 49 muestra una distribución de los datos con sesgo a la izquierda.

4.5.11 Histogramas de contenido de humedad y carga combustible área del P.M. del Sur de Quito

4.5.11.1 Contenido de humedad. Los 18 datos analizados poseen 0,528 de contenido de humedad, una mediana de 0,524, moda de 0,376 y desviación estándar de 0,077.

Figura 50

Histograma del Contenido de humedad en la hojarasca de las subparcelas de hojarasca Área del P.M. del Sur de Quito

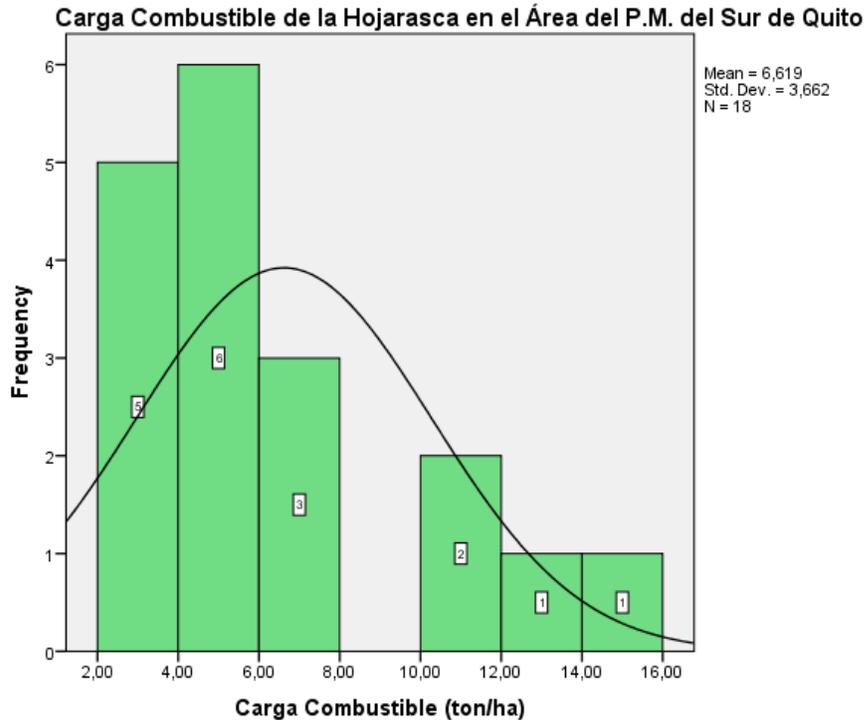


Los datos analizados de contenido de humedad presentan una curva distribución con sesgo a la izquierda. La mayor frecuencia es de 5 datos equivalente al 27,778 % en un rango de 0,55 a 0,60 de humedad. La conglomeración de datos se encuentra en un rango de 0,45 a 0,65.

4.5.11.2 Carga Combustible. Los datos analizados de la cara combustible que poseen cada subparcela muestreada poseen una media de 6,619 ton/ha, una media de 5,472, moda de 2,599 y desviación estándar de 3,662.

Figura 51

Histograma de la Carga Combustible de las subparcelas de hojarasca Área del P.M. del Sur de Quito



Los datos analizados de carga combustible de la hojarasca presentan una curva de distribución con sesgo a la izquierda, la mayor frecuencia es de 6 datos es decir el 33,333 % del total en un rango de 4,00 a 6,00 ton/ha. La conglomeración de datos se encuentra en un rango de 2,00 a 8,00.

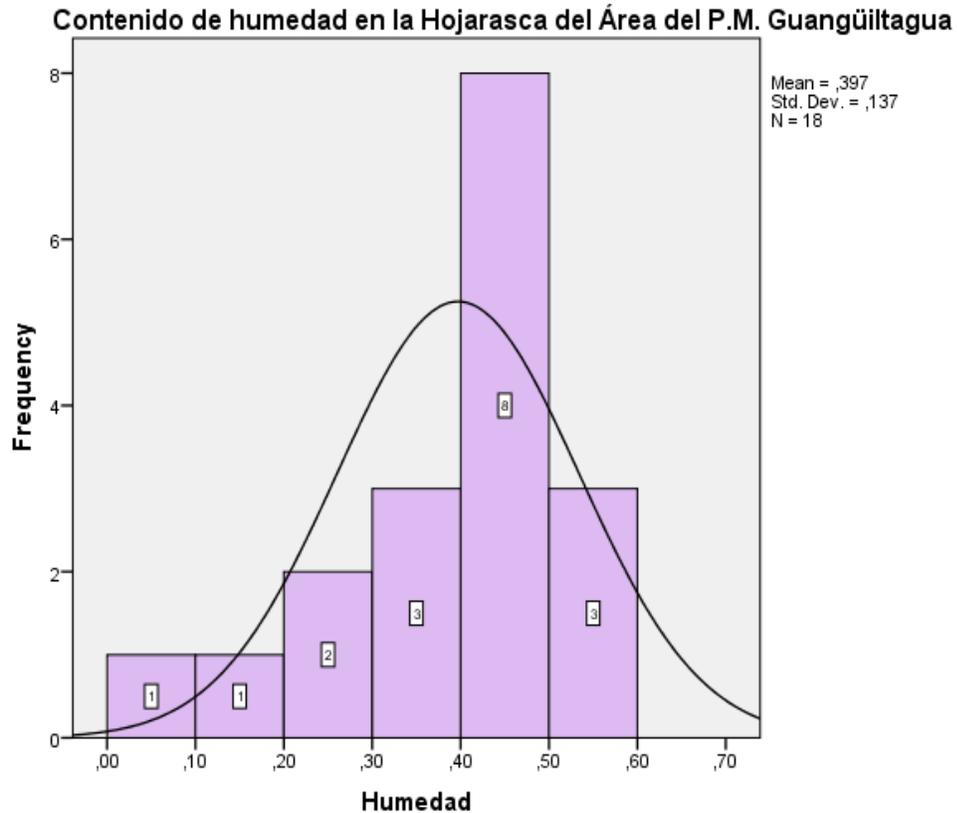
4.5.12 Histogramas de contenido de humedad y carga combustible área del P.M.

Guangüiltagua

4.5.12.1 Contenido de humedad. El valor medio de los datos analizados de la humedad de cada subparcela es de 0,397, poseen una media de 0,425, moda de 0,077 y desviación estándar de 0,137.

Figura 52

Histograma del Contenido de humedad en la hojarasca de las subparcelas de hojarasca Área del P.M. Guanguiltagua



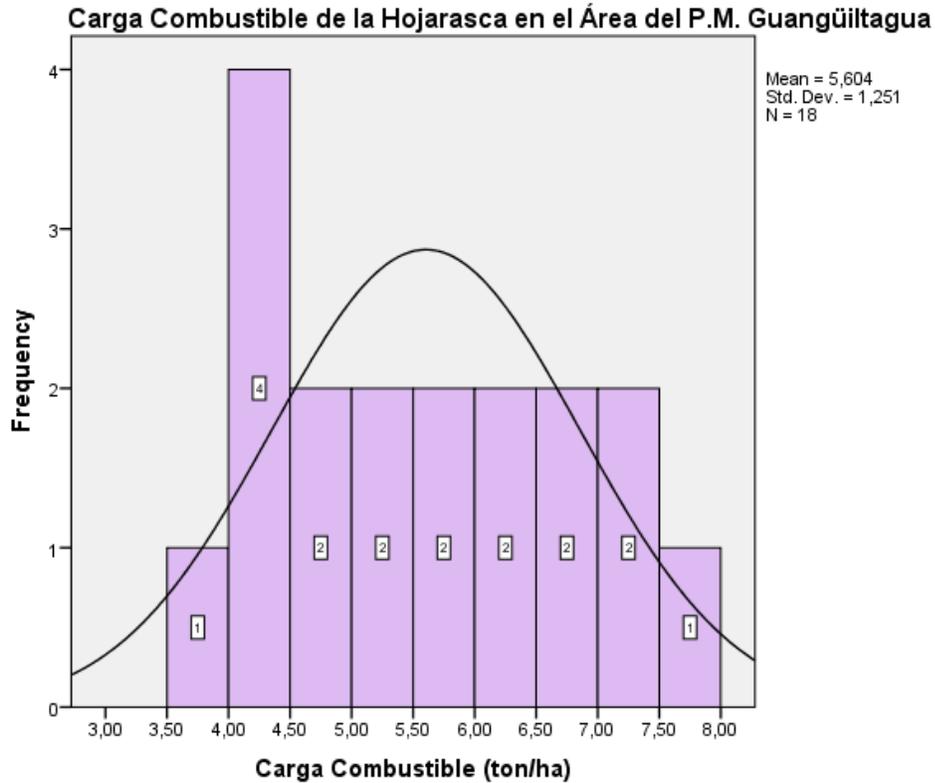
Los datos analizados de contenido de humedad presentan una curva de distribución con sesgo a la izquierda, la mayor frecuencia es de 8 datos equivalente al 44,444 % en un rango de 0,40 a 0,50 de humedad. La conglomeración de datos se encuentra en un rango de 0,30 a 0,60.

4.5.12.2 Carga Combustible. Los datos de carga combustible muestran una media de 5,604, una mediana de 5,495, moda de 3,886 y desviación estándar de 1,251.

Figura 53

Histograma de la Carga Combustible de las subparcelas de hojarasca Área del P.M.

Guangüiltagua.



Los datos analizados de carga combustible presentan una curva de distribución simétrica, la mayor frecuencia es de 4 datos en un rango de 4,00 a 4,50 ton/ha. La conglomeración de datos se encuentra en un rango de 4,00 a 7,50 ton/ha.

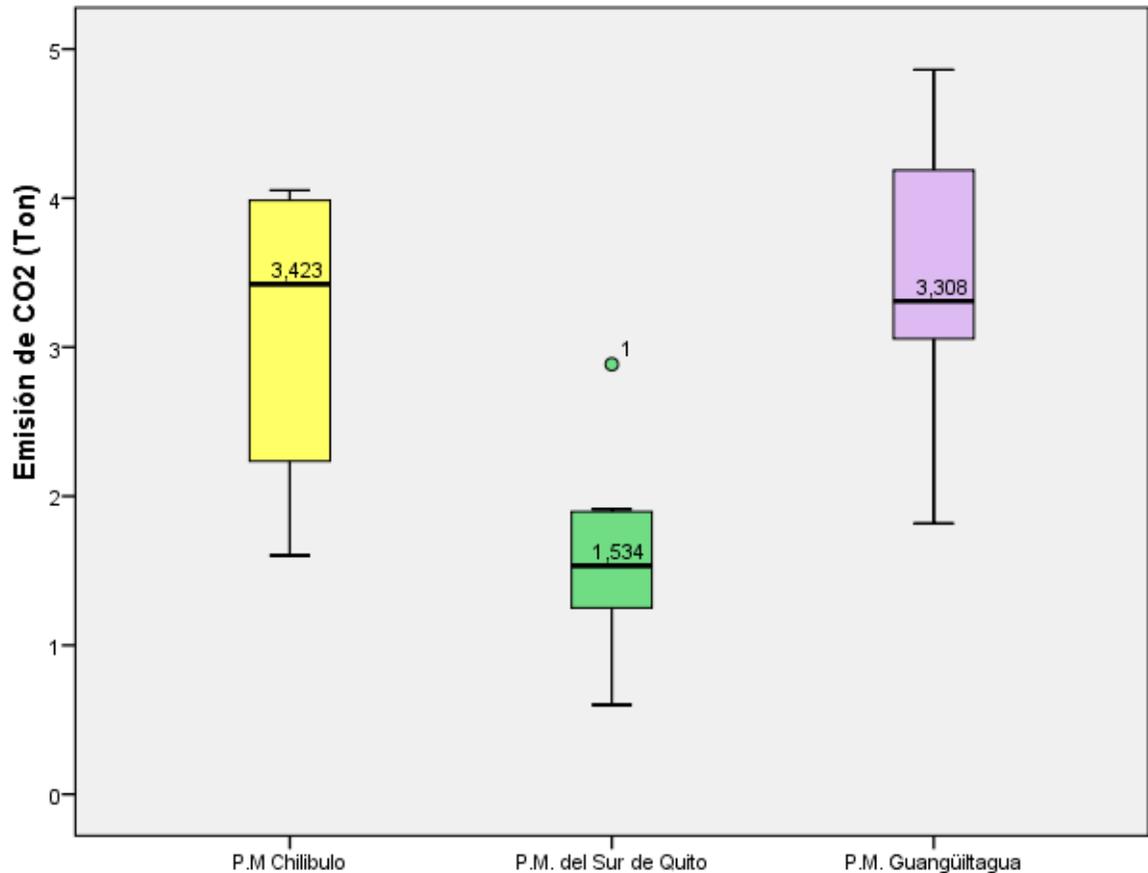
4.5.13 Diagrama de caja de emisiones de CO2

En base a la figura 54, la posible emisión media de dióxido de carbono CO2 en caso de un incendio forestal por parcela en el área del P.M. Chilibulo es 3,423 toneladas, en el área del P.M. del Sur de Quito 1,534 toneladas y en el P.M. Guangüiltagua 3,308 toneladas. El parque

metropolitano Guanguiltagua es el que mayor cantidad de CO2 podría emitir seguido del P.M. Chilibulo y finalmente el P.M. del Sur de Quito.

Figura 54

Diagrama de caja de la posible emisión de CO2 por parcela en los parques metropolitanos.

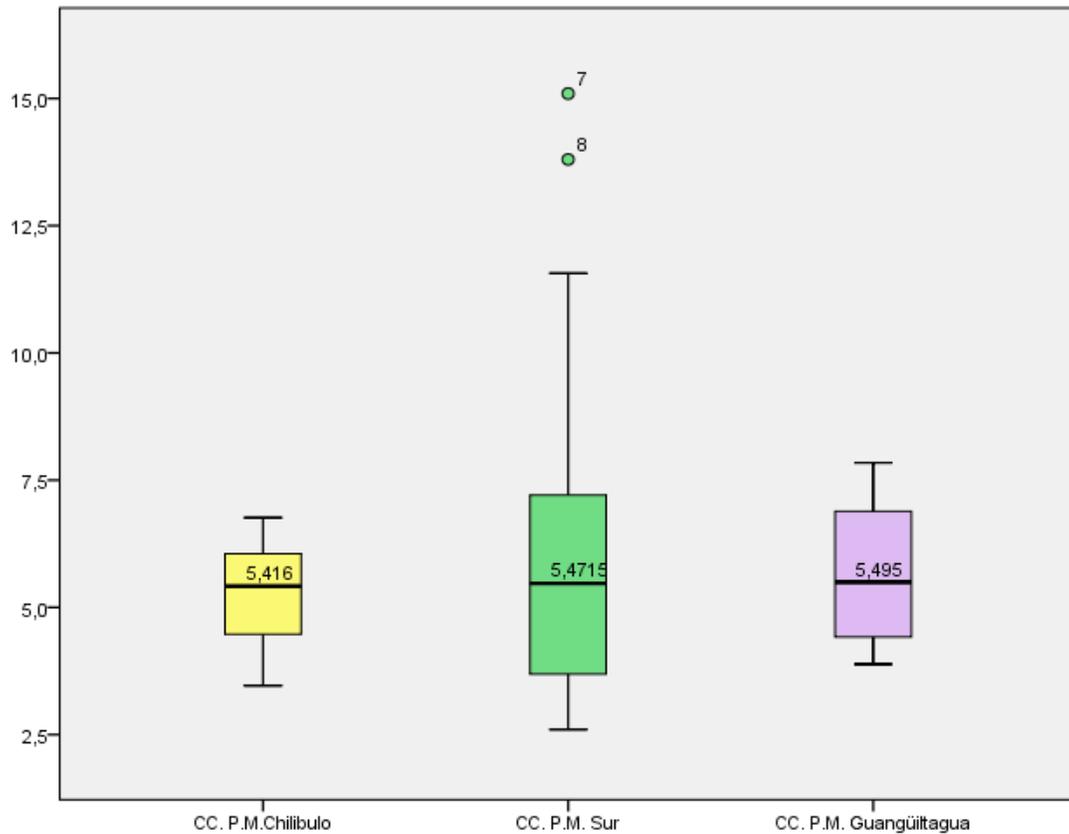


4.5.14 Diagrama de caja de Carga Combustible de la hojarasca

En base a la figura 55, la posible emisión media de la carga combustible en la hojarasca en por parcela en el área del P.M. Chilibulo es 5,416 toneladas, en el área del P.M. del Sur de Quito 5,472 toneladas y en el P.M. Guanguiltagua 5,495 toneladas. El P.M. del Sur es el que mayor carga combustible posee seguido del P.M. Guanguiltagua y finalmente el P.M. Chilibulo.

Figura 55

Diagrama de caja de la cantidad de carga combustible en la hojarasca por parcela en los parques metropolitanos



Nota: CC.-Carga Combustible de cada parque.

4.6 Discusión

4.6.1 Con respecto a la cantidad de CO₂ a emitirse

En un incendio forestal casi el 90% de gases de efecto invernadero corresponde a CO₂ (Cristensen, 2022). En el artículo de (Castañeda et al., 2012) la biomasa promedio por parcela obtenida fue de 26,5 ton equivalentes a 48,62 ton de Co₂ emitidas a la atmosfera resultando valores menores a este estudio obteniendo un promedio de biomasa en el Área del P.M. Chilibulo de

19,330 ton/ha equivalente 122,832 ton/ha de CO₂, 9,919 ton/ha equivalente 63,032 ton/ha de CO₂ en el Área el P.M. del Sur de Quito y 21,667 ton/ha equivalente 137,679 ton/ha de CO₂.

4.6.2 Con Respecto a la biomasa y mediciones Dasométricas.

4.6.2.1 *Eucalyptus Globulus.* Lo rangos de promedios de las mediciones en campo de 910 árboles son los siguientes. Promedio de DAP 14,19 - 18,04 cm y promedio de altura de 23,35 - 30,38 m. En estudios realizados por (Ortega, 2006) en una investigación basada en la caracterización de un bosque de *Eucalyptus Globulus* de la hacienda el Prado donde se muestrearon 2608 árboles obtuvieron resultados más altos para DAP promedio de 26,16 cm, y la altura 23,65 m, sin embargo, las diferencias no son significativas . Del mismo modo (Armesto y Picos, 2017) y (Loyarte, 2010) reportaron un promedio de DAP de 14 ,3 y Altura de promedio de 24,2.

La biomasa total de los 910 árboles de 424,351 ton el promedio tiene un valor de 0,466 ton. (Quispe, 2019) en 220 árboles de Eucalipto muestreados determinaron una biomasa promedio de 0,40 ton. En un inventario realizado por (Malinowski, 1997) para un rodal mixto de *Eucalyptus Globulus* y *Acacia Melanoxylon* de 6,1 ha, se obtuvieron valores de biomasa de 218,19 ton/ha para *Eucalyptus Globulus* en 476 árboles muestreados de esta especie.

4.6.2.2 *Pinus Radiata.* – El número de árboles de *pinus radita* encontrados en las tres áreas muestreadas fue 13, de donde el promedio de DAP equivale a un rango de 16,19 cm a 26,75 cm, y promedio de altura en un rango de 17,18 m a 27,03 m. En trabajo de (Moncayo, 2021) se obtuvieron valores de diámetro promedio de 20 cm para una zona (B) y 23 cm para otra zona estudiada (A). Además, obtuvieron valores promedio de altura de 20,53 m (zona A) y 14,12 m (Zona B), estos valores concuerdan con los resultados de los 9 árboles presentes en las áreas muestreadas.

4.6.2.3 *Acacia Melanoxylon*. - El total de árboles muestreados de *Acacia Melanoxylon* fue de 232 de donde se obtuvo un valor promedio de DAP de rango 9,49 -13,98 cm y promedio de altura en un rango de 17,32 – 17,54 m. La biomasa total de esta especie posea un promedio de 0,165 y un total de 38,308 ton. El estudio de (Malinowski, 1997) en donde se muestrearon los aboles de *Acacia Melanoxylon* (609) presentes en 3087 m² obtuvieron total de biomasa fue de 86,19 ton/ha haciendo relación con los resultados de los 232 árboles, los valores de promedio concuerdan.

4.6.3 *Con respecto a la Carga combustible de la hojarasca.*

La carga combustible en la hojarasca muestreada tuvo un valor de 10,565 ton/ha en el P.M. Chilibulo, 13,238 ton/ha en el P.M. del Sur de Quito y 11,203 ton/ha en el P.M. Guanguiltagua. El autor (García, 2016) obtuvieron valores similares de carga combustible en la hojarasca de 11.07 t/ha. Las normas internacionales consideran de 20 a 30 t ha⁻¹ de alto riesgo, de 15 a 20 t ha⁻¹ de riesgo medio y menos de 15 t ha⁻¹ de riesgo bajo. (Hernández J et al., 2017)

Los resultados para las áreas muestreadas en los parques metropolitanos son bajas según la valoración citada sin embargo la bibliografía indica que la acción humana es la principal razón por la que ocurren incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito. La acumulación de la carga combustible y junto con la acción humana podrían ocasionar incendios forestales como los antecedentes de este tipo de evento en la ciudad.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se estimaron las posibles cantidades de CO₂ a emitirse en las áreas de estudio obteniendo un valor promedio por parcela de 13,648 ton/ha de Co₂ para el P.M. Chilibulo, 7,004 ton/ha de Co₂ en el P.M. del Sur de Quito y 15,298 ton/ha de CO₂ en el P.M. Guanguiltagua siendo este último el que mayor emisión posee.
- La especie que más predominó en el estudio fue *Eucalyptus Globulus* con 910 individuos equivalente al 78,78% de árboles muestreados caracterizada por tener DAP de 2 a 36 cm y una la altura en un rango de 4 a 50 m. Seguido de la especie *Acacia Melanoxylon* con 232 individuos equivalente al 20,09 % y finalmente *Pinus Radiata* con tan solo 13 individuos equivalente al 1,13 %.
- Se determinó el promedio de carga combustible de la hojarasca en las áreas de estudio como factor de riesgo para el inicio de un incendio forestal que en los tres parques resultó ser menor a 15 ton/ha (10,57 P.M. Chilibulo, 11,21 P.M. Guanguiltagua, y 13,24 P.M. del Sur de Quito)
- La biomasa para las especies arbóreas en las parcelas analizadas de cada P.M., además de la masa disponible para la combustión, genera los siguientes valores 173,971 ton en el P.M. Chilibulo, 89,274 ton en el P.M. del Sur de Quito, 194,999 ton en el P.M. Guanguiltagua. Esto quiere decir este último es el que más emitiría CO₂ durante un incendio forestal.

5.2 Recomendaciones

- Debido a los pocos estudios este tipo, se recomienda realizar más investigaciones sobre la emisión de dióxido de carbono en zonas de parques metropolitanos para tener información más sustentada.
- Se recomienda realizar investigaciones en las zonas de estudio con metodologías diferentes para así comparar resultados y disminuir el error de estimación de cantidad de biomasa, y estimación de CO₂.
- Establecer más mecanismos y control máximo para la disminución de incendios forestales en los parques Metropolitanos que son frecuentados por personas y buscar mejorar el cuidado respecto al entorno.
- Desarrollar nuevas investigaciones con el método no destructivo para la estimación de la biomasa de otros sistemas como el arbustivos y así complementar el estudio del sistema forestal.

<https://meet.google.com/ghy-cvyf-ydp>

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguas, C. (2016). *Estimación De Biomasa Aérea Forestal En Bosque De Robledales Del Altiplano Norte De Antioquia, Utilizando Teledetección*. 89.
<http://bdigital.unal.edu.co/57516/1/1128387218.2017.pdf>
- Alva, G. (2016). *Interaccion fuego-paisaje en el noreste de la sierra madre occidental de Chihuahua* [Universidad Autonoma de la UASLP].
<https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/4127>
- Arevalo, K. (2018). Medicion de Carbono del Estrato Arboreo en un Area del Bosque Natural Tinajillas-Limon Indanza. In *Kinders Del Real*. <https://blog.colegiosdelreal.mx/kinder-privado-en-san-luis-potosi/juegos-para-desarrollar-lenguaje-ninos-4-y-5-anos>
- Armesto y Picos. (2017). Caracterización dasométrica y cubicación de “Eucalyptus globulus” mediante Láser Escáner 3D. *7º Congreso Forestal Español*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7265458>
- Bountourab y Vega. (2019). Estimation of GHG emissions and trajectories from large forest fires in Catalonia, Spain. *Madera y Bosques*, 25(2), 1–17.
<https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521764>
- Cancino, J. (2012). *Dendrometría Básica* [Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales.]. <http://repositorio.udec.cl/xmlui/handle/11594/407>
- Castañeda, Gallegos, Sánchez, & Domínguez. (2012). Biomasa aérea y posibles emisiones de CO_2 después de un incendio; caso del bosque “La Primavera”, Jalisco, México. *Ra Ximhai*, 1–16.
<https://doi.org/10.35197/rx.08.03.e1.2012.01.jc>

- Chávez, Rubio, & Flores. (2017). Actualización del sistema para el cálculo de combustibles forestales (SICCO v3.0). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(44).
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i44.109>
- Chiesura, A. (2004). *The role of urban parks for the sustainable city* (L. and U. Planning (ed.)).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003>
- Cho, R. (2014). *What Do Wildfires Have to Do with Climate Change?*
<https://news.climate.columbia.edu/2014/10/13/what-do-wildfires-have-to-do-with-climate-change/>
- Comercio, E. (2016). *1 500 metros cuadrados afectados por incendio en el Parque Metropolitano del Sur*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/incendio-parquemetroplitanodelsur-quito-afectacion-flora.html>
- Comercio, E. (2018a). *Bomberos sofocan incendio forestal en Chilibulo, sur de Quito*.
<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/bomberos-incendio-forestal-chilibulo-quito.html>
- Comercio, E. (2018b). *Imágenes aéreas del incendio en el Parque Metropolitano controlado por los Bomberos*. <https://www.elcomercio.com/video/actualidad/imagenes-aereas-incendio-parque-metropolitano.html>
- Comercio, E. (2019). *Bomberos sofocan incendios forestales en Guanguitagua y Atucucho, en Quito*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/bomberos-sofocan-incendios-forestales-quito.html>
- CONANP. (2009). *Evaluación de Cargas de Combustibles*. Promotores del Desarrollo Regional,

A.C./Servicios Ambientales Profesionales.

Cristensen, F. (2022). *Análisis del CO₂EQ liberado en los incendios forestales* [Repositorio académico de la Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184678>

ECU991. (2017). *Incendio Forestal en el Sector Parque Metropolitano del Sur*. <https://twitter.com/ecu911quito/status/892800327686160384>

Estacio y Narváez. (2012). Incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito. *Revista Letras Verdes*, 27–52.

Flores, G. (2008). *Aspectos generales de los incendios forestales*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. https://www.researchgate.net/publication/26459738_Incendios_forestales

Fonseca, W. (2017). Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 91. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.5>

García, J. H. (2016). *Biomasa arbustiva , herbácea y en el piso forestal como factor de riesgo de incendios Biomass in bushes , weeds and on the forest floor as a risk factor of fires*. 7(36), 51–63.

Gómez A. (2011). *Ecosistemas Forestales en Cuencas Hidrográficas y su Relacion con el Ordenamiento Ecologico* [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT]. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CECADESU-2229.pdf>

- Gómez, A. (2019). *Evaluación del grado de amenaza total por incendios de la cobertura vegetal en la jurisdicción de la corporación autónoma regional de cundinamarca – car.* 1–9. <https://doi.org/1037//0033-2909.I26.1.78>
- Goraymi. (2022). *Parque Metropolitano Sur.* <https://www.goraymi.com/es-ec/pichincha/quito/parques-plazas/parque-metropolitano-sur-antl54vca>
- Gudiño, E. (2012). *Sistema de Espacios dinamicos para la cultura: Danza y Teatro- Sector Parque Bicentenario* [Repositorio Digital de la Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8545>
- Hernández J, G, R., J, E. del V., G, C., & A, H. (2017). Biomasa arbustiva, herbácea y en el piso forestal como factor de riesgo de incendios. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(36), 51–63. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i36.59>
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.* https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_02_Ch2_Generic.pdf
- Jumbo, Arévalo, & Ramirez. (2018). Medición De Carbono Del Estrato Arbóreo Del Bosque Natural Tinajillas - Limón Indanza , Ecuador. *La Granja*, 27(1), 51–63.
- Krajick, K. (2011). *Farmers, Flames and Climate: Are We Entering an Age of ‘Mega-Fires’?* <https://news.climate.columbia.edu/2011/11/16/farmers-flames-and-climate-are-we-entering-an-age-of-mega-fires/>
- Loyarte, G. M. (2010). *TABLAS DE VOLUMEN DE EUCALYPTUS GLOBULUS SSP. GLOBULUS AL SUR DEL RÍO NEGRO.*

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1822/1/0064mor.pdf>

MAGAP. (2016). *Manual de Procedimientos para la evaluación de la sobrevivencia y el de las plantaciones forestales comerciales*. Dirección de Desarrollo Forestal.

Malinowski, G. I. T. (1997). *Determinacion de las características de crecimiento de un rodal mixto de Eucalyptus globulus L. y Acacia melanoxylon R.Br.* [Dirección de Bibliotecas Universidad de Concepción]. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/7983>

Mayanquer y Yela. (2014). *Modelo de gestión para el manejo de suelos degradados causados por incendios en corazón de mundo nuevo*. [Repositorio Universidad Técnica del Norte.]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4323>

Moncayo, C. X. A. (2021). Caracterización dasométrica de dos plantaciones de Pinus Radiata d. don, con fines de manejo en la parroquia San Andrés, Cantón Guano. *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*.

Noguera, T. (2012). *Evaluación preliminar del estado de conservación del Parque Metropolitano y del Parque Itchimbía*. Repositorio Digital Universidad San Francisco de Quito.

Ortega, L. H. (2006). *Caracterización del bosque de Eucalyptus Globulus de la hacienda el prado* [ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2566>

Parrington, M. (2021). *Incendios forestales del hemisferio norte y su cifra récord de CO2*. Ecoticias El Periodico Verde. <https://www.europapress.es/ciencia/cambio-climatico/noticia-record-co2-emitido-incendios-forestales-hemisferio-norte-20210922132748.html>

Pazmiño, D. (2020). Peligro de incendios forestales asociado a factores climáticos en Ecuador. *Revista de Medicina y Cine*, 16(1), 69. <https://doi.org/10.14201/rmc20201616969>

- PDOT.DMQ. (2021). *Plan Metropolitano De Ordenamiento Territorial 2012-2022*.
<https://www.quito.gob.ec/index.php/municipio/350-plan-metropolitano-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial>
- Quispe, O. (2019). *Modelo alométrico y la estimación de captura de carbono de las especies Eucalyptus globulus y Pinus radiata, y su valoración económica, en la zona sur de ayacucho -perú, 2018*.
- Ramirez, C. (2017). *Propuesta de medidas para la conservación del páramo cruz verde, basada en estudios ecológicos del suelo y la vegetación*. [Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Biblioteca UDFJC]. <http://hdl.handle.net/11349/13168>
- Rodrigo, M. C. A. (2013). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. *Tesis*, 1–100.
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Rodríguez, J. (2004). *Incendios forestales en Quito* [Universidad Nacional Autónoma de México].
<https://www.atmosfera.unam.mx/wp-content/uploads/2021/09/Incendios-forestales.pdf>
- Román, García, & Martínez. (2014). Carbono orgánico de la hojarasca en los bosques de la reserva de la Biósfera Mariposa Monarca , caso santuario sierra Chincua , México. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5 Número 1, 29–45.
- Russo, R. (2009). *Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal* [Universidad Earth Unidad de carbono neutro]. <https://www.researchgate.net>
- Sarango y Tenempaguay. (2020). Estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea, Necrosama (Hojarasca) y suelo en un bosque de pino en la comuna Paquizhapa (Provincia de Loja). *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca*, 1–163.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19153/1/UPS-CT008822.pdf>

Schlegel, Gayoso, & Guerra. (2001). Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. *Proyecto FONDEF D98II076*, 17p.

SEMADET. (2013). *Plan de manejo del fuego para el estado de Jalisco: Terminos de referencia*. 259.

Valero, J. P., & M, H. (2007). Cálculo de las Emisiones de CO₂ por los Incendios de 2006 en la Provincia de Pontevedra (Galicia). *Wildfire 2007, May 2014*.

Vargas, J. (2017). *Incendios Forestales en Quito: Accion Humana o accion de la naturaleza*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14884/1/UPS-QT12106.pdf>

Vásquez y Morales. (2019). *Valoración económica de la captura de carbono en las especies Podocarpus sprucei y Oreocallis grandiflora en el Bosque Protector Aguarongo* (p. 243).

Velez, R. (1994). El peligro de incendios forestales derivado de la sequía. *Cuadernos de La S.E.C.F*, 2, 99–109.

Williams, P. (2004). *THE SOUTHWEST'S MOST IMPORTANT NUMBER*.
<https://ensia.com/features/the-southwests-most-important-number/>

Anexo 2

Hoja de campo y laboratorio para registro de datos de hojarasca.

BIOMASA SECA			
Nombre de Parque			
Fecha			
N. Parcela	N. Subparcela	PESO FRESCO (g)	PESO SECO (g)
1	I		
	II		
2	I		
	II		
3	I		
	II		
4	I		
	II		
5	I		
	II		
6	I		
	II		
7	I		
	II		
8	I		
	II		

9	I		
	II		

Anexo 3

Registros Fotográficos

Figura 56

Limitación de parcelas



Figura 57

Instalación de parcelas



Figura 58

Individuos de *Pinus Radiata* en el Área del P.M. del Sur de Quito.



Figura 59

Medición de la Circunferencia a la altura del pecho.



Figura 60

Almacenamiento de hojarasca por parcela.



Figura 61

Árbol central de parcelas numerado.



Figura 62

Cuadrantes de parcelas delimitados.



Figura 63

Pesado de la hojarasca seca.

