



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CAPTURA DE CARBONO DE LAS
ESPECIES *Podocarpus sprucei*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus glutinosa* y *Oreopanax*
ecuadorensis EN EL ACMUS SAN BARTOLOMÉ - SÍGSIG - ECUADOR

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniera Ambiental

AUTORAS: VIVIANA ALEXANDRA FAJARDO VÁSQUEZ
KATHERINE MERCEDES LEÓN SANMARTÍN
TUTOR: DR. FREDI LEONIDAS PORTILLA FARFÁN, PhD.

Cuenca - Ecuador

2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotras, Viviana Alexandra Fajardo Vásquez con documento de identificación N° 0107103921 y Katherine Mercedes León Sanmartín con documento de identificación N° 0302396577; manifestamos que:

Somos las autoras y 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.

Cuenca, 24 de febrero del 2023

Atentamente,



Viviana Alexandra Fajardo Vásquez

0107103921



Katherine Mercedes León Sanmartín

0302396577

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

Nosotras, Viviana Alexandra Fajardo Vásquez con documento de identificación N° 0107103921 y Katherine Mercedes León Sanmartín con documento de identificación N° 0302396577, 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: “Valoración económica de la captura de carbono de las especies *Podocarpus sprucei*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus glutinosa* y *Oreopanax ecuadorensis* en el ACMUS San Bartolomé - Sígsig - Ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Ambiental, 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 del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de febrero del 2023

Atentamente,

Viviana Alexandra Fajardo Vásquez

0107103921

Katherine Mercedes León Sanmartín

0302396577

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fredi Leonidas Portilla Farfán con documento de identificación N° 0102824331, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CAPTURA DE CARBONO DE LAS ESPECIES *Podocarpus sprucei*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus glutinosa* y *Oreopanax ecuadorensis* EN EL ACMUS SAN BARTOLOMÉ - SÍGSIG - ECUADOR, realizado por Viviana Alexandra Fajardo Vásquez con documento de identificación N° 0107103921 y por Katherine Mercedes León Sanmartín con documento de identificación N° 0302396577, 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.

Cuenca, 24 de febrero del 2023

Atentamente,



Dr. Fredi Leonidas Portilla Farfán, PhD.

0101813251

Dedicatoria

Este trabajo le dedico primeramente a mis padres Raúl y Graciela, quienes han sido la pieza clave para mi crecimiento personal y profesional, y mi apoyo incondicional. A mi abuela Clementina, quien con sus palabras de aliento siempre me motiva a seguir adelante.

A mis hermanos y sobrinas quienes me acompañaron y ayudaron en cada momento en esta etapa académica y siempre confiaron en mí.

A mis tíos, tías, primos por demostrarme su cariño y afecto durante todos estos años, y quienes con sus consejos me ayudaron a cumplir una meta más.

A mis amigos y compañeros, quienes sin tener nada a cambio me brindaron su ayuda y su confianza, y compartieron conmigo sus conocimientos, momentos de alegría y tristeza desde el primer día en la universidad, haciendo que esta etapa sea especial y divertida.

Katherine Mercedes León Sanmartín

El presente trabajo de investigación la dedico principalmente a Dios por brindarme vida y salud para terminar esta etapa de formación académica, a mis padres María y Manuel por ser las personas más importantes, quienes han sabido guiarme y darme su apoyo incondicional a lo largo de los años, quienes con sus consejos supieron acompañarme en los momentos más difíciles.

A mis dos hijos Thiago y Fernanda por ser el motivo y motor para seguir adelante en cada paso que doy, y que son mi mayor motivación e inspiración, a mis hermanos Edison, Ronald y Anahí por el apoyo y ayuda que me han sabido brindar a lo largo de estos años.

A mis familiares y personas cercanas que me han acompañado durante este proceso académico y que siempre han estado y están ahí para escucharme y aconsejarme cuando más lo necesito.

Y por último a mis compañeros con quienes hemos pasado tantos años buscando un mismo objetivo, el cual estamos a un solo paso de cumplirlo y con quienes hemos compartido experiencias, tristezas y risas tanto dentro como fuera de las aulas.

Viviana Alexandra Fajardo Vásquez

Agradecimiento

Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana por formarnos académicamente, y la acogida durante estos años de experiencias y conocimientos adquiridos

Agradecemos a los docentes de la Carrera de Ingeniería Ambiental por habernos compartido sus conocimientos y sabiduría, y poder guiarnos en el transcurso de nuestra preparación académica profesional

Agradecemos a nuestro tutor y docente Dr. Fredi Portilla quien ha sabido orientarnos minuciosamente en los aspectos fundamentales para la realización de este trabajo de tesis y compartir con nosotras sus conocimientos en este proceso académico.

Agradecemos a nuestros compañeros y compañeras con quienes compartimos en las aulas de clase, con momentos de risas, enojos y tristezas, pero con una meta en común, finalizar una nueva etapa de nuestras vidas.

Viviana & Katherine

CONTENIDO

Resumen	18
Abstract	19
Capítulo I. Introducción	20
Problema de estudio.	20
Justificación.	22
Objetivos.	24
Objetivo General.....	24
Objetivos Específicos.....	24
Capítulo II. Marco Teórico.....	25
Áreas de Conservación y Uso Sustentable (ACMUS).....	25
Calentamiento global	26
Efecto invernadero	26
Gases de efecto invernadero	27
Cambio climático	28
Los bosques y el cambio climático	29
Captura o secuestro de carbono	30
El carbono en los ecosistemas forestales.....	31
Economía ambiental.....	32
Valoración económica ambiental.....	33
Métodos de valoración económica.....	33
Métodos indirectos de valoración económica.....	34
Método directo de valoración económica.....	36
Servicios ambientales.....	37
Servicios ambientales de los bosques	38
Mercado de carbono.....	38
Tipos de mercados de carbono	39
• Mercado de cumplimiento o regulado	39
• Mercado voluntario.....	40
Huella de carbono	41
Bosques nativos	42
Especies nativas	43
Ventajas de las especies nativas.....	43

Desventajas de las especies nativas.....	44
Especies en estudio	44
Especie <i>Podocarpus sprucei</i>	44
Especie <i>Oreocallis grandiflora</i>	46
Especie <i>Alnus glutinosa</i>	48
Especie <i>Oreopanax ecuadorensis</i>	50
Biomasa vegetal	52
Ciclo del carbono	52
El dióxido de carbono y el efecto invernadero	53
Función de los bosques en el ciclo global del carbono	54
Sumideros de carbono	55
Ecuador y los mecanismos de desarrollo limpio	56
Protocolo de Kioto	57
Acuerdo de París	58
Capítulo III. Materiales y métodos	58
1. Delimitación.....	59
1.2. Delimitación del Área de estudio.....	59
1.3. Diseño de la investigación	61
1.4. Diseño del muestreo	61
2. Mensuración forestal	63
2.1. Diámetro a la altura de pecho (DAP)	63
2.2. Altura del árbol	64
2.3. Valoración cuantitativa de las especies inventariadas.....	66
2.3.1. Estimación del área basal	66
2.3.2. Estimación del volumen de árbol en pie	67
2.4. Biomasa Forestal.....	68
2.4.1. Determinación del peso verde de la biomasa aérea.....	68
2.4.2. Determinación del peso verde de la biomasa radicular	69
2.4.3. Determinación del peso verde de la biomasa total	69
2.4.4. Determinación del peso verde de la biomasa seca	70
2.5. Carbono capturado	70
2.5.1. Cálculo de carbono aéreo total	70
2.5.2. Cálculo del carbono radicular.....	71

2.5.3.	Cálculo carbono total	71
2.5.4.	Cálculo del dióxido de carbono capturado.....	71
2.6.	Análisis de la biodiversidad.....	72
2.6.1	Frecuencia	72
2.6.2.	Dominancia	73
2.7.	Índice de valor de importancia (IVI).....	74
3.	Valoración económica.....	74
3.1.	Proyección de ingresos como egresos para el ACMUS San Bartolomé	76
3.1.1.	Ingresos	76
3.1.2.	Egresos	77
3.1.3.	Proyección de egresos para diez años.....	81
3.2.	Análisis costo – beneficio.....	81
3.2.1.	Inversión inicial	82
3.2.2.	Valor actual neto (VAN).....	82
3.2.3.	Tasa interna de retorno (TIR).....	83
3.2.4.	Relación costo – beneficio	84
3.3.	Análisis descriptivo	85
3.3.1.	Histogramas.....	85
4.	Plan de manejo ambiental.....	85
Capítulo IV Resultados y Análisis.....		87
1.	Georreferencia de los sitios de estudio	87
2.	Estimación de la captura de carbono de las especies	88
2.1.	Cálculo del diámetro a la altura del pecho.....	88
2.2.	Altura del árbol	89
2.3.	Estimación del Área basal	90
2.4.	Estimación del volumen de árbol en pie.....	91
2.5.	Biomasa forestal.....	94
2.5.1.	Determinación del peso verde de la biomasa aérea.....	94
2.5.2.	Determinación del peso verde de la biomasa radicular	96
2.5.3.	Determinación del peso verde de la biomasa total	98
2.5.4.	Determinación del peso verde de la biomasa seca	100
2.6.	Carbono capturado	102
2.6.1.	Cálculo de carbono aéreo total	102

2.6.2.	Cálculo del carbono radicular.....	104
2.6.3.	Cálculo carbono total.....	106
2.6.4.	Estimación del carbono capturado.....	108
2.7.	Índice de valor de importancia (IVI).....	110
3.	Valoración económica según las especies muestreadas	111
3.1.	Cálculo de ingresos y egresos en el ACMUS “San Bartolomé”, según las especies de estudio	112
3.1.1.	Ingresos según escenarios escogidos	112
3.1.2.	Egresos proyectados en el ACMUS San Bartolomé por especie	113
3.2.	Análisis Costo-Beneficio del rendimiento de las especies de estudio	115
3.2.1.	Escenario 1: Mercado voluntario.....	115
3.2.2.	Escenario 2: Mercado de cumplimiento.....	116
3.3.	Análisis descriptivo	117
3.4.	Histogramas	117
3.4.1.	Histogramas de la especie <i>Alnus glutinosa</i>	117
3.4.2.	Histogramas de la especie <i>Podocarpus sprucei</i>	122
3.4.3.	Histogramas de la especie <i>Oreopanax ecuadorensis</i>	127
3.4.4.	Histogramas de la especie <i>Oreocallis grandiflora</i>	132
3.5.	Análisis descriptivo de la especie <i>Alnus glutinosa</i>	137
3.6.	Análisis descriptivo de la especie <i>Podocarpus sprucei</i>	138
3.7.	Análisis descriptivo de la especie <i>Oreopanax ecuadorensis</i>	139
3.8.	Análisis descriptivo de la especie <i>Oreocallis grandiflora</i>	139
4.	Plan de manejo ambiental para la Conservación de las especies <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Podocarpus sprucei</i> , <i>Oreopanax ecuadorensis</i> y <i>Oreocallis grandiflora</i> en el ACMUS San Bartolomé.....	140
4.1.	Aspectos generales	141
4.1.1.	Antecedentes	141
4.1.2.	Ubicación política y geográfica	143
4.1.3.	Descripción general del contexto a nivel cantonal, parroquial y local.....	144
4.1.4.	Extensión y límites	144
4.2.	Diagnóstico ambiental	145
4.2.1.	Medio físico	145
4.2.1.1.	Clima	145
4.2.1.2.	Suelo.....	147

4.2.1.3. Hidrología.....	148
4.2.2. Medio biótico	149
4.2.2.1. Flora	149
4.2.2.2. Fauna	149
4.2.3. Análisis medio social	150
4.2.3.1. Socioeconómico	150
4.3. Propuesta ambiental	152
4.3.1. Plan de Prevención, mitigación, remediación y compensación Ambiental 152	
4.3.2. Programa de monitoreo, control y seguimiento	153
4.3.3. Plan de contingencia	153
Capítulo V. Discusión	155
Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones	156
Capítulo VII. Bibliografía	160
Capítulo VII Anexos	178
Anexo 1	178
Anexo 2	181
Anexo 3	191

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Factores de forma</i>	67
Tabla 2 <i>Escenario 1: Mercado de carbono voluntario</i>	75
Tabla 3 <i>Escenario 2: Mercado de carbono regulado o de cumplimiento</i>	76
Tabla 4 <i>Gastos generados en el ACMUS San Bartolomé en el año 2018</i>	77
Tabla 5 <i>Gastos generados en el ACMUS San Bartolomé en el año 2019</i>	78
Tabla 6 <i>Gastos generados en el ACMUS San Bartolomé en el año 2020</i>	79
Tabla 7 <i>Gastos generados en el ACMUS San Bartolomé en el año 2018</i>	79
Tabla 8 <i>Gastos generados en el ACMUS San Bartolomé en el año 2019</i>	80
Tabla 9 <i>Gastos generados en el ACMUS San Bartolomé en el año 2020</i>	80
Tabla 10 <i>Datos Georreferenciales de la distribución de las parcelas en el ACMUS San Bartolomé</i>	87
Tabla 11 <i>Diámetro a la altura del pecho (DAP) máxima y mínima de las especies en estudio</i>	88
Tabla 12 <i>Alturas totales máximas y mínimas de las especies en estudio muestreadas</i> .	89
Tabla 13 <i>Área basal de las especies en estudio</i>	90
Tabla 14 <i>Volumen de árboles en pie de la especie <i>Alnus glutinosa</i></i>	91
Tabla 15 <i>Volumen de árboles en pie de la especie <i>Podocarpus sprucei</i></i>	92
Tabla 16 <i>Volumen de árboles en pie de la especie <i>Oreopanax ecuadorensis</i></i>	92
Tabla 17 <i>Volumen de árboles en pie de la especie <i>Oreocallis grandiflora</i></i>	93
Tabla 18 <i>Biomasa verde aérea de la especie <i>Alnus glutinosa</i></i>	94
Tabla 19 <i>Biomasa verde aérea de la especie <i>Podocarpus sprucei</i></i>	94
Tabla 20 <i>Biomasa verde aérea de la especie <i>Oreopanax ecuadorensis</i></i>	95
Tabla 21 <i>Biomasa verde aérea de la especie <i>Oreocallis grandiflora</i></i>	96
Tabla 22 <i>Biomasa verde radicular de la especie <i>Alnus glutinosa</i></i>	96
Tabla 23 <i>Biomasa verde radicular de la especie <i>Podocarpus sprucei</i></i>	97
Tabla 24 <i>Biomasa verde radicular de la especie <i>Oreopanax Ecuadorensis</i></i>	97
Tabla 25 <i>Biomasa verde radicular de la especie <i>Oreocallis glandiflora</i></i>	98
Tabla 26 <i>Biomasa verde total de la especie <i>Alnus glutinosa</i></i>	98
Tabla 27 <i>Biomasa verde total de la especie <i>Podocarpus sprucei</i></i>	99
Tabla 28 <i>Biomasa verde total de la especie <i>Oreopanax ecuadorensis</i></i>	99
Tabla 29 <i>Biomasa verde total de la especie <i>Oreocallis glandiflora</i></i>	100
Tabla 30 <i>Biomasa seca de la especie <i>Alnus glutinosa</i></i>	100
Tabla 31 <i>Biomasa seca de la especie <i>Podocarpus sprucei</i></i>	101

Tabla 32 <i>Biomasa seca de la especie Oreopanax ecuadorensis</i>	101
Tabla 33 <i>Biomasa seca de la especie Oreocallis grandiflora</i>	102
Tabla 34 <i>Carbono aéreo total de la especie Alnus glutinosa</i>	102
Tabla 35 <i>Carbono aéreo total de la especie Podocarpus sprucei</i>	103
Tabla 36 <i>Carbono aéreo total de la especie Oreopanax ecuadorensis</i>	103
Tabla 37 <i>Carbono aéreo total de la especie Oreocallis grandiflora</i>	104
Tabla 38 <i>Carbono radicular de la especie Alnus glutinosa</i>	104
Tabla 39 <i>Carbono radicular de la especie Podocarpus sprucei</i>	105
Tabla 40 <i>Carbono radicular de la especie Oreopanax ecuadorensis</i>	105
Tabla 41 <i>Carbono radicular de la especie Oreocallis grandiflora</i>	106
Tabla 42 <i>Carbono total de la especie Alnus glutinosa</i>	106
Tabla 43 <i>Carbono total de la especie Podocarpus sprucei</i>	107
Tabla 44 <i>Carbono total de la especie Oreopanax ecuadorensis</i>	107
Tabla 45 <i>Carbono total de la especie Oreocallis grandiflora</i>	108
Tabla 46 <i>Captura de dióxido de carbono de la especie Alnus glutinosa</i>	108
Tabla 47 <i>Captura de dióxido de carbono de la especie Podocarpus sprucei</i>	109
Tabla 48 <i>Captura de dióxido de carbono de la especie Oreopanax ecuadorensis</i>	109
Tabla 49 <i>Captura de dióxido de carbono de la especie Oreocallis grandiflora</i>	110
Tabla 50 <i>Índice de valor de importancia (IVI) de las especies muestreadas</i>	110
Tabla 51 <i>Valoración económica de las especies en estudio</i>	111
Tabla 52 <i>Ingresos por dióxido de carbono (CO₂) capturado</i>	113
Tabla 53 <i>Egresos proyectados desde el año 2021 hasta el año 2033</i>	114
Tabla 54 <i>Análisis descriptivo de la especie Alnus glutinosa</i>	137
Tabla 55 <i>Análisis descriptivo de la especie Podocarpus sprucei</i>	138
Tabla 56 <i>Análisis descriptivo de la especie Oreopanax ecuadorensis</i>	139
Tabla 57 <i>Análisis descriptivo de la especie Oreocallis grandiflora</i>	140
Tabla 58 <i>Datos de las especies muestreadas en el ACMUS San Bartolomé en la parcela 1</i>	181
Tabla 59 <i>Datos de las especies muestreadas en el ACMUS San Bartolomé en la parcela 2</i>	182
Tabla 60 <i>Datos de las especies muestreadas en el ACMUS San Bartolomé en la parcela 3</i>	184
Tabla 61 <i>Datos de las especies muestreadas en el ACMUS San Bartolomé en la parcela 4</i>	186

Tabla 62 *Datos de las especies muestreadas en el ACMUS San Bartolomé en la parcela 5* 188

Tabla 63 *Datos de las especies muestreadas en el ACMUS San Bartolomé en la parcela 6* 189

Índice de figuras

Figura 1 <i>Podocarpus sprucei</i>	45
Figura 2 <i>Oreocallis grandiflora</i>	47
Figura 3 <i>Alnus glutinosa</i>	49
Figura 4 <i>Oreopanax ecuadorensis</i>	50
Figura 5 Mapa de ubicación del ACMUS San Bartolomé	60
Figura 6 Diseño de muestreo aleatorio simple.	62
Figura 7 Medición del DAP en una especie de estudio	64
Figura 8 Formas de medición del DAP según el tipo de terreno y característica del árbol	64
Figura 9 Alturas del árbol	65
Figura 10 Mapa de la distribución de las parcelas en el ACMUS San Bartolomé	88
Figura 11 Modelo de regresión lineal para egresos del año 2018 – 2020	114
Figura 12 Histograma del DAP de la especie <i>Alnus glutinosa</i>	118
Figura 13 Histograma de la altura total de la especie <i>Alnus glutinosa</i>	118
Figura 14 Histograma de área basal de la especie <i>Alnus glutinosa</i>	119
Figura 15 Histograma de volumen de la especie <i>Alnus glutinosa</i>	120
Figura 16 Histograma de la biomasa seca de la especie <i>Alnus glutinosa</i>	120
Figura 17 Histograma de carbono total almacenado de la especie <i>Alnus glutinosa</i> ..	121
Figura 18 Histograma del CO2 capturado de la especie <i>Alnus glutinosa</i>	122
Figura 19 Histograma del DAP de la especie <i>Podocarpus sprucei</i>	123
Figura 20 Histograma de la altura total de la especie <i>Podocarpus sprucei</i>	123
Figura 21 Histograma de área basal de la especie <i>Podocarpus sprucei</i>	124
Figura 22 Histograma de volumen de la especie <i>Podocarpus sprucei</i>	125
Figura 23 Histograma de la biomasa seca de la especie <i>Podocarpus sprucei</i>	125
Figura 24 Histograma de carbono total almacenado de la especie <i>Podocarpus sprucei</i>	126
Figura 25 Histograma del CO2 capturado de la especie <i>Podocarpus sprucei</i>	127
Figura 26 Histograma del DAP de la especie <i>Oreopanax ecuadorensis</i>	128
Figura 27 Histograma de la altura total de la especie <i>Oreopanax ecuadorensis</i>	128
Figura 28 Histograma del área basal de la especie <i>Oreopanax ecuadorensis</i>	129
Figura 29 Histograma del volumen de la especie <i>Oreopanax ecuadorensis</i>	130
Figura 30 Histograma de la biomasa seca de la especie <i>Oreopanax ecuadorensis</i> ...	130

Figura 31 <i>Histograma del carbono total almacenado de la especie Oreopanax ecuadorensis</i>	131
Figura 32 <i>Histograma del CO2 capturado de la especie Oreopanax ecuadorensis</i> ...	132
Figura 33 <i>Histograma del DAP de la especie Oreocallis grandiflora</i>	133
Figura 34 <i>Histograma de la altura total de la especie Oreocallis grandiflora</i>	133
Figura 35 <i>Histograma del área basal de la especie Oreocallis grandiflora</i>	134
Figura 36 <i>Histograma del volumen de la especie Oreocallis grandiflora</i>	135
Figura 37 <i>Histograma de la biomasa seca de la especie Oreocallis grandiflora</i>	135
Figura 38 <i>Histograma del carbono total almacenado de la especie Oreocallis grandiflora</i>	136
Figura 39 <i>Histograma del CO2 capturado de la especie Oreocallis grandiflora</i>	137
Figura 40 <i>Mapa de ubicación del ACMUS</i>	143
Figura 41 <i>Mapa de precipitación del ACMUS</i>	146
Figura 42 <i>Mapa de temperatura media anual del ACMUS</i>	147
Figura 43 <i>Mapa de uso del suelo del ACMUS</i>	148
Figura 44 <i>Mapa hidrológico del ACMUS</i>	149
Figura 45 <i>Fauna del cantón Sígsig</i>	150
Figura 46 <i>Censo de población y vivienda 2010</i>	151
Figura 47 <i>Distribución de las especies en la parcela 1</i>	178
Figura 48 <i>Distribución de las especies en la parcela 2</i>	178
Figura 49 <i>Distribución de las especies en la parcela 3</i>	179
Figura 50 <i>Distribución de las especies en la parcela 4</i>	179
Figura 51 <i>Distribución de las especies en la parcela 5</i>	180
Figura 52 <i>Distribución de las especies en la parcela 6</i>	180
Figura 53 <i>Recolección de datos en campo en el ACMUS San Bartolomé</i>	191

Índice de anexos

Anexo 1	178
Anexo 2	181
Anexo 3	191

Resumen

En el presente trabajo de investigación se realizó la valoración económica de la captura de carbono de las especies nativas *Podocarpus sprucei*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus glutinosa* y *Oreopanax ecuadorensis* en el Área de conservación municipal y uso sustentable (ACMUS) San Bartolomé en el cantón Sígsig - Ecuador. La metodología utilizada para la estimación de captura de carbono fue la del método no destructivo o indirecto, donde la recolección de datos fue *in-situ*, en seis parcelas seleccionadas aleatoriamente con longitudes de 50 x 50m, obteniendo datos como el CAP y altura total del árbol para cada especie, con los cuales se obtienen los valores posteriores como el área basal, volumen del árbol en pie, biomasa forestal, carbono total y CO₂ capturado, siendo este último el valor de mayor importancia para nuestra investigación, del cual se obtuvo que *Podocarpus sprucei* captura 6,60 toneladas, *Oreocallis grandiflora* captura 7,48 toneladas, *Alnus glutinosa* captura 20,91 toneladas y *Oreopanax ecuadorensis* captura 9,18 toneladas. La valoración económica se realizó considerando el mercado voluntario con la entidad Carbonfund que fue rechazado debido a que no era un proyecto viable en cuanto a la TIR, y el mercado de cumplimiento con la entidad EU-ETS que generó un valor de \$10.729,94, estableciendo el proyecto como totalmente viable. En esta investigación se propone un plan de manejo ambiental para la conservación y protección de las especies nativas, centradas en tres planes fundamentales como el plan de prevención y mitigación de impacto, plan de monitoreo y seguimiento y plan de contingencia, basados en el suelo, agua, flora y medio humano.

Palabras clave: Captura de carbono, valoración económica, mercado voluntario, mercado de cumplimiento, especies nativas

Abstract

In this research work, the economic valuation of carbon sequestration of native species *Podocarpus sprucei*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus glutinosa* and *Oreopanax ecuadorensis* in the Municipal Conservation and Sustainable Use Area (ACMUS) San Bartolomé in the canton of Sígüig - Ecuador was carried out. The methodology used for the estimation of carbon sequestration was the non-destructive or indirect method, where data collection was in-situ, in six randomly selected plots with lengths of 50 x 50m, obtaining data such as the CAP and total height of the tree for each species, with which subsequent values such as basal area are obtained, The latter being the most important value for our research, from which it was obtained that *Podocarpus sprucei* captures 6.60 tons, *Oreocallis grandiflora* captures 7.48 tons, *Alnus glutinosa* captures 20.91 tons and *Oreopanax ecuadorensis* captures 9.18 tons. The economic valuation was carried out considering the voluntary market with the Carbonfund entity, which was rejected because it was not a viable project in terms of IRR, and the compliance market with the EU-ETS entity, which generated a value of \$10,729.94, establishing the project as totally viable. This research proposes an environmental management plan for the conservation and protection of native species, focused on three fundamental plans such as the impact prevention and mitigation plan, monitoring and follow-up plan, and contingency plan, based on soil, water, flora, and human environment.

Key words: Carbon sequestration, economic valuation, voluntary market, compliance market, native species.

Capítulo I. Introducción

Problema de estudio.

En el transcurso del tiempo, el clima mundial ha presentado alteraciones de diferente duración por encima o por debajo de lo normal, conocida como variabilidad climática, teniendo consecuencias por causas naturales y actividades humanas (IDEAM - UNAL, 2018). Siendo las últimas décadas las más afectadas, ya que científicamente se afirma que las variaciones están directamente relacionadas con las actividades antropogénicas, que generan el aumento de los gases de efecto invernadero y a su vez, contribuyen al cambio climático (Yepes & Silveira, 2011).

Según el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021), los científicos han notado las fluctuaciones que se han dado en el clima del Planeta, en todas sus regiones y en su sistema climático simultáneamente. Estos cambios han sido observados hace cientos de miles de años y aseguran que algunos cambios podrían no revertirse hasta dentro de varios siglos o milenios. Sin embargo, la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y de otros gases de efecto invernadero ayudan a frenar el cambio climático.

El cambio climático es la variación global del clima de la Tierra debido a causas naturales, pero principalmente a la acción humana (CEPAL, 2016). Esta problemática está presente a nivel global, donde la tala de árboles ha contribuido en gran medida a su avance (Guerra, 2013). Es por esta razón, que hace mucho tiempo los bosques han sido considerados en las negociaciones internacionales del cambio climático y han dado valor a la captura de carbono como medida para reducir los gases de efecto invernadero (Morales & Vásquez, 2019)

En Ecuador, según el registro del año 2012 del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) incrementaron a 80.627,16 Gg de CO₂ eq, donde el sector Energía ocupa el 46,63% de emisiones totales netas, las actividades del Sector de Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura corresponden al 25,35%, la Agricultura con el 18,17% y seguida por los sectores de Procesos industriales y Residuos teniendo el 5,67% y 4,19%, respectivamente (Guevara et al., 2016).

De acuerdo a los análisis de la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, entre los impactos más probables que se podrían verificar en el Ecuador se destacan: la intensificación de eventos climáticos extremos, el incremento del nivel del mar, el retroceso de los glaciares, la disminución de la escorrentía anual, el incremento de la transmisión de dengue y otras enfermedades tropicales, la expansión de las poblaciones de especies invasoras en Galápagos y otros ecosistemas sensibles del Ecuador continental, y la extinción de especies (MAE, 2012). Por esta razón, se sugiere como una opción el secuestro de carbono para ayudar a mitigar el aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera (Mangalassery et al., 2014).

La captura o secuestro de carbono es una alternativa y componente importante para la reducción del cambio climático, gracias a que los árboles ayudan a reducir el CO₂ que llega a la atmósfera y a su vez libera O₂, teniendo de esta forma un ambiente sano y limpio (Sanahuja, 2013).

Así también, los bosques son considerados como una alternativa eficaz para la mitigación de los efectos del calentamiento global y preservación de los recursos naturales, ya que los árboles son los encargados de la captación de dióxido de carbono (CO₂) que es tomado de la atmósfera y devuelto a la misma mediante los procesos de fotosíntesis y respiración (Gutiérrez Flores, 2016). Dada esta alternativa, se puede

vender servicios de secuestro de CO₂ como un financiamiento para proteger áreas verdes, las cuales figuran como sumideros importantes de carbono (C) (Ávila et al., 2001).

Dada la necesidad de crear mecanismos para la mitigación de las consecuencias del cambio climático, hace de vital importancia estudiar el papel que desempeñan las especies nativas *Podocarpus sprucei*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus glutinosa* y *Oreopanax ecuadorensis* en el Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable San Bartolomé – Sígsig - Ecuador, determinando la captura de carbono mediante el Método No Destructivo y así como, su valoración económica, proporcionando información en beneficio de la conservación y protección de áreas naturales.

Justificación.

El Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable (ACMUS) San Bartolomé fue creada en el año 2017 mediante la “Ordenanza para la protección y restauración de fuentes de agua, ecosistemas frágiles, biodiversidad y servicios ambientales del cantón Sígsig a través de la creación y gestión de áreas de conservación municipal y uso sustentable”. El ACMUS San Bartolomé posee un área de 236,76 ha (SENAGUA, 2018).

La constante lucha contra el calentamiento global, causada por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente el dióxido de carbono (CO₂) presente en la atmósfera, se debe combatir con la implementación de actividades o proyectos que ayuden a disminuir el daño ambiental que está siendo ocasionado. Para mitigar los efectos del CO₂, es de gran importancia reducir las emisiones del mismo y almacenarlo el mayor tiempo posible en la biomasa de las plantas, mediante cultivos

agrícolas y la implementación de buenas prácticas ambientales en los mismos (Ramos & Rincón, 2020)

Una de las vías de reducción de las emisiones netas de CO₂ es incrementar los niveles de captura y fijación, a corto y medio plazo, de este gas causante del efecto invernadero. En este sentido, las áreas forestales juegan un papel fundamental por la capacidad de transformar el carbono del CO₂ de la atmósfera en biomasa viva, y actuar como sumideros de carbono regulando su concentración en la atmósfera (Pece et al., 2016).

La vegetación es un elemento natural que cumple un papel importante ambientalmente, ayudando a mejorar la calidad del aire atmosférico, donde la fotosíntesis captura y retiene el carbono presente en el aire (Ávila Pozo, 2017). Por esta razón, es importante generar datos para conocer la importancia que tienen las especies vegetales dentro de un lugar como una medida de mitigación del cambio climático y disminución de la emisión de gases.

El siguiente proyecto de investigación tiene como finalidad valorar económicamente la captación de captura de carbono en el Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable (ACMUS) San Bartolomé, por lo que se pretende valorar la zona y contribuir a la disminución de Gases de Efecto Invernadero (GEI), debido a que existe un recurso forestal que es sometido a la deforestación destinado al sector agropecuario, el cual puede ser recuperado y aprovechado con el fin de evitar cambios en la vegetación nativa que existe en la zona, contribuyendo al aprovechamiento sostenible y a la conservación de los recursos naturales existentes, enfocándose en los tratados internacionales para la reducción de GEI a favor del cambio climático como es el Tratado de Kioto, y así también en la Constitución del Ecuador 2008, en el artículo

66 numeral 27 donde nos dice “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza”.

Ecuador es un país megadiverso, de manera que es de vital importancia crear acciones o mecanismos para preservar, conservar y restaurar los bosques, teniendo una base científica que en su mayoría es escasa o casi nula.

Cabe mencionar que el proyecto se ejecutara para conocer que zonas tendrán mayor valoración de captura de carbono para que los habitantes del sector y de los alrededores conozcan el grado de captación de CO₂, y la vez sirva como fuente de información para realizar futuras investigaciones, generando así un impacto positivo en la Parroquia San Bartolomé – Sígsig – Ecuador.

Objetivos.

Objetivo General

Determinar el valor económico de la captura de carbono en las especies nativas *Podocarpus sprucei*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus glutinosa* y *Oreopanax ecuadorensis* en el Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable (ACMUS) San Bartolomé – Sígsig – Ecuador.

Objetivos Específicos.

- Identificar las especies *Podocarpus sprucei*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus glutinosa* y *Oreopanax ecuadorensis* y su papel ambiental que cumplen en el Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable (ACMUS) San Bartolomé – Sígsig – Ecuador.
- Estimar la captura de carbono de las especies *Podocarpus sprucei*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus glutinosa* y *Oreopanax ecuadorensis*.

- Valorar y comparar económicamente la captura de carbono de las especies *Podocarpus sprucei*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus glutinosa* y *Oreopanax ecuadorensis*.
- Proponer un plan de manejo ambiental para la conservación de las especies *Podocarpus sprucei*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus glutinosa* y *Oreopanax ecuadorensis* en el Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable (ACMUS) San Bartolomé – Sígsig – Ecuador.

Capítulo II. Marco Teórico.

Áreas de Conservación y Uso Sustentable (ACMUS)

El Área de Conservación Municipal y Uso Sostenible (ACMUS) se define como “Un espacio del territorio cantonal, reservado oficialmente por el Municipio como consecuencia de la vigencia de este instrumento, en concordancia con la legislación nacional, sobre la cual se ejerce una limitación al uso de la tierra, al que se somete uno o más bienes inmuebles (predios), sean públicos, mixtos, privados o comunitarios, con fines de preservación, conservación, restauración ecosistémica o productividad sostenible en áreas prioritarias para el aseguramiento de la calidad y cantidad del agua, protección de la biodiversidad y prestación de servicios ambientales” (Municipio de Loja, 2020).

Las áreas de conservación municipales fueron establecidas bajo una ordenanza en cada cantón desde el año 2009. Los últimos años, el Fondo Regional del Agua con apoyo de la cooperación, ha promovido la actualización de estas ordenanzas de conservación y uso sostenible denominadas ACMUS, basados en la ley como el código ambiental COA, que incluyen todos los bosques en buen estado, las fuentes de agua para consumo humano y zonas que generen conectividad biológica entre áreas o

ecosistemas rotos por las actividades ganaderas o agrícolas. Para el año 2020 se han establecido 337.835,99 hectáreas en la Región 7 con una proyección estratégica al año 2025 de 551.823,63 hectáreas de conservación del sur del país, que genera además conectividad con los parques nacionales *Podocarpus*, Yacuri, erro Plateado, Corredor Sangay-Podocarpus (FORAGUA, 2020).

Calentamiento global

El calentamiento global se define como el continuo aumento de la temperatura mundialmente, que se deriva de los gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, donde evitan que los rayos solares salgan de la Tierra. Se le puede considerar como un fenómeno que provoca el incremento de la temperatura atmosférica y de los recursos hídricos, y así también como una representación computacional que predice el aumento a largo plazo de la temperatura (Benavides & Leon, 2007)

En el informe especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) referente a el calentamiento global, nos presentan nuevas estimaciones sobre las probabilidades de exceder el nivel de calentamiento global de 1,5 °C en las próximas décadas, y se concluye que, al menos que las emisiones de gases de efecto invernadero se disminuyan de manera inmediata, rápida y a gran escala, frenara el calentamiento a cerca de 1,5 °C e incluso a 2 °C será un objetivo inalcanzable (IPCC, 2021).

Efecto invernadero

El efecto invernadero se le determina como un mecanismo por el cual la atmósfera del planeta se calienta (Caballero et al., 2007). De igual forma, se le considera un fenómeno natural, por el que los gases que están presentes en la atmósfera retienen el calor que emite la Tierra. Donde el calor que se origina por la radiación

solar, rebota en la superficie terrestre y queda atrapado en la capa de los gases de efecto invernadero (GEI), aumentando la temperatura ambiental, lo que provoca un desequilibrio en el planeta (Velasquez Escobedo, 2019). Del cual solo el 40% de la luz del sol que cae sobre la superficie de la tierra, se vuelve a irradiar hacia la atmósfera en forma de radiaciones de onda larga y el 75% de esta energía es absorbida por los gases de efecto invernadero (Correa Bravo, 2016).

Al carecer de efecto invernadero la Tierra tendría en su atmósfera un 0.03% de CO₂, de modo que nos encontraríamos perpetuamente congelados, con una temperatura media global de -15°C (bajo cero). Por esta razón, podemos decir que la composición de la atmósfera afecta de manera fundamental al clima; mientras más gases de invernadero se encuentren en la atmósfera terrestre, mayor será la temperatura global del planeta, y mientras menos haya, más fría será la Tierra (Caballero et al., 2007).

Gases de efecto invernadero

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son gases que se encuentran presentes en la atmósfera contribuyendo al efecto invernadero, que tiene origen antropogénico y natural. De manera que las emisiones continuas de estos gases origina un mayor calentamiento de la capa de la superficie terrestre, ya que absorben mayor radiación que la que emiten (CEPSA, 2015).

Los gases de efecto invernadero existentes en la atmósfera son: Ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), los clorofluorocarbonos (CFC), Óxido Nitroso (N₂O), dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), siendo estos tres últimos considerados como los principales gases de efecto invernadero, ya que, representan menos del 1% de la atmósfera, donde este pequeño porcentaje es significativo, debido a que, puede llegar

a producir un efecto invernadero natural y mantener el planeta más caliente (Mendoza & Jiménez, 2017)

Los efectos que tiene estos gases en el cambio climático, se dan por tres factores como son la concentración o cantidad de gases en la atmósfera, el tiempo de permanencia y el nivel de impacto en la temperatura mundial (CEPSA, 2015)

Cambio climático

Según la convención macro de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define al cambio climático como “el cambio de clima atribuible directa o indirectamente en la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (Naciones Unidas, 2013) .

La alteración climática acelerada a nivel local, regional y mundial a sido beneficiada, debido a la contribución directa e indirecta de actividades antropogénicas diarias, que han logrado cambiar los procesos naturales. En el cual los eventos climáticos de gran impacto han llegado a todos los niveles sociales, volviendo más vulnerables a las poblaciones, y dejando en manifiesto que las medidas regidas hasta el momento no son satisfactorias (Yepes - Mayorga, 2012).

El cambio climático es el causante de la gran pérdida de la biodiversidad albergando todos los elementos de la naturaleza como son suelo, aire, agua e incluso flora y fauna, donde estos ecosistemas han cambiado en consecuencia del aumento de la temperatura global (Masson et al., 2018). Además, se proyecta que el incremento de las temperaturas repercutirá en el funcionamiento de aquellos ecosistemas y los medios de vida que dependen de la biodiversidad (Graziano da Silva, 2017).

Los bosques y el cambio climático

Los bosques sustentan a más de mil millones de personas que se albergan en situaciones de pobreza alrededor del mundo, y así también brindan empleo asalariado a más de 100 millones. Son la casa de más del 80% de la biodiversidad terrestre de la Tierra y coopera a la protección de los cuerpos de aguas primordiales para el suministro de agua potable a gran parte de la humanidad. Pero, el cambio climático plantea grandes retos para los bosques y los seres vivos, donde la mitigación y adaptación son dos mecanismos básicos de respuesta ante el cambio climático. La mitigación busca abordar sus causas, mientras que la adaptación busca reducir sus efectos (Busso, 2017).

Los bosques y el cambio climático están estrechamente relacionados, ya que la variación del clima afecta directamente a los bosques, por los eventos extremos que se dan y como las alteraciones bruscas de precipitación y temperatura, teniendo incidencia en la formación y función que desempeñan los bosques. Por esta razón, los ecosistemas forestales realizan una función indispensable como es la captura o almacenamiento de dióxido de carbono (CO₂), aportando a la mitigación de los efectos del cambio climático. En los árboles en los bosques, el carbono compone alrededor del 20 % de su peso vivo, o representa el 50% de su peso seco o biomasa (Mogrovejo, 2017).

Los bosques tienen resultados positivos a la adaptación del cambio climático o condiciones fluctuantes del clima, cuando su biodiversidad nativa u original se encuentre casi intacta. Por lo que, en este sentido el manejo y la gestión sostenible de los bosques, previniendo la deforestación y degradación, y aumentando los sumideros de carbono, proporcionará como resultado el incremento de la capacidad de adaptación y resiliencia (MINAM, 2016).

Captura o secuestro de carbono

La captación o secuestro de carbono consiste en un servicio ambiental basado en la capacidad de los árboles de capturar el carbono de la atmósfera como biomasa, considerándolo, así como una herramienta para la reducción de este gas y evitar que este llegue a la atmósfera. La captación se da en la formación del árbol, ya que mediante la fotosíntesis absorben el dióxido de carbono (CO₂), donde lo transforma en materia prima que se integra a la estructura de la planta como glucosa. Según estudios previos, se puede considerar que una tonelada métrica de CO₂ equivale a 0,27 toneladas de carbón en la biomasa. El potencial de secuestro de carbono en un árbol se sujeta a la densidad de la planta, donde mientras más densa y dura la madera de la planta capta mayor cantidad de carbono (Muñoz & Vasquez, 2020).

La captura y almacenamiento de CO₂ es una herramienta factible para la disminución de los efectos del cambio climático, que es provocado por actividades humanas como la deforestación, cambios de uso de suelo, abuso en la utilización de combustibles fósiles, la quema de bosques, entre otras actividades. Convirtiendo a la acumulación de Gases de Efecto invernadero (GEI) en la atmósfera como un potencial problema ambiental del siglo XXI, debido a su exceso (Paricahua Choque, 2021)

Cabe recalcar que el secuestro y almacenamiento de carbono en los bosques tanto templados como tropicales, son en mayor cantidad que en otro ecosistema terrestre, participando con el 90% de interacción anual de carbono entre la atmósfera y el suelo (Ferruzola Sanchez, 2021).

La capacidad de los bosques para retener y secuestrar carbono contribuye a la mitigación de los efectos del cambio climático, puesto que reduce el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera y esta contribución, especialmente de los bosques

nativos conforman las iniciativas internacionales fundamentales de la Convención Marco de las Naciones Unidas contra el Cambio Climático (CMNUCC), enfocadas principalmente en la disminución de emisiones por deforestación y degradación, también conocido como REDD+ (CONAF, 2019).

El carbono en los ecosistemas forestales

Cuando el dióxido de carbono se asocia a la fotosíntesis de las plantas, comienza a ser participe en el desarrollo de materia prima como la glucosa para el crecimiento de los árboles tanto en su altura como en su grosor. Por lo que, se puede decir que el carbono forma parte de la estructura del árbol hasta que sea emitido nuevamente a la atmósfera, considerándolo como el proceso de almacenamiento, y cuando es liberado, este gas fluye y regresa a su ciclo (Ordóñez & Maser, 2001).

Los bosques cubren el 27 % de la superficie terrestre, donde se divide en proporciones de 25%, 33% y 42% para bosques templados, boreales y tropicales, respectivamente, abarcando el 77% de la biomasa viva. Se considera que los bosques representan el 80% del carbono que las plantas y el suelo intercambian con la atmósfera. Y estos desempeñan un papel primordial en el balance de carbono al actuar como sumideros, al absorber este gas en la etapa de desarrollo de los árboles, y así también, ayudar a la reducción de los niveles de carbono atmosférico proveniente de emisiones antropogénicas. Los ecosistemas forestales son los ecosistemas terrestres con un mayor contenido de carbono, estimado en 1640 pg que equivale al 220% de carbono atmosférico, que depende del secuestro de carbono en los árboles, los niveles iniciales de carbono orgánico, edad rodal y la tasa de crecimiento (Pardos, 2010).

Economía ambiental

La economía ambiental es todo proceso o actividad económica que inicia con la valorización de los recursos naturales y termina con la liberación, vertimiento o disposición de residuos al ambiente. El propósito de la economía ambiental es simbolizar la económica real que vivimos y trabajamos como un sistema abierto. Asumiendo y rectificando los problemas ambientales que se originan por el desarrollo económico. El conflicto consiste en cómo solucionar las contradicciones entre las diferentes demandas que satisface el entorno natural y los tipos de crecimiento económico. Busca solventar los problemas ambientales ocasionados por el procedimiento de los sistemas económicos, a través de métodos de valoración y modificación (Labandeira et al., 2007).

Entonces, este tipo de económica se fundamenta en los mismos conceptos y supuestos básicos de la teoría neoclásica, cuyo análisis se centra en la escasez, valorando los bienes de acuerdo con su abundancia – rareza. De modo que, cuando los bienes son escasos se consideran bienes económicos, y cuando son abundantes se consideran bienes no económicos. La economía ambiental se dedica inicialmente a valorar monetariamente al ambiente, y una vez interiorizado, el ambiente adquiere características de un bien económico, es decir, comienza a desarrollar un precio y/o derechos de propiedad (Chang, 2012). Por esta razón, se dice que la economía ambiental busca maneras de compensación a las actividades económicas que originan impactos negativos sobre el ambiente, poniéndolas en práctica por medio de estrategias o políticas ambientales que controlan estos impactos (Flores, 2016)

Valoración económica ambiental

La valoración económica ambiental significa asignar un valor cuantitativo a los bienes y servicios que brindan los recursos naturales, indistintamente de que existan o no mercados que lo favorezcan (Barbier et al., 2020). Es un instrumento que puede ser usada por las sociedades para medir y expresar en unidades comunes, sus pérdidas y beneficios económicos para la protección, restauración, recuperación y conservación, o por lo contrario, los costos de daño o destrucción de los recursos naturales y ambientales (Castiblanco, 2017).

El valor económico atribuido a los recursos naturales es parte importante para la buena gestión de los mismos, puesto que conocer su verdadero valor nos permite clasificarlos según su importancia que muestra la prioridad de su uso, consumo actual y futuro, desde una perspectiva de las personas en general y de los gobiernos (Sarmiento, 2004)

Métodos de valoración económica

Los métodos de Valoración Económica Ambiental se pueden dividir en dos grupos:

1. Los métodos basados en preferencias reveladas, donde se determinan los valores a partir de referencias de mercados relacionados de forma indirecta con los servicios ecosistémicos.
2. Los métodos basados en preferencias declaradas, donde interrelaciona directamente con las personas para adquirir el valor económico de los servicios ecosistémicos (MINAMBIENTE, 2012)

Métodos indirectos de valoración económica

- **Método de costos evitados**

El método de costos evitados o inducidos se utiliza para evaluar tres categorías de Valor de Uso que conforman el valor económico total (VET), como son el Valor de Uso Directo, el Valor de Uso Indirecto y el Valor de Opción.

Este método aborda el caso en que el bien o servicio ambiental analizado no se comercializa en el mercado, sino que está vinculado a un bien económico, es decir, tiene un precio. Y la relación entre ambas es que son sustitutos dentro de ciertas funciones productivas.

Dentro de este contexto hay dos posibilidades que se admiten como:

1. Un bien o servicio ambiental es una contribución más dentro de la función normal de producción de bienes o servicios privados
2. Los bienes o servicios ambientales, junto con otros bienes y servicios, forman parte de la función de producción útil individual o familiar (Cristeche & Penna, 2008).

- **Método de costo de viaje**

El método de costo de viaje en contraste al método de costo evitados se basa en el análisis de la relación entre bienes y servicios privados y ambientales complementarios. Este método también asume funciones de utilidad de separación débil. El método de costo de viaje se centra en las acciones que realizan las personas, y no en lo que declaran (Cristeche & Penna, 2008).

Para la aplicación de este método es necesario obtener información sobre el uso real del medio natural objeto a estudio, y compararlo con los costes pagados por ello.

Para poder aplicar este método es preciso contar con información acerca de la utilización real del entorno natural bajo estudio y luego, compararlo con el costo pagado para poder hacerlo. Este método se apoya del supuesto de que el tiempo y el dinero gastado en viajar al destino en estudio constituye el precio de entrada. Por lo tanto, la disposición a pagar para visitar el lugar se puede valorar por el número de visitas que realizan las personas, las cuales van acompañadas por los diferentes costos de viaje.

Puede utilizarse el método de costo de viaje para evaluar los costes e ingresos derivados de:

- Evolución del coste de acceso a los lugares donde se desarrollan actividades de ocio.
- Eliminación de determinados espacios naturales que prestan servicios recreativos.
- Construcción de una nueva área recreativa.
- Cambios en la calidad ambiental del área de recreación (Cristeche & Penna, 2008)
- **Método de precios hedónicos**

El método de precios hedónicos se emplea para calcular económicamente el valor de los bienes y servicios del ambiente que altera directamente los precios de mercado. Este parte de los principios que el método de los costos de viaje con respecto a las funciones de utilidad de separación débil, lo que significa que la demanda de ciertos atributos ambientales específicos no depende de la demanda de otros bienes, lo que implica una complementariedad débil entre los bienes ambientales y privados. Una

característica de este método es que los bienes ambientales son características o atributos de bienes privados específicos.

La condición básica del método es que los bienes comercializados en el mercado tienen algunas características y propiedades que no pueden obtenerse individualmente porque no se intercambian en un mercado independiente. Se les considera bienes "multiatributo" porque tienen más de un valor de uso, satisfaciendo múltiples necesidades al mismo tiempo.

El método de los precios hedónicos se puede aprovechar para evaluar los beneficios y los costos asociados con la calidad ambiental (como la contaminación del aire y del agua, el ruido, etc.) y servicios ambientales estéticos (paisajismo) y recreativos (MINAMBIENTE, 2012).

Método directo de valoración económica

- **Método de Valoración Contingente**

El método de Valoración Contingente se diferencia de los métodos anteriormente mencionados, ya que es el único directo o hipotético. Es decir, el objetivo de este método es no realizar estimaciones basadas en el comportamiento observado en el mercado, sino que las personas expongan sus preferencias conforme a un determinado bien o servicio ambiental. Siendo el único método que permite cuantificar el valor económico total de un bien o servicio ambiental, ya que puede evaluar los valores de uso como los de no uso, siendo este último el responsable de su generalización, puesto que ningún otro método puede capturarlo (Montoya Colmenares, 2020). Además, el método de Valoración Contingente se muestra como un método comparativo útil, en relación con las dificultades dadas por los métodos indirectos anteriormente mencionados. Sin embargo, este tipo de ejercicio comparativo suele cuestionarse porque

los beneficios medidos por métodos de valoración contingente y los otros métodos (costos de viaje, precios hedónicos, etc.) son diferentes. Así también se considera el método controversial para la valoración económica de los servicios ambientales (Cristeche & Penna, 2008).

El propósito de aplicar el método suele ser la valoración en función de la demanda de un bien que no tiene mercado en el cual comercializarlo ni una relación sustitutiva o complementaria con otros bienes privados. Siendo este último cuando la situación se trata de funciones de utilidad estrictamente separables, por lo que, no queda otra alternativa que preguntar a la gente directamente sobre los cambios en el bienestar experimentados o esperados. Aunque, el método es teóricamente adaptable a todos los acontecimientos de valoración ambiental. (Montoya Colmenares, 2020)

Servicios ambientales

Los servicios ambientales se definen como aquellos proporcionados por los ecosistemas, los recursos, la biodiversidad y los componentes del medio natural que funcionan bien dentro del ambiente, aunque hayan sido o no intervenidos por el ser humano, sustentando la vida en la Tierra (Rojas, 2013).

Según (Villatoro et al., 2004) los servicios ambientales no se convierten en sistemas de producción ni en procesos de uso. Estos servicios abarcan la polinización de cultivos y vegetación natural, el mantenimiento de una amplia variedad de culturas humanas, controlar biológicamente las plagas en los sembríos, purificar el agua y el aire, la dispersión de semillas y el traslado de nutrientes, entre otros. Los ecosistemas se convierten en estos solo si se mantienen las condiciones que permitan su adecuado funcionamiento para seguir brindando servicios (Morales & Vásquez, 2019).

Servicios ambientales de los bosques

Se puede definir como los servicios ambientales de los bosques a aquellos beneficios que los seres humanos reciben de los ecosistemas forestales, ya sea de manera natural o mediante una gestión sustentable practica local, regional o mundialmente. Estos servicios tienen un impacto directo en el sostenimiento de la vida, ya que el sustento y desarrollo de las sociedades depende de un manejo adecuado de los recursos naturales. Por lo tanto, la valoración justa de los ecosistemas y servicios ambientales que nos ofrecen son de vital importancia (Morales & Vásquez, 2019).

La remuneración por servicios ambientales por la conservación y manejo sostenible de ecosistemas forestales, ya se está implementando en nuestro país. Siendo un ejemplo el programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques (REDD) y los mecanismos de desarrollo limpio (MDL), estos dependen de la capacidad de los bosques para capturar, fijar y almacenar carbono atmosférico a través del proceso de fotosíntesis (Tacarpo, 2018).

Mercado de carbono

El mercado de carbono se explica como un sistema de comercio en el que los gobiernos, las empresas o las personas pueden comprar y vender unidades para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. Incluyendo mercados regulados y mercados voluntarios (S. Barros & Ipinza, 2011).

El Protocolo de Kioto estableció la estructura del mercado de carbono, definiendo una finalidad clara para la disminución de emisiones para países industrializados y un mecanismo de carbono para reducir costos de implementación, donde se estableció tres mecanismos para las Partes (Eguren C, 2004):

- 1) El comercio de emisiones entre países desarrollados, donde se abordó la transferencia de disminución de CO₂ entre países industrializados en base a la compra de derechos de emisión de países por debajo de sus cuotas.
- 2) Un mecanismo de ejecución conjunta basada en la transferencia de créditos de carbono entre países desarrollados, accediendo a la certificación de unidades de reducción de emisiones a favor de países que intervienen en proyectos de reducción de emisiones.
- 3) El tercero y último, pertenece a los Mecanismos de desarrollo limpio (MDL), que implica exclusivamente a países en desarrollo, con el fin de que logren beneficios económicos complementarios por la venta de Certificados de Emisiones Reducidas y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (Eguren C, 2004).

El fin de los mercados de carbono se establece en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, dada la necesidad de actuar ante la evidencia de que las actividades antrópicas contribuyen al calentamiento global, trayendo consigo impactos que afectan negativamente al ambiente, la salud humana y la actividad económica (Gonzales, 2013).

Tipos de mercados de carbono

Los mercados de carbono se dividen en dos tipos: el mercado voluntario y el mercado de cumplimiento o regulado

- **Mercado de cumplimiento o regulado**

El mercado de cumplimiento o regulado comercializa créditos de carbono que pueden utilizarse para cumplir con las obligaciones de reducción de emisiones en virtud

de acuerdos legalmente vinculantes. En este tipo de mercado, se les agregado los Fondos de Carbono del Banco Mundial y el Sistema de Transacción de Emisiones de la Unión Europea a los mecanismos flexibles de Kioto (AGCID, 2017).

Según (Méndez Sayago & Perugache Rodriguez, 2012) en los mercados de cumplimiento, los reguladores establecen los límites en el tonelaje de CO₂ por un periodo determinado de tiempo específico, y a cambio venden certificados de emisiones de CO₂. Los certificados o permisos se compran y venden entre las partes que se comprometen.

Los mercados regulados tienen mayor volumen y valor, ya que ayudan a cumplir con las regulaciones obligatorias de reducción de carbono nacional, regional o internacionalmente. Además de cumplir con los límites de emisión, las empresas del mercado regulado pueden recibir otros tipos de créditos de carbono como los Certificados de Reducción de Emisiones (CERs) (López Piñeros, 2013). En donde un CER significa una tonelada métrica de CO₂ de carbono equivalente (Gallegos, 2012)

- **Mercado voluntario**

Los mercados voluntarios de carbono son donde las actividades de reducción de gases de efecto invernadero dan como resultado reducción de emisiones verificadas que se intercambian con empresas o individuos que de manera voluntaria desean reducir su huella de carbono (Lucatello, 2012).

Estas actividades de reducción de emisiones son proyectos que se están desarrollando en países donde no han ratificado el Protocolo de Kioto, siendo proyectos o actividades fuera del alcance de los mecanismos de desarrollo limpio (MDL), puesto que son proyectos demasiado pequeños para cubrir los costes de preparación y gestión

del MDL o proyectos concretos que han sido desarrollados precisamente para el mercado voluntario (S. Barros & Ipinza, 2011).

Existen dos sistemas principales o tipos de mercado voluntario, en los que se negocian emisiones en exceso o en defecto para cumplir con las obligaciones (Cap and Trade) y son legamente vinculante; y el Mercado OTC (Over the Counter), fundamentado en contratos bilaterales no vinculantes (S. Barros & Ipinza, 2011).

Estos sistemas de mercado operan bajo normas específicas para la constitución de créditos o bonos de reducción voluntaria. Dado que la confiabilidad es la clave fundamental de los mercados de carbono voluntarios, es primordial utilizar estándares globalmente reconocidos y aceptados. No requiere aprobación nacional o registro ante la CMNUCC (S. Barros & Ipinza, 2011).

El desarrollo de los mercados de carbono voluntario no ha sido tan rápido como el mercado de carbono regulado, pero en Estados Unidos ha logrado gran aceptación, creciendo más rápido en este país (Morales & Vásquez, 2019). Por esta razón, se puede decir que mientras el mercado de carbono de cumplimiento es el más grande, el mercado de carbono voluntario es el que crece precipitadamente, transando disminuciones de emisión que no se utilizan para cumplir con obligaciones de reducción de emisiones, sino para contrarrestar emisiones que son no son evitables en un sentido de responsabilidad social (S. Barros & Ipinza, 2011).

Huella de carbono

La Huella de carbono se le conoce como la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) liberados a la atmósfera como consecuencia de actividades de producción o consumo de bienes y servicios, y se le considera como un instrumento significativo en la cuantificación de emisiones de gases (Pandey et al., 2011). Los gases

de efecto invernadero constituyen una capa en la parte media de la atmósfera que se encuentra estable, evitando que la radiación solar emitida por la Tierra pueda regresar, elevando la temperatura debajo de la capa (Espíndola & Valderrama, 2012)

Para la medir la huella de carbono en diferentes actividades, el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) desarrollo el GHG Protocol con la ayuda de empresas y ONGs, que es apropiado para enfoques corporativos. EL British Standards Intitute desarrolló la PAS 2050:2008 con la ayuda de universidades y empresas, siendo apropiado para el ciclo de vida de bienes o servicios. Así también, se pueden utilizar otras metodologías más especializadas para la cuantificación de la huella de carbono en diversas actividades o productos (Fonseca et al., 2019).

El uso de huella de carbono en la producción de bienes o servicios puede extenderse a medida que las empresas buscan mejorar su valor o imagen de marca, pero también puede volverse inevitable a medida que se expanden iniciativas ya creadas, como en países europeos que han sido creadas con la intención de exigir la huella de carbono como requisito para la compra y como referencia para los consumidores que prefieren productos con este sello ambiental. Los fabricantes de bienes y servicios podrán perfeccionar sus operaciones ambientalmente, logrando una huella de carbono mas favorable, pero sin duda tienen que acogerse a un mercado de carbono para adquirir bonos que compensen el componente faltante (S. Barros & Ipinza, 2011)

Bosques nativos

Los bosques nativos pueden ser ecosistemas arbóreos, primarios o secundarios, que se han generado de manera natural, que se diferencia por la existencia de una variedad de especies, edades y portes de árboles nativos, así como uno o más estratos. No puede ser un bosque nativo aquellas formaciones pioneras y aquellas formaciones

forestales cuya área basal a una altura de 1,3 m sobre el suelo sea inferior al 40% del área basal de la correspondiente formación de bosque nativo primario (R. Castillo, 2016)

De acuerdo a (Arévalo, 2015), los bosques nativos son originados naturalmente, donde su característica primordial es poseer un dosel y pocas capas de maleza, y estos históricamente han sido utilizados como materias primas para el crecimiento de los pueblos, entre otras cosas. Sin embargo, los bosques nativos son más que una agrupación de árboles y arbustos con distintas cualidades, puesto que crea varios ecosistemas donde coexisten componentes tanto biológicos como físicos

Especies nativas

El término “especies nativas” también conocido como “especies autóctonas”, se refiere a cualquier especie de planta, animal u otro ser vivo que sea único de un área en particular, clasificándose también en función de su ecosistema o condiciones climáticas. Las especies nativas se utilizan como solución a diversos problemas ambientales, generando la importancia de protegerlos, donde se fomenta la investigación y el reconocimiento de cada uno de los recursos naturales a disposición de la sociedad (Mora, 2020).

Ventajas de las especies nativas

- Las especies nativas tardan en establecerse, dada a su capacidad de tolerancia al estrés, por lo que, han dominado a largo plazo, sitios más estresantes (Scotton & Andreatta, 2021)
- Las plantas nativas dominantes se consideran estratégicas para la restauración y fitorremediación de suelos afectados por metales pesados, en particular en zonas donde existe minería (Parraga-Aguado et al., 2013)(Wu et al., 2021).

- Algunas especies nativas indican una notoria capacidad de Fitoestabilización de Cr, Cd, Ni y Cu, y que pueden ser utilizadas como potenciales candidatas a la fitorremediación (Wu et al., 2021).
- Las plantas nativas tienen mayor resistencia al clima, ya que están aclimatadas. Y así también, se les considera como especies que tienen una menor afectación por plagas (Andrade et al., 2021)

Desventajas de las especies nativas

- Algunas especies nativas son difíciles de propagar y muchas de estas no se utilizan para la reforestación. Donde esta actividad requiere la participación de la comunidad, y generalmente requiere mano de obra que no tendrá una compensación económica (Pintado & Astudillo, 2021).
- Aunque son actividades relativamente sencillas, la producción, el transporte, el manejo y el cuidado general de las plantas nativas requieren cuidado y buena metodología. Sin estrategias de manejo y sin plantaciones de especies nativas, existe un riesgo potencial de incendios forestales (V. Barros et al., 2020).
- Las especies invasoras logran mayores rendimientos bajo limitación de agua en comparación con las variedades locales en regiones semiáridas (Oliveira et al., 2014)

Especies en estudio

Especie *Podocarpus sprucei*

Figura 1

Podocarpus sprucei



Fuente: (Morales & Vásquez, 2019).

- **Información taxonómica** (Morales & Vásquez, 2019)

Reino: *Plantae*

Nombre Común: Guabisay, romerillo, sisín o azuceno.

División: *Pinophyta*

Clase: *Pinopsida*

Familia: *Podocarpaceae* w2

Género: *Podocarpus*

- **Características generales**
 - Árbol de 10 a 15 m de altura y 20 a 40 cm de DAP.
 - Tronco recto, corteza externa fisurada de café a gris, copa plana y ramificación densa.

- Tiene hojas simples, enteras, duras, arregladas en espiral en las ramitas, lámina linear lanceolada de 1,8 a 3,5 cm de largo por 0,2 a 0,4 cm de ancho, margen entero, base cuneada y ápice agudo.
- Fruto: Drupa de esférica a ligeramente elipsoide, de 5 a 7 mm de largo por 4 a 6 mm de ancho, de color verde oliva, sostenida por un receptáculo carnosos.
- Especie nativa de los Andes, común en las montañas andinas del norte del Perú y sur del Ecuador; crece entre 2000 y 3000 m de altitud.
- Se adapta muy bien a una gran variedad de suelos y es moderadamente resistente a la sequía; presenta una buena capacidad de rebrote y su regeneración natural es muy buena particularmente en terrenos arenosos. (Minga & Verdugo, 2016)

- **Importancia**

Socioeconómica: Se destina a fines ornamentales y maderables, como la construcción de muebles, casas, entre otros. Así también, se emplea en aspectos medicinales, en el cual las hojas son empleadas para la curación de resfriados y ancestralmente se cree que protege contra los espíritus (Piña & Sarmiento, 2013).

Ecológica: Considerada alimento para las aves. Así también, es una especie considerada en peligro de extinción, y además posee la capacidad de captura de carbono (Piña & Sarmiento, 2013)

Especie *Oreocallis grandiflora*

Figura 2

Oreocallis grandiflora.



Fuente: (Autores, 2023)

- **Información taxonómica** (Córdova Alvarez & Fajardo Alvarado, 2018)

Reino: *Plantae*

Nombre Común: Gañal, cucharillo o juagte.

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Familia: *Protaceae*

Género: *Oreocallis*

- **Características generales**
 - Arbusto o árbol pequeño hasta de 10 m de altura, tronco cilíndrico, corteza externa café a veces con lenticelas, ramificación alterna y copa irregular, ramitas terminales pubescentes ferruginosas.

- Hojas simples, alternas de textura coriácea; lámina de elíptica a obovada de 13 a 6,5 cm de largo por 6 a 2,5 cm de ancho, margen entero revoluto, base cuneada y ápice redondeado a emarginado
- Folículo oblongo de 5 a 6 cm de largo, con el estilo y estigma persistente. Cada fruto contiene alrededor de 30 semillas provistas de alas.
- Especie nativa que crece en bosques montanos y páramos del norte del Perú y sur del Ecuador entre 1400 y 3600 m de altitud. Crece en suelos ácidos y poco profundos, es frecuente en bosques secundarios y vegetación arbustiva. (Minga & Verdugo, 2016)

- **Importancia**

Socioeconómica: Generalmente sus flores son utilizadas para preparar bebidas tradicionales como la horchata (Minga & Verdugo, 2016). Su madera es destinada para la confección de artesanías e instrumentos manuales como arados, chicotes, yugos y cabos (Balslev et al., 2008)

Ecológica: Es aprovechado como alimento para muchas especies de colibríes nativos como *Coeligena iris*, *Heliangelus viola*, *Metallura tryanthina*, entre otros (Minga & Verdugo, 2016).

Especie *Alnus glutinosa*

Figura 3

Alnus glutinosa.



Fuente: (Autores, 2023)

- **Información taxonómica** (Loewe et al., 1998)

Reino: *Plantae*

Nombre Común: Aliso

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Familia: *Betulaceae*

Género: *Alnus*

- **Características generales**
 - Se trata de un árbol de tamaño medio que no suele exceder de los 20 m de altura, aunque se conocen ejemplares de 30 m, y que se desprende de sus hojas para pasar el invierno.
 - El tronco es derecho de casi 1 m de diámetro, con corteza pardo—oscura resquebrajada, casi lisa y de color pardo—grisácea o pardo—rojiza en ejemplares jóvenes.

- La copa es al principio casi piramidal y más tarde redondeada o irregular, con las ramas abiertas y ramillas lampiñas y pegajosas.
- Las hojas de 4 a 10 cm, con peciolo bien desarrollado, de color verde oscuro por el haz y más claro por el envés, donde suele llevar mechones de pelillos en el encuentro de los nervios.
- La fenología es variable, pero suele florecer de febrero a abril y maduran los frutos a final del otoño, manteniéndose mucho tiempo en el árbol
- Forma bosques en galería en ríos y riberas, fondos de valle, lugares inundados y laderas húmedas, hasta los 1700 m (Probanza, 1994).

- **Importancia**

Socioeconómica: Se aprovecha para la fabricación de artesanías como cucharas de palo, puertas y ventanas (Minga & Verdugo, 2016).

Ecológica: Por su capacidad de fijar nitrógeno es utilizado en programas silvopastoriles (Minga & Verdugo, 2016).

Especie *Oreopanax ecuadorensis*

Figura 4

Oreopanax ecuadorensis.



Fuente:(Oleas et al., 2016).

- **Información taxonómica** (Yáñez González, 2011)

Reino: *Plantae*

Nombre Común: Pumamaqui

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Angiospermae*

Familia: *Araliaceae*

Género: *Oreopanax*

- **Características generales**

- Árbol de 12 m de altura y 25 a 30 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP).
- Se caracteriza por tener un fuste cilíndrico, corteza externa lisa, blanca plumiza, lenticelada de 0.58 cm de espesor; con una cara interna blanca que se desprende fácilmente de albura.
- Posee hojas simples alternas, digitadas y enteras a la vez (Yáñez González, 2011)
- Especie endémica de los Andes del centro y sur del Ecuador. Se ha registrado en las provincias de Azuay, Cañar, Chimborazo, Loja, Morona Santiago y Zamora Chinchipe, entre 2500 y 3500 m de altitud (Minga & Verdugo, 2016).

- **Importancia**

Socioeconómica: Su madera sirve para la fabricación de guitarras y cucharas de palo. Así también sus flores cuando están secas se utilizan como adornos y sus hojas sirven como forraje para el ganado (Minga & Verdugo, 2016).

Ecología: Debido a la altura que puede llegar a tener es usado como cercas vivas (Balslev et al., 2008)

Biomasa vegetal

La biomasa vegetal es un indicador relacionado con la capacidad de un ecosistema para acumular materia orgánica a lo largo del tiempo. La materia consiste en el peso de la materia orgánica área y subterránea presente en los ecosistemas forestales (Fonseca G et al., 2009). Según (Parry et al., 2007) el material vegetal muerto suele considerarse biomasa muerta. La biomasa es importante para cuantificar la cantidad de nutrientes en diferentes partes de las plantas y capas de la vegetación, lo que permite comparaciones de diferentes especies y agrupaciones en diferentes lugares, y también para estimar la captación del carbono (Fonseca G et al., 2009).

Ciclo del carbono

El carbono es un elemento químico contenido en los compuestos orgánicos, que se desplaza entre los océanos, la atmósfera, el suelo, el subsuelo y las reservas de carbono, esto ocurre a través de procedimientos físico, químicos y biológicos. Se sabe que el paso del carbono terrestre al ambiente atmosférico puede ser resultado de procesos como la respiración vegetal, la fotosíntesis y la emisión de gases provenientes de actividades humanas (H. Burbano, 2018).

Este ciclo inicia con la captación del CO₂ a través del proceso de la fotosíntesis, donde el gas reacciona con el agua, produciendo carbohidratos, en el cual se libera oxígeno al mismo tiempo. Algunos de estos carbohidratos son consumidos para producir energía que necesitan las plantas, a partir de este proceso se forma CO₂ que luego es liberado por las hojas y raíces de las plantas. Parcialmente consumido por animales que también liberan CO₂ en sus procesos metabólicos. Cuando las plantas y

los animales mueren, en el transcurso de la descomposición de sus tejidos se oxidan en forma de dióxido de carbono, para que regrese a la atmosfera (Orellana et al., 2012)

El ciclo del carbono es un ciclo bioquímico a corto plazo y un ciclo geoquímico a largo plazo, y las actividades humanas alteran los dos ciclos con emisiones de carbono según investigación realizadas a través de mediciones. En los últimos 150 años habido un aumento del 31% en las emisiones de dióxido de carbono la atmosfera (Muñoz & Vasquez, 2020)

A nivel global el balance de carbono en nuestro planeta se basa en tres reservas o almacenamientos de carbono: los océanos con un estimado de 38000 Pg, la atmosfera con 750 Pg y lo que se refiere a biomasa y plantas con 550 Pg, donde estos tres reservorios interactúan entre sí (Sandoval Estrada et al., 2003).

El dióxido de carbono y el efecto invernadero

El dióxido de carbono es un gas que se genera naturalmente, que se considera uno de los gases ms abundantes y principales en la interrelación entre los océanos, la tierra y la atmosfera, y es el más trascendente de los gases de efecto invernadero porque contribuye al calentamiento global. El mayor impacto que produce es la afectación tanto al clima como la vida en todo el mundo, siendo el segundo gas contribuyente al calentamiento global. El CO₂ juega un papel importante en el ciclo natural del carbono, y también es uno de los gases más emitidos por la quema de combustibles fósiles, la generación de electricidad y los procesos de las plantas industriales. Igualmente, el dióxido de carbono se genera por la quema y tala de bosques, siendo una de las principales casusas de la deforestación en América Latina (Benavides & Leon, 2007)

La deforestación es una actividad humana que provoca un incremento en la acumulación de este gas en la atmosfera, ya que este fenómeno provoca la liberación de

CO₂ a la atmósfera a través de la quema y descomposición de la biomasa forestal, y también reduce el nivel de vegetación responsable de capturar carbono atmosférico (Connolly & Corea, 2007).

El carbono se retiene en los troncos y ramas principales de plantas y árboles, como son las hojas, tallos, sistema radicular y tejido leñoso, siendo la razón por la que se le considera un importante regulador de la concentración de carbono atmosférico (Connolly & Corea, 2007). De igual manera, se le reconoce como sumidero de carbono, que nos muestra que el carbono atmosférico fluye hacia el sistema, considerándolos como purificadores naturales del aire (Muñoz & Vasquez, 2020).

Función de los bosques en el ciclo global del carbono

Como resultado de la fotosíntesis, los árboles que están en desarrollo liberan oxígeno y consumen agua, luz y dióxido de carbono. Por esta razón, los bosques en crecimiento se clasifican como sumideros de carbono, absorbiendo dióxido de carbono. Cuando la expansión se detiene, los árboles dejan de ser sumideros de carbono, almacenando una gran cantidad de este elemento en la superficie y en el suelo, donde juegan un papel neutral en el balance final de dióxido de carbono. Finalmente, los bosques emiten dióxido de carbono cuando se queman y se convierten en una fuente de carbono. El dióxido de carbono liberado a medida que los árboles más viejos se descomponen se compensa con el dióxido de carbono absorbido por los árboles más jóvenes que crecen en su lugar (Romero, 2015).

El contenido de carbono en los sumideros superficiales oscila entre 60 y 230 t C ha⁻¹ en bosques primarios, y entre 25 y 190 t C ha⁻¹ en bosques secundarios. En general, los trópicos tienen un alto potencial para capturar y almacenar una gran concentración de carbono (80%), seguido por la zona templada (17%) y la zona boreal

(3%) (Torres-Torres et al., 2017). El IPCC (2001) afirma que los diferentes tipos de vegetación natural y plantaciones forestales pueden absorber entre 4,79 y 1,65 t.C/ha/año. Los bosques naturales pueden considerarse en equilibrio dinámico en con respecto al carbono bajo condiciones climáticas y concentraciones atmosféricas de CO₂ específicas (Romero, 2015)

Sumideros de carbono

Se considera sumidero a “una zona por la que pasan o actúan como reservorio de agua, nutrientes o compuestos de cualquier tipo, físicos o químicos”. El término ahora se aplica a los bosques para indicar su papel en la reducción del efecto invernadero mediante la absorción de dióxido de carbono de la atmósfera (Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (Magrama), 2012). Es la remoción y almacenamiento de carbono de la atmósfera en reservorios tales como océanos, bosques y tierra, por procesos físicos o biológicos como la fotosíntesis. Un sumidero de carbono es un reserva que retira carbono de la atmósfera, así como pasa cuando los árboles absorben CO₂ durante la fotosíntesis y reemplazan este gas perdido por la respiración, y otras emisiones como la descomposición de la materia orgánica (Romero, 2015)

Los bosques sirven como sumideros de carbono atmosférico, es decir, los bosques secuestran carbono a través del movimiento neto de CO₂ de la atmósfera durante el desarrollo o abandono de tierras sobreexplotadas, y a través de la regeneración natural o trasplantada después de la perturbación (Barrionuevo, 2007).

Mecanismos de desarrollo limpio

Los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) son mecanismos destinados para la compensación de las emisiones de gases de efecto invernadero de las empresas de los países desarrollados, que representan el 80% de las emisiones. Los acuerdos

comerciales generados con empresas de otros países se conocen como países receptores, de forma que asegura que la totalidad o parte de las reducciones logradas sean pagadas por el país de origen o emisor. La inclusión de sumideros de carbono en el MDL, identificados por el Protocolo de Kyoto de 1997 y la posterior Conferencia de las Partes (COP), ofrece una nueva fuente de ingresos para proyectos forestales. Allí, los países desarrollados pueden invertir en la captura de carbono en proyectos de forestación y reforestación en países en desarrollo para compensar parcialmente sus propias emisiones de gases de efecto invernadero, cumpliendo con sus compromisos adquiridos bajo el Protocolo de Kyoto (Ventura, 2014).

Ecuador y los mecanismos de desarrollo limpio

De acuerdo a (Landázuri, 2013), Ecuador lamentablemente no cuenta con un mercado nacional de carbono, aunque es posible llegar al mercado global ofreciendo proyectos específicos que puedan reducir los GEI, utilizando la metodología de Mecanismo de desarrollo limpio, por lo tanto, nuestro país participa como proveedor, no como solicitante. Uno de los métodos mencionados es el secuestro de carbono mediante la plantación de árboles; sin embargo, para que un proyecto sea considerado como un MDL, debe cumplir con ciertas características, como la siembra de árboles para almacenar carbono en tierras recuperadas, contribuyendo al desarrollo sostenible del país y con el propósito del desarrollo forestal.

En Ecuador, el Ministerio del Ambiente (MAE), es el organismo que aprueba este tipo de iniciativas y se encarga de analizar cada proyecto a nivel nacional para determinar su rentabilidad y factibilidad según normas o especificaciones (Gallegos Garzón, 2012).

Protocolo de Kioto

El protocolo de Kyoto es considerado el primer gran paso de lucha contra el cambio climático global. La firma de este documento fue el resultado de las dudas que se manifestaron en la década de los 80s, cuando comenzaron a surgir datos a nivel mundial correspondientes a un posible cambio climático permanente e irreversible, y que se le atribuía a un aumento de los GEI generado por actividades humanas (Morales & Vásquez, 2019).

El protocolo introdujo mecanismos que están estrechamente relacionados con el cambio climático:

- Aplicación conjunta (AC): las unidades de reducción de emisiones se basan en proyectos , ya que son el resultado de inversiones de terceros (Canviclimatic, 2009).
- Mecanismo de desarrollo limpio (MDL): permite negociaciones entre países desarrollados y en vías de desarrollo, que estén interesados en cumplir objetivos establecidos para la reducción de emisiones (Camps Arbestain & Pinto, 2004).
- Comercio de los derechos de emisión: Permite a las partes incluidas en el anexo I adquirir unidades de la cantidad atribuida de otras partes incluidas en el anexo I que puedan reducir más fácilmente las emisiones de GEI (Canviclimatic, 2009).

El objetivo del mecanismo propuesto es lograr medidas de mitigación del cambio climático que generan beneficios a través de las relaciones costo – beneficios existentes, reduciendo las emisiones y gastos en el extranjero en lugar de hacerlo en el país, para proporcionar a las partes un medio para aumentar la captura de carbono. A pesar de que los costos de limitar las emisiones o aumentar los sumideros de carbono

varían según la región, el efecto de reducir los gases de efecto invernadero atmosféricos es el mismo donde sea que se tomen las medidas (UNFCCC, 2007).

Acuerdo de París

El Acuerdo de París ha sido adoptado por 195 países para frenar el calentamiento global. Las medidas para combatir la amenaza del cambio climático fueron propuestas en el Artículo 2 del Acuerdo de París (UNFCCC, 2015):

- a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C, en relación con los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar este aumento de temperatura a 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales, que están asociados con los riesgos del cambio climático.
- b) Aumentar la capacidad de adaptación a los impactos adversos del cambio climático y promover la resiliencia climática y el desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero de una manera que no afecte la producción de alimentos.
- c) Llevar los flujos financieros en niveles compatibles con vías que conduzcan a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

Capítulo III. Materiales y métodos

En el presente trabajo de titulación para cumplir los objetivos propuestos, se inició con un recorrido para la delimitación de la zona de estudio y la delimitación de las parcelas. Posteriormente se generó un análisis con los datos obtenidos en el inventario para estimar la captura de carbono de cada especie.

1. Delimitación

1.1. Equipos y Materiales

1.1.1 Equipos

- GPS
- 1 hipsómetro marca Nikon.
- 4 cintas métricas de 50 metros.
- 1 cámara fotográfica.

1.1.2 Materiales

- Lápices y borradores.
- Tizas o cintas.
- 2 tableros
- Mapa base del cantón.
- Formularios de datos en campo.
- Libro guía de especies.

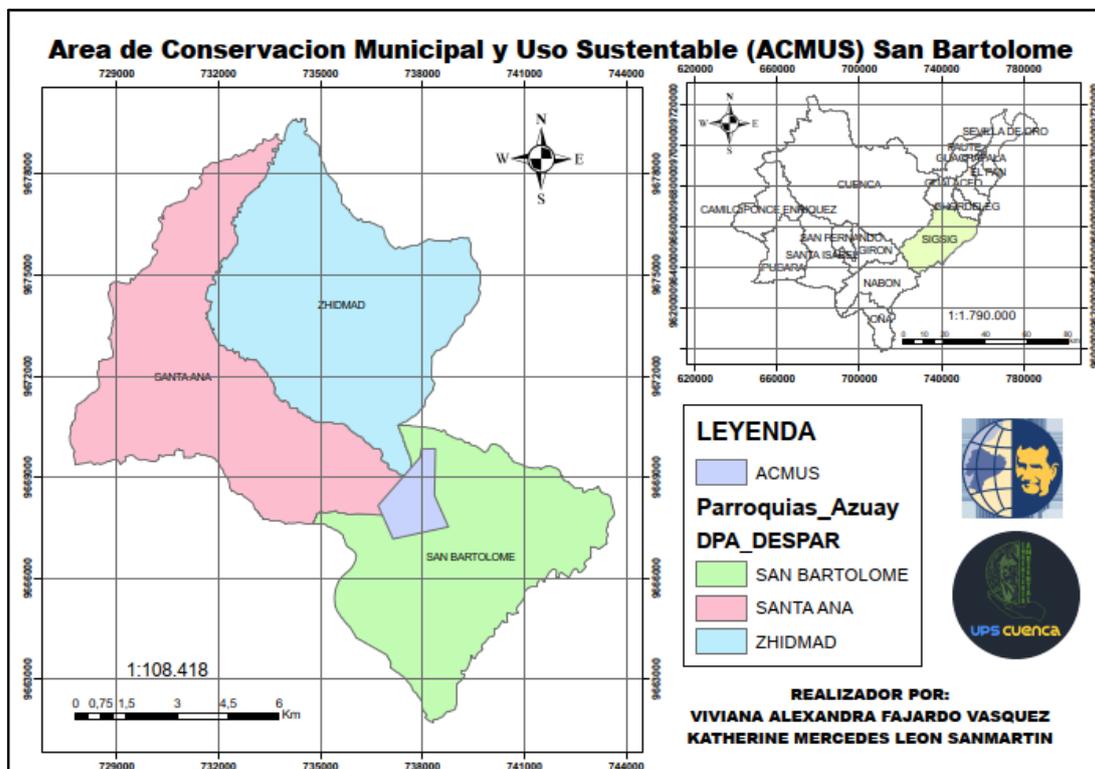
1.2. Delimitación del Área de estudio

El área de estudio se localiza en la provincia del Azuay, tomando como zona de estudio el Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable (ACMUS) San Bartolomé, que se encuentra ubicado en el cantón Sígsig, en la parroquia San Bartolomé. El área de conservación inicia en la coordenada X 738350 Y 9668467 ubicado en una zona boscosa, con dirección sur en línea recta se llega a la coordenada X 738768 Y 9667532 ubicada en el área de interés hídrico de las captaciones Churuguso 1

y 2. Se continúa con dirección oeste en línea recta hasta la coordenada X 737133 Y 9667174 ubicada en una zona boscosa, con dirección noroeste en línea recta hasta la coordenada X 736885 Y 9667735, luego se sigue con dirección noroeste en línea recta hasta la coordenada X 736695 Y 9668165 ubicada en el límite con el Cantón Cuenca, se cambia de dirección hacia el noreste por el límite del Cantón Cuenca hasta el punto X 737929 Y 9669592 intersección cantonal de Sígsg, Cuenca, Gualaceo; con dirección noreste se sigue por el límite con el cantón Gualaceo hasta el punto X 737971 Y 9669839, con dirección este se sigue por el límite del cantón Gualaceo hasta el punto X 738384 Y 9669850 y finalmente luego dirección sur este para terminar en el punto X 738350 Y 9668467 (SENAGUA, 2018).

Figura 5

Mapa de ubicación del ACMUS San Bartolomé



Fuente: (Autores, 2023)

1.3. Diseño de la investigación

1.3.1 Tipo de investigación

Para la elaboración de este proyecto se utilizó el tipo de investigación descriptivo-explorativo, dentro de los cuales se clasificaron seis zonas de estudio, para mejor facilidad en el manejo de la información y mediante la exploración se tomaron los datos de cada parámetro a analizar. Estas variables permitieron conocer la importancia o el valor significativo tanto cualitativo como cuantitativo de las especies en la zona de conservación.

Se utilizaron cuatro especies de la población total, las cuales se mencionan a continuación: *Podocarpus sprucei*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus glutinosa* y *Oreopanax ecuadorensis*, debido a su abundancia en la zona y la importancia ecológica que tienen como especies endémicas, lo cual sirvió para cumplir los objetivos propuestos.

1.4. Diseño del muestreo

A continuación, se detalla el proceso utilizado en el trabajo de investigación para la determinación de datos asegurando que sean confiables y oportunos para cumplir los objetivos de la investigación.

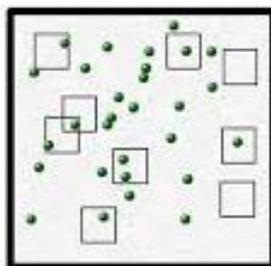
1.4.1 Selección de árboles a inventariar

En la selección de un diseño de muestreo probabilístico surgen dificultades que se relacionan a dos razones: la primera es que los componentes de la muestra se distribuyen en un espacio determinado y sus observaciones pueden estar correlacionadas en un campo espacial, y la segunda es que el coste del muestreo puede ser alto (Camacho, 2000).

El muestreo aleatorio simple ubica a las parcelas de muestra de una forma aleatoria dentro del área de estudio (Figura 6) (Mcroberts et al., 1992). Las coordenadas de las parcelas aleatorias se determinarán mediante un generador de números aleatorios que utilice las coordenadas permitidas y limitadas a la zona de estudio.

Figura 6

Diseño de muestreo aleatorio simple.



Fuente: (Hurlbert, 1984)

1.4.2 Delimitación de parcelas

Es fundamental disponer información de los árboles sobre los cuales se hacen las mediciones, para ello es preciso utilizar parcelas, ya que son una herramienta que permite realizar dicha actividad (Wabo, 2002). Una parcela es una porción de terreno o superficie delimitada geográficamente que cuenta con una identificación única. Es efectivo para levantamientos de áreas arbustivas y arbóreas, de esta manera permite realizar un caracterización rápida de los mismos (Camacho, 2000).

Para el muestreo de biomasa se utilizará el método de la parcela cuadrada, y en cada área de muestreo se realizará una parcela cuadrada de 2500 m² en longitudes de 50m. Dentro de cada parcela se contó el número de árboles existentes con un diámetro a la altura del pecho, medida a 1,30 m desde el suelo (DAP, para calcular la densidad expresada en árboles por hectárea (arb/ha) (Wabo, 2002).

2. Mensuración forestal

Para estimar la captura de carbono en los árboles se utilizará el método indirecto no destructivo el cual se basa en estimar la biomasa por medio de cálculos de volumen a partir de mediciones in situ, en donde se calcula la densidad de flora midiendo el diámetro, altura total, área basal, biomasa y por último la captura de carbono (Morales & Vásquez, 2019)

A continuación, se especifica el método:

2.1. Diámetro a la altura de pecho (DAP)

Existen varios instrumentos para la medición directa o indirecta de los diámetros de árboles en pie entre ellos son: forcípula, cinta diamétrica o cinta métrica, en nuestro estudio se utilizó la cinta métrica, por lo tanto, obtenemos el valor de la circunferencia a la altura del pecho (Figura 7). La medida se realiza a una altura de 1.3 m, utilizando una cinta métrica y con el valor medido de aplicará la siguiente fórmula:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad [1]$$

Donde:

- DAP: Diámetro a la altura de pecho [cm].
- CAP: Circunferencia a la altura de pecho [cm]
- π : 3,1415.

Figura 7

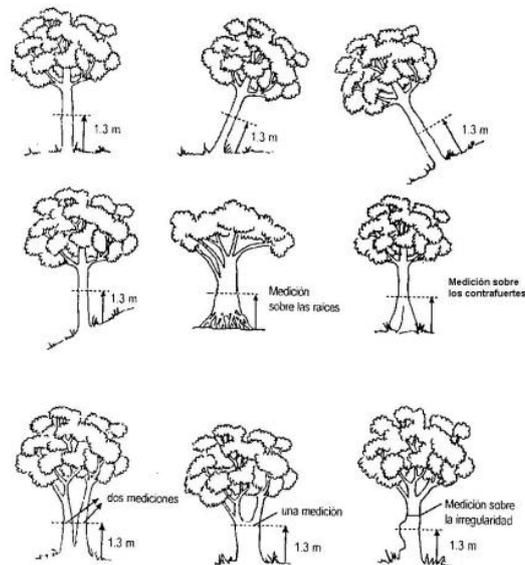
Medición del DAP en una especie de estudio



Fuente (Autores, 2023)

Figura 8

Formas de medición del DAP según el tipo de terreno y característica del árbol



Fuente: (Camacho, 2000)

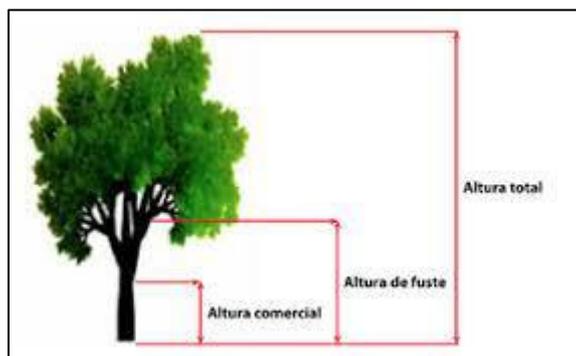
2.2. Altura del árbol

Según la FAO (1980), la altura es la longitud de la línea recta que va desde el suelo hasta el ápndice o un punto en el árbol. Según sea la ubicación de este punto se

dividen en tres categorías diferentes: altura total, altura del fuste y altura comercial (Zhang et al., 2015).

Figura 9

Alturas del árbol



Fuente: (Gutiérrez et al., 2013)

Debido al objetivo del estudio se medirá la altura total y la altura del fuste de todos los árboles vivos.

2.2.1. Altura total

Altura total Según la FAO (1980), nos explica que la altura total del árbol es la longitud de la línea recta que une el nivel del suelo al pie del árbol con la extremidad de la yema terminal 50 del tallo, para la medición de la altura total es complicada frente al diámetro debido que existe la falta de visibilidad lo cual se recomienda lo siguiente (Pintado & Astudillo, 2021):

- Usando varas graduadas que se colocan contra el árbol con una desventaja que solo sirve para alturas máximos de 10 metros.
- Equipos electrónicos como el hipsómetro marca Nikon.

2.2.2. Altura del Fuste

El límite superior es el punto donde finaliza el fuste, siendo el inicio de las ramas.

2.2.3. Medición altura de especies arbustivas

Existen varias técnicas para medir la altura total de los árboles y varios instrumentos, pero en nuestro estudio se utilizó el instrumento Nikon siendo un hipsómetro para la medición de la altura total de cada individuo, las mediciones se realizaron desde un punto donde se visualizó el extremo superior del árbol y la superficie de este, además que no tenga obstáculos que impidan la medición de la altura. Según el hipsómetro es de fácil manejo, permite conocer la distancia real, la distancia horizontal y la altura en un tiempo de 20 segundos y puede medir en un rango de 10 – 500 m (Goffard, 2020).

Pasos para determinar la altura de las especies arbustivas

- Paso 1. Revisar que el equipo este calibrado.
- Paso 2. Tomar una distancia suficiente de la especie a ser medida, mínima de 10 metros y máxima de 500 metros.
- Paso 3. Encender el hipsométrico y mantener presionado el botón de encendido, se procede a apuntar con el equipo, hacia un punto central del arbusto; el equipo registrará la distancia entre la especie y el observador.
- Paso 4. Se procede a bajar el equipo desde el punto del apéndice hasta la parte central, y se procede a bajar desde punto central en dirección a la base del arbusto.
- Paso 5. Se obtendrán dos medidas y después se registrará un valor de altura total.

2.3. Valoración cuantitativa de las especies inventariadas

2.3.1. Estimación del área basal

Es una dimensión utilizada con gran frecuencia para caracterizar el estado del desarrollo de un árbol, además de ser considerado como el área de cualquier sección transversal de fuste a 1,3 m de altura de un árbol sobre el suelo. Al ser la forma irregular no se puede medir de manera directa, sino a través de la medición del perímetro o del diámetro que corresponde con el área de un círculo.

Se usa la siguiente ecuación propuesta por Clutter et al (1983), (Hernández Ramos et al., 2013):

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

Donde:

AB: Área basal [cm²]

2.3.2. Estimación del volumen de árbol en pie

Se obtiene con la siguiente ecuación: (Hernández Ramos et al., 2013)

$$V = AB * H * F \quad [3]$$

Donde:

- V: Volumen del árbol [cm³]
- H: Altura total del árbol [cm]
- F: Factor de forma

El factor de forma se determina a partir de la siguiente tabla:

Tabla 1

Factores de forma

Tipo de dendrómetro del fuste	Referencia	Factor de forma
Cilindro		$f \geq 0.75$
Paraboloide		$0.74 \geq f \geq 0.4$
Cono		$0.39 \geq f \geq 0.27$

 Neiloide

 $f < 0.38$

Fuente: (Gutiérrez et al., 2013)

Debido que el área de estudio, casi en su totalidad de las especies son latifoliadas, se aplicó el factor de forma de 0,75. Para temas dendrómetros los árboles por su forma se clasificaron en cilíndricas para los latifoliadas (Goffard, 2020).

2.4.Biomasa Forestal

La biomasa forestal se define como la materia orgánica que está en un determinado ambiente forestal, tanto por encima como por debajo del suelo (Gómez & Vergara, 2004).

La biomasa forestal se puede clasificar en:

- Natural: Es la que se produce en la naturaleza sin ninguna intervención humana, y que se puede aprovechar como fuente energética. Como por ejemplo los troncos, hojas, ramas, frutos, etc.
- Residual Seca: Son los residuos que se generan en las actividades forestales o en la industria maderera y que todavía pueden ser utilizados y considerados subproductos. Como ejemplo podemos considerar el aserrín, la cáscara de almendra, las podas de frutales, etc.

Comúnmente se cuantifica en kilogramos por árbol o también en toneladas por hectáreas de peso seco o verde. El cálculo de la biomasa de un espacio o área verde es primordial para la determinación de retención de carbono y su potencial económico (Brown, 1997).

2.4.1. Determinación del peso verde de la biomasa aérea

Para la determinación del peso verde de la biomasa aérea de especies forestales se utilizará la siguiente fórmula (Hernández Ramos et al., 2013):

$$Bva = a * DAP^b * H^c \quad [4]$$

Donde:

- Bva: Biomasa verde aérea [kg].
- DAP: Diámetro a la altura de pecho [cm].
- H: Altura total [m].
- a: 0,026.
- b: 1,529.
- c: 1,747

2.4.2. Determinación del peso verde de la biomasa radicular

Es el 20% de la biomasa aérea y se obtiene con la siguiente ecuación (Hernández Ramos et al., 2013):

$$Bvr = Bva * 0,2 \quad [5]$$

Donde:

- Bva: Biomasa verde aérea [kg].

2.4.3. Determinación del peso verde de la biomasa total

Para la determinación de la biomasa total se usa la siguiente ecuación:

$$Bvt = Bva + Bvr \quad [6]$$

Donde:

- Bvt: Biomasa verde total [kg].

2.4.4. Determinación del peso verde de la biomasa seca

La biomasa seca con siguiente ecuación (biomasa en forma natural con una humedad menor al 60%).

$$Bs = Bvt - \frac{Bvt * 40}{100} \quad [7]$$

Donde:

- Bs: Biomasa en peso seco [kg].
- Bvt: Biomasa verde total (peso verde) [kg].

2.5. Carbono capturado

Existen dos tipos de métodos para estimar la captura de carbono, que son el directo o destructivo y el indirecto o no destructivo (Fernández, 2017). En trabajo de titulación se utilizó el método no destructivo en lo cual se basa es estimar la cantidad de carbono almacenado por las especies por medio de cálculos del volumen a partir de mediciones que se realizan en campo.

2.5.1. Cálculo de carbono aéreo total

Para calcular el carbono aéreo se multiplica la biomasa seca por un factor de 0,5 como se muestra en la siguiente ecuación (Fabiana Meijon Fadul, 2019):

$$CAT = Bs * 0,5 \quad [8]$$

Donde:

- CAT: Carbono aéreo total.
- Bs: Biomasa seca [kg].

2.5.2. Cálculo del carbono radicular

El carbono radicular se obtuvo a través de un método indirecto en donde se relaciona el carbono aéreo y la relación media que existe entre la biomasa del suelo que tiene un valor de 0,24. Utilizando la siguiente ecuación.

$$CR = CAT * 0,24 \quad [9]$$

Donde:

- CR: Carbono radicular [kg].
- CAT: Carbono aéreo total [kg].

2.5.3. Cálculo carbono total

Para calcular el carbono total se suma el carbono aéreo total y el carbono radicular, con la siguiente ecuación (Fabiana Meijon Fadul, 2019):

$$CT = CAT + CR \quad [10]$$

Donde:

- CT: Carbono total [kg].
- CAT: Carbono aéreo total [kg].
- CR: Carbono radicular [kg].

2.5.4. Cálculo del dióxido de carbono capturado

Para el cálculo del dióxido de carbono se utilizó la siguiente ecuación (Fabiana Meijon Fadul, 2019):

$$CO_2 = \frac{CT * 3,6663}{1000} \quad [11]$$

Donde:

- CO₂: Carbono capturado en toneladas de dióxido de carbono [Ton].
- CT: Carbono total almacenado [kg].
- 3,6663: Factor de conversión a dióxido de carbono, el cual es el resultado del cociente de los pesos moleculares de carbono y dióxido de carbono es decir el peso de las emisiones/ peso atómico del carbono siendo:
 - Peso atómico del CO₂: 43,999915 [gr/mol].
 - Peso atómico del carbono: 12,001115 [gr/mol].
- 1000: Factor de conversión de kilogramos a toneladas.

2.6. Análisis de la biodiversidad

El análisis de la biodiversidad se tomó en consideración la cantidad de individuos muestreados, el área muestreada y el total de especies de estudio donde se determinaron mediante los siguientes índices: Frecuencia relativa, dominancia y la densidad relativa. Todos los parámetros antes mencionados tienen la finalidad de calcular el índice de valor de importancia de las especies, este índice permite mostrar la importancia ecológica de una especie de una comunidad determinada (Aguirre Mendoza et al., 2013).

2.6.1 Frecuencia

Este índice indica la presencia y distribución de cierta especie en un área determinada o a su vez determina su ausencia dentro del estudio (Bacchini et al., 2018).

Por lo cual se usan las siguientes fórmulas:

$$fa = \frac{\text{No de parcelas en la que se encontro la especie}}{\text{Total de parcelas}} * 100 \quad [12]$$

Donde:

- Frecuencia absoluta (%)

$$fr = \frac{fai}{\sum fa * 100} * 100 \quad [13]$$

Donde:

- fr: frecuencia relativa (%).

- Fa: frecuencia absoluta de la especie (%).

- $\sum fa$: Sumatoria de las frecuencias absolutas (%).

2.6.2. Dominancia

Este índice permite comprender la cobertura del área basal por especie y su proporción en relación a la sumatoria de las áreas basales de todas las especies muestreadas (Bacchini et al., 2018) .

$$D = \frac{\text{No individuos por especie}}{\text{area muestreada}} \quad [14]$$

Donde:

- D: Densidad absoluta (#individuos/m²).

$$DR = \frac{\text{No individuos por especie}}{\text{total de individuos}} * 100 \quad [15]$$

Donde:

- DR: Densidad relativa (%).

$$DmR = \frac{\text{Area Basal de la especie}}{\text{Area basal de todas las especies}} * 100 \quad [16]$$

Donde:

- DmR: Dominancia relativa (%).

2.7. Índice de valor de importancia (IVI)

Este índice se calcula a partir de las ecuaciones antes propuesto como son: densidad relativa, dominancia y la frecuencia relativa por cada especie, al mismo que se divide para tres con el objetivo de obtener la proporción con respecto al porcentaje (100%) (Campo & Duval, 2014).

El valor indica la importancia ecológica relativa de cada especie muestreada en un grupo vegetal o zona de estudio (Saavedra-Romero et al., 2019). Los resultados explican, mientras más alto tenga una especie el IVI, significa que es dominante ecológicamente. Se aplica la siguiente fórmula:

$$IVI = \frac{DR+DmR+fr}{3} \quad [17]$$

Donde:

- IVI: Índice de valor de importancia (%).
- DR: Densidad relativa (%).
- DmR: Dominancia relativa (%).

3. Valoración económica.

Para estimar el valor económico del CO₂ capturado se utilizó la metodología de (Morales & Vásquez, 2019).

Primeramente se calculó el valor monetario referente al CO₂ equivalente capturado con la siguiente ecuación (Medina et al., 2020):

$$Ve = VCO_2 * Precio de mercado \quad [18]$$

Donde:

- V_e : Valoración económica en dólares de carbono
- V_{CO_2} : Volumen de CO₂ capturado [Ton]

Para determinar el beneficio económico de la venta de carbono capturado se analizó dos escenarios de venta: el Mercado voluntario y el Mercado de cumplimiento y para lograr con el objetivo de conseguir el mejor beneficio monetario se indagó en los valores propuestos por las distintas entidades que pertenecen a dichos escenarios para finalmente definir la mejor opción de venta.

- **Escenario 1: Mercado voluntario**

En el cálculo del valor económico en el mercado voluntario, se utilizó el valor monetario de una entidad voluntaria llamada Carbonfund, ya que esta institución maneja proyectos de compensación de carbono y de reforestación forestal, donde cumple exigencias estrictas de la industria (Cargua, 2017).

Tabla 2

Escenario 1: Mercado de carbono voluntario

Entidad	País de Origen	Año de Fundación	Precio (2022)	Página oficial
Carbonfund	Estados Unidos	2003	\$12.50	https://carbonfund.org/

Fuente: (Cargua, 2017)

- **Escenario 2: Mercado de Cumplimiento**

Para el cálculo del valor monetario del mercado de cumplimiento o regulado, que es un tipo de mercado utilizado por empresas o gobiernos, donde tienen leyes ya

establecidas para la regulación de emisión de Gases de efecto invernadero, se eligieron instituciones o entidades de diferente país de origen, y un valor monetario distinto.

Tabla 3

Escenario 2: Mercado de carbono regulado o de cumplimiento

Entidad	País de Origen	Año de Fundación	Precio (2022)	Página oficial
SENDECO2	España	2004	\$85.79	https://www.sendeco2.com/es/
European Union Emissions Trading System (EU-ETS)	Unión europea	2005	\$87.54	https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en
United Kingdom Emissions Trading Scheme (UK-ETS)	Reino unido	2021	\$82.79	https://www.gov.uk/government/publications/uk-emissions-trading-scheme-markets/uk-emissions-trading-scheme-markets
New Zealand Emissions Trading System (NZ-ETS)	Nueva Zelanda	2008	\$83.17	https://environment.govt.nz/what-government-is-doing/areas-of-work/climate-change/ets/
Korean Emissions Trading System (K-ETS)	Corea del sur	2015	\$20.01	http://www.ecoeye-int.com/m21.php
German National Emissions Trading System (Germany-ETS)	Alemania	2021	\$35.48	https://www.dehst.de/EN/national-emissions-trading/national-emissions-trading_node.html

Fuente: (ICAP, 2022)

3.1. Proyección de ingresos como egresos para el ACMUS San Bartolomé

3.1.1. Ingresos

Los ingresos en el ACMUS San Bartolomé son los datos obtenidos en la valoración económica de la captura de carbono de nuestras especies en estudio. Donde establecimos dos entidades, uno del mercado voluntario y otro del mercado de cumplimiento regulado.

- 1. Escenario 1 - Mercado voluntario:** La entidad elegida es CarbonFund, con un precio de \$12,50, que es un valor establecido internacionalmente para la aportación voluntaria de una cantidad económica por las toneladas de *CO2* emitidas, usados para proyectos específicos centrados en eficiencia energética, silvicultura y energías renovables, donde cada uno juega un papel importante en la lucha contra el cambio climático (Carbonfund, 2022).
- 2. Escenario 2 - Mercado de cumplimiento regulado:** La entidad seleccionada es EU-ETS donde su precio por tonelada métrica de dióxido de carbono es \$87.54, es una compañía a nivel internacional, que comenzó en 2005 y cubre las emisiones de la energía, la industria y los vuelos dentro del Espacio Económico Europeo (EEA), alrededor del 40 % de las emisiones de la UE. Actualmente es el mercado interno de carbono más grande del mundo (ICAP, 2022).

3.1.2. Egresos

Los egresos generados en el ACMUS San Bartolomé, comprenden a todos los gastos sobre el mantenimiento del área de conservación y forestación de áreas verdes, y los recursos naturales que brindan, en todo lo que son áreas protegidas y ACMUS del cantón SIGSIG (GAD Municipal de Sigsig, 2019)

Tabla 4

Gastos generados en el ACMUS San Bartolomé en el año 2018

Egresos 2018	
Servicios En Plantaciones Forestales	6500
Remediación, Restauración y descontaminación de cuerpos de agua	1000
Obras de desarrollo comunitario "San Bartolomé"	20000

Fuente: (GAD Municipal de Sigsig, 2018)

En la **Tabla 4** se presentan los gastos generados por parte del GAD Municipal de Sigsig y el GAD parroquial de San Bartolomé en obras y servicios ambientales para la conservación del ACMUS en el año 2018.

Tabla 5

Gastos generados en el ACMUS San Bartolomé en el año 2019

Egresos 2019	
Servicios En Plantaciones Forestales	6500
Remediación, Restauración y descontaminación de cuerpos de agua	1000
Obras de desarrollo comunitario "San Bartolomé"	20000

Fuente: (GAD Municipal de Sigsig, 2019)

En la **Tabla 5** se presentan los gastos generados por parte del GAD Municipal de Sigsig y el GAD parroquial de San Bartolomé en obras y servicios ambientales para la conservación del ACMUS en el año 2019.

Tabla 6*Gastos generados en el ACMUS San Bartolomé en el año 2020*

Egresos 2020	
Remediación, Restauración y descontaminación de cuerpos de agua	13000
Estudios Técnicos Con El Fin De Declarar áreas Protegidas Dentro Del Cantón	15000
Fortalecer Las Áreas De Conservación Priorizadas Del Cantón	5000
Educación Ambiental	1000

Fuente: (GAD Municipal de Sigsig, 2020)

En la **Tabla 6** se presentan los gastos generados por parte del GAD Municipal de Sigsig y el GAD parroquial de San Bartolomé en obras y servicios ambientales para la conservación del ACMUS en el año 2020.

En este trabajo se utilizó solo el 3% del monto, dado que este porcentaje es el asignado a la conservación y protección del área, y los recursos naturales que esta zona brinda, obteniéndose los siguientes datos económicos:

Tabla 7*Gastos generados en el ACMUS San Bartolomé en el año 2018*

Egresos 2018	
Servicios En Plantaciones Forestales	195
Remediación, Restauración y descontaminación de cuerpos de agua	30

Obras de desarrollo comunitario "San Bartolomé"	600
---	-----

Fuente: (GAD Municipal de Sigsig, 2018)

En la **Tabla 7** se presentan los gastos generados correspondientes al 3% por parte del GAD Municipal de Sigsig y el GAD parroquial de San Bartolomé en obras y servicios ambientales para la conservación del ACMUS en el año 2018

Tabla 8

Gastos generados en el ACMUS San Bartolomé en el año 2019

Egresos 2019	
Servicios En Plantaciones Forestales	195
Remediación, Restauración y descontaminación de cuerpos de agua	30
Obras de desarrollo comunitario "San Bartolomé"	600

Fuente: (GAD Municipal de Sigsig, 2019)

En la **Tabla 8** se presentan los gastos generados correspondientes al 3% por parte del GAD Municipal de Sigsig y el GAD parroquial de San Bartolomé en obras y servicios ambientales para la conservación del ACMUS en el año 2019.

Tabla 9

Gastos generados en el ACMUS San Bartolomé en el año 2020

Egresos 2020	
Remediación, Restauración y descontaminación de cuerpos de agua	390

Estudios Técnicos Con El Fin De Declarar Áreas Protegidas Dentro Del Cantón	450
Fortalecer Las Áreas De Conservación Priorizadas Del Cantón	150
Educación Ambiental	30

Fuente: (GAD Municipal de Sigsig, 2020)

En la **Tabla 9** se presentan los gastos generados correspondientes al 3% por parte del GAD Municipal de Sigsig y el GAD parroquial de San Bartolomé en obras y servicios ambientales para la conservación del ACMUS en el año 2020.

3.1.3. Proyección de egresos para diez años

En cuanto a la proyección de egresos, se aplicó el método de regresión lineal, donde su cálculo explica la correlación que existe entre la variable Y, y la variable X, a partir de técnicas de regresión lineal simple de una Y sobre una X, que pretende encontrar una función que se aproxime a los puntos mediante una curva que se ajuste de manera conveniente a los datos que se utiliza (Carollo, 2012).

Para esto se utilizó la siguiente ecuación de regresión lineal simple propuesta por (Gil, 2018):

$$y = B_0 + B_1x \quad [19]$$

Donde:

- B_0 = Regresor (valor que se espera en Y cuando $X=0$).
- B_1 = Regresor y valor correspondiente a la pendiente de la recta.

3.2. Análisis costo – beneficio

3.2.1. Inversión inicial

La inversión inicial hace referencia a las entradas y salidas comprendidas para comenzar con el proyecto, es decir los gastos que se dan al iniciar, teniendo en cuenta los activos fijos como herramientas, movilidad e infraestructura física como edificios, bienes, entre otros, y también los activos diferidos que son aquellos sin apariencia física como licencias de uso, publicidad, etc. (Baca-Urbina, 2010). En este caso la inversión inicial será de \$6.680,00.

3.2.2. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto (VAN) mide el valor actual de los costos e ingresos al momento inicial, donde se aplica una tasa de descuento, permitiendo considerar los riesgos que implica el proyecto (Mete, 2014). Utilizando la siguiente ecuación (Marcillo, 2002):

$$VAN = -Inversion + \sum_{n=0}^N \frac{In-En}{(1+i)^t} \quad [20]$$

Donde:

- VAN: Valor actual neto [\$].
- In : Ingresos obtenidos [\$].
- En : Egresos generados [\$].
- i : Tasa de descuento.

Los criterios del VAN determinan (Cerde, 2013):

- $VAN > 0$: Se recomienda ejecutar el proyecto, debido a que el rendimiento del dinero invertido supera la tasa de descuento, es decir el proyecto genera beneficio.

- VAN = 0: Es indiferente realizar la inversión, el proyecto no genera ni pérdidas ni beneficios, el rendimiento del dinero invertido es igual a la tasa de descuento.
- VAN < 0: Se recomienda no ejecutar el proyecto o postergarlo, la tasa de descuento es mayor al rendimiento de dinero invertido.

Generalmente, los países en desarrollo aplican una tasa de descuento entre 8% y 15% (Campos & Serebrisky, 2016), por lo que en la investigación usaremos la tasa más baja de 8%, y también la tasa fija del 12% considerada en países de América latina entre ellos Ecuador (J. Castillo & Zhangallimbay, 2021)

3.2.3. Tasa interna de retorno (TIR)

También denominada tasa de rendimiento, “es aquella tasa que permite descontar los flujos netos de operación e igualarlos a la inversión inicial” (J. Burbano, 2005). Es decir, se define como el valor de la tasa de interés que hace que el VAN sea igual a cero (Mete, 2014)

La ecuación para calcular el TIR es (Madrigal, 2011):

$$TIR = -Inversion + \sum_{n=0}^N \frac{In-En}{(1+i)^t} = 0 \quad [21]$$

Donde:

- TIR: Tasa interna de retorno [%].
- In : Ingresos [\$].
- En : Egresos [\$].
- i : Tasa de descuento.

Interpretación de la tasa interna de retorno (Mete, 2014):

- Si la tasa interna de retorno $> i$: Se aprueba el proyecto.
- Si la tasa interna de retorno $= i$: El proyecto no genera pérdidas ni ganancias es mejor no ejecutar el proyecto.
- Si la tasa interna de retorno $< i$: Se rechaza el proyecto.

3.2.4. Relación costo – beneficio

Se define como una metodología para valorar los costos y beneficios de un proyecto para determinar si el proyecto es viable, es decir genera beneficios, también se denomina índice de rentabilidad. Este rendimiento debe ser expresado en el número de unidades monetarias (Ortega, 2012)

La ecuación utilizada para determinar la relación costo-beneficio es (Guerrero, 2014):

$$\frac{B}{C} = \frac{VAI}{VAC+I_0} \quad [22]$$

Donde:

- VAI: Valor actual de los ingresos netos [\$].
- VAC: Valor actual de los costos de egresos [\$].
- I_0 : Inversión inicial [\$].

Bajo este enfoque la interpretación de la relación B/C es (Bravo, 2011) :

- $B/C > 1$: El proyecto puede ejecutarse debido a que los beneficios son mayores a los costos.
- $B/C = 1$: Los costos son iguales a los beneficios, es indiferente si se realiza el proyecto.

- $B/C < 1$: El proyecto no debería ejecutarse ya que los beneficios son menores a los costos.

3.3. Análisis descriptivo

Es usado cuando se disponen ciertos datos los cuales serán representados de forma que esta se pueda visualizar de una manera más sistemática y resumida dependiendo del tipo de variables que se estén manejando (Díaz S & Fernández S, 2001). Este tipo de análisis está diseñado para variables cuantitativas continuas incluyendo también el procedimiento de frecuencias (Arteaga, 2009).

3.3.1. Histogramas

Los histogramas son de gran utilidad para mostrar la distribución de una variable de escala, los datos se agrupan y se resumen usando un estadístico de porcentaje o recuento (Castañeda et al., 2010). Es un tipo especial de gráfica de barras en el cual una barra va pegada a la otra, esto quiere decir que no existe espacio entre barras representado cada una un subconjunto de datos (Díaz S & Fernández S, 2001)

Las gráficas de los histogramas nos permiten ver pautas que son difíciles de observar en una simple tabla numérica, algunas características son las siguientes como: la representación con una gráfica de barras, el rango de valores de la variable se divide en intervalos de igual amplitud, está compuesto de rectángulos donde la base de esta es la abscisa siendo la coordenada x y la altura es la coordenada y y se usa mucho en variables cuantitativas continuas (Gutiérrez Álvarez et al., 2004).

4. Plan de manejo ambiental

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en el siguiente trabajo de investigación se elaboró un Plan de Manejo Ambiental, en donde se tomó en cuenta

todos los aspectos relevantes, de las condiciones ambientales actuales del área de influencia (ACMUS) directa e indirecta.

El Plan de Manejo Ambiental se realizó en base a los siguientes parámetros:

- **Línea Base Ambiental**

La línea base ambiental del medio físico incluye la caracterización y análisis del clima, la geología, la geomorfología, la hidrogeología, la oceanografía, la limnología, la hidrología y la edafología (Torrez et al., 2016). Asimismo, considera niveles de ruido, presencia y niveles de vibraciones y luminosidad, de campos electromagnéticos y de radiación, calidad del aire y de los recursos hídricos.

- **Identificación de Impactos ambientales**

Se entiende por impacto ambiental aquel efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. Técnicamente, es la alteración de la línea de base (medio ambiente), debido a la acción antrópica o a eventos naturales (Aponte & Angulo 2009). El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico.

- **Estructuración del plan de manejo ambiental**

La estructura del plan de manejo ambiental tendrá tres programas que se detallan a continuación:

- Plan de prevención y mitigación de impactos
- Plan de monitoreo y seguimiento
- Plan de contingencia (H. Burbano, 2018).

Capítulo IV Resultados y Análisis

1. Georreferencia de los sitios de estudio

La recolección de datos se realizó en 6 parcelas en toda nuestra zona de estudio, registrando una cantidad de ejemplares de las especies en estudio, en diferentes altitudes. El ACMUS San Bartolomé posee un área de 236,76 ha, donde hemos analizado solo 2,82 ha, con los siguientes datos:

Tabla 10

Datos Georreferenciales de la distribución de las parcelas en el ACMUS San Bartolomé

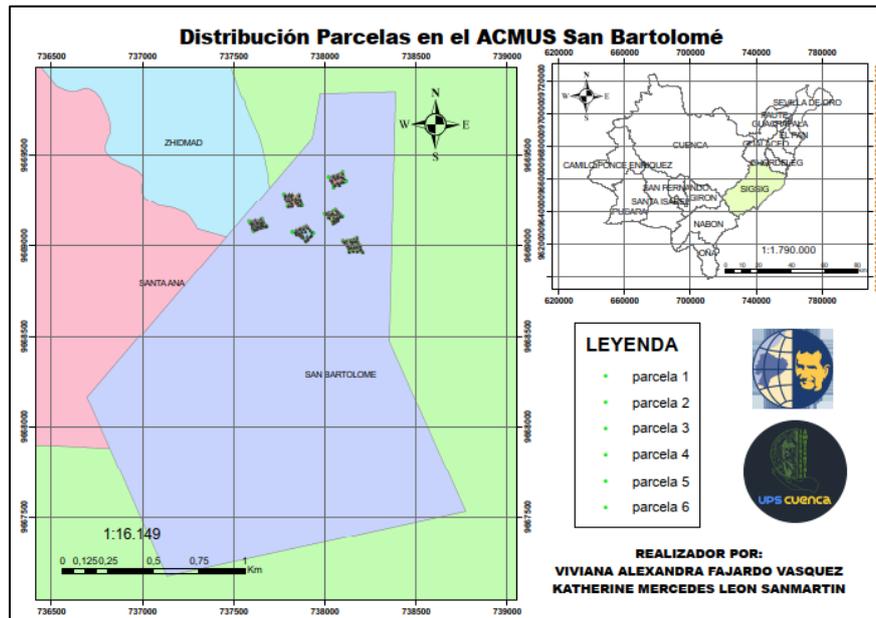
Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Altura	Área (ha)
Parcela 1				
1	738095	9669411	3185	0.46
2	738019	9669384	3229	
3	738046	9669327	3227	
4	738115	9669362	3210	
Parcela 2				
1	737584	9669133	3158	0.39
2	737655	9669147	3175	
3	737680	9669104	3186	
4	737607	9669080	3166	
Parcela 3				
1	737755	9669301	3182	0.57
2	737856	9669288	3215	
3	737874	9669221	3227	
4	737794	9669225	3201	
Parcela 4				
1	737820	9669075	3228	0.48
2	737895	9669107	3244	
3	737935	9669069	3253	
4	737894	9669024	3240	
Parcela 5				
1	737997	9669174	3254	0.38
2	738056	9669196	3243	
3	738095	9669159	3239	
4	738044	9669120	3256	
Parcela 6				
1	738097	9669027	3262	0.54
2	738173	9669044	3247	
3	738205	9668966	3244	
4	738131	9668968	3264	

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 10** se presentan los datos georreferenciales de la distribución de las parcelas en el Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable.

Figura 10

Mapa de la distribución de las parcelas en el ACMUS San Bartolomé



Fuente: (Autores, 2023)

2. Estimación de la captura de carbono de las especies

2.1. Cálculo del diámetro a la altura del pecho

En nuestra área de estudio, durante el muestreo y las mediciones de campo, pudimos obtener los siguientes datos en cuanto a una DAP máxima y mínima de las especies muestreadas:

Tabla 11

Diámetro a la altura del pecho (DAP) máxima y mínima de las especies en estudio

Especies	DAP máxima (cm)	DAP mínima (cm)
<i>Alnus glutinosa</i>	39,47	3,18

<i>Podocarpus sprucei</i>	37,24	15,60
<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	41,70	9,23
<i>Oreocallis grandiflora</i>	30,56	10,19

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 11** se observa que para las especies *Alnus glutinosa* encontradas en el trabajo de campo, se obtuvieron los siguientes diámetros a la altura del pecho: 39,47cm, como medida máxima y 3,18cm como medida mínima.

En las especies de *Podocarpus sprucei* encontradas, se obtuvo un DAP de 37,24 cm, siendo el valor más alto de las distintas mediciones realizadas; además se obtuvo 15,60 cm de DAP, como valor mínimo de las mediciones in situ.

Para las especies *Oreopanax ecuadorensis* encontradas en el sitio de estudio, se obtuvo un valor máximo de DAP de 41,70 cm y como valor mínimo se obtuvo el valor de 9,23 cm.

Por otro lado, las especies de *Oreocallis grandiflora* cuentan con valor máximo de DAP de 75,12 cm y un valor mínimo de 1,59 cm; considerando a todos los individuos, independientemente de su estado de desarrollo.

2.2. Altura del árbol

Tabla 12

Alturas totales máximas y mínimas de las especies en estudio muestreadas

Especie	Altura máxima (m)	Altura mínima (m)
<i>Alnus glutinosa</i>	15,8	1,3
<i>Podocarpus sprucei</i>	9,6	2,9

<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	16,05	4,3
<i>Oreocallis grandiflora</i>	9,6	4,2

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 12** nos muestra que para las especies *Alnus glutinosa* encontradas en el trabajo de campo, se obtuvieron las siguientes alturas: 15,8 m, como medida máxima y 1,3 m como medida mínima.

En las especies de *Podocarpus sprucei* encontradas, se obtuvo una altura de 9,6 m, siendo el valor más alto de las distintas mediciones realizadas; además se obtuvo 2,9 m de altura, como valor mínimo de las mediciones in situ.

Para las especies *Oreopanax ecuadorensis* encontradas en el sitio de estudio, se obtuvo un valor máximo de altura de 16,05 m y como valor mínimo se obtuvo el valor de 4,3 m.

Por otro lado, las especies de *Oreocallis grandiflora* cuentan con valor máximo de altura de 9,6 m y un valor mínimo de 4,2 m; considerando a todos los individuos, independientemente de su estado de desarrollo.

2.3. Estimación del Área basal

Tabla 13

Área basal de las especies en estudio

Especie	Área basal (cm²)	Área basal (m²)
<i>Alnus glutinosa</i>	37432,53	3,74
<i>Podocarpus sprucei</i>	16702,60	1,67
<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	14554,08	1,46

<i>Oreocallis grandiflora</i>	13393,45	1,34
-------------------------------	----------	------

Fuente: (Autores, 2023)

En cuanto a la estimación del área basal en la **tabla 13** se presentan los resultados correspondientes a las especies en estudio resumido de la siguiente manera: la especie *Alnus glutinosa* tiene un área basal de 3,74 m², la especie *Podocarpus Sprucei* cuenta con un área basal de 1,67 m², le sigue la especie *Oreopanax ecuadorensis* con un área basal de 1,46 m² y por último la especie *Oreocallis grandiflora* que tiene un área basal de 1,34 m².

2.4. Estimación del volumen de árbol en pie

Tabla 14

Volumen de árboles en pie de la especie Alnus glutinosa

Número de parcela	Volumen total (m ³)
1	1,195
2	6,459
3	2,071
4	1,124
5	1,742
6	2,024
Total	14,615

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 14** se puede observar el volumen de árboles de pie de la especie *Alnus glutinosa*, para lo cual se realizó una suma de los volúmenes de cada parcela y de

esta manera determinar los valores altos y bajos, siendo la parcela 2 la de mayor volumen con 6,459 m³ y la de menor volumen es la parcela 4 con 1,124 m³.

Tabla 15

Volumen de árboles en pie de la especie Podocarpus sprucei

Número de parcela	Volumen total (m ³)
1	0,021
2	1,587
3	2,071
4	1,642
5	2,617
6	-----
Total	7,937

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 15** del volumen de árboles en pie de la especie *Podocarpus sprucei* se puede observar que la de mayor volumen fue la parcela 5 con un valor de 2,617 m³ y la de menor volumen es de la parcela 1 con 0,021 m³.

Tabla 16

Volumen de árboles en pie de la especie Oreopanax ecuadorensis

Número de parcela	Volumen total (m ³)
1	0,030
2	2,525
3	1,379

4	1,557
5	1,167
6	0,916
Total	7,574

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 16** se puede observar el volumen de árboles de pie de la especie *Oreopanax ecuadorensis*, en donde se pueden apreciar los valores altos y bajos de volumen, siendo la parcela 2 la de mayor volumen con 2,525 m³ y la de menor volumen es la parcela 1 con 0,030 m³.

Tabla 17

Volumen de árboles en pie de la especie Oreocallis grandiflora

Número de parcela	Volumen total (m³)
1	-----
2	1,318
3	2,328
4	2,493
5	1,125
6	2,431
Total	9,695

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 17** se puede observar el volumen de árboles de pie de la especie *Oreocalli grandiflora*, en donde se pueden apreciar los valores altos y bajos de

volumen, siendo la parcela 6 la de mayor volumen con 2,431 m³ y la de menor volumen es la parcela 5 con 1,125 m³.

2.5. Biomasa forestal

2.5.1. Determinación del peso verde de la biomasa aérea

Tabla 18

Biomasa verde aérea de la especie Alnus glutinosa

Número de parcela	Biomasa verde aérea (kg)
1	4709,587
2	4272,274
3	1473,758
4	427,822
5	807,993
6	1087,788
Total	12779,222

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 18** se indica la biomasa verde aérea de la especie *Alnus glutinosa*, existiendo mayor cantidad de biomasa verde en la parcela 6 con 1087,788 kg y de menor cantidad es la parcela 3 con 1473,758kg.

Tabla 19

Biomasa verde aérea de la especie Podocarpus sprucei

Número de parcela	Biomasa verde aérea (kg)
1	616,421

2	626,760
3	849,001
4	707,003
5	1233,195
6	-----
Total	4032,380

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 19** se indica la biomasa verde aérea de la especie *Podocarpus sprucei*, existiendo mayor cantidad de biomasa verde en la parcela 5 con 1233,195kg y de menor cantidad es la parcela 6, porque no existe la especie en esta parcela

Tabla 20

Biomasa verde aérea de la especie Oreopanax ecuadorensis

Número de parcela	Biomasa verde aérea (kg)
1	1694,541
2	1311,451
3	674,818
4	734,498
5	566,506
6	625,159
Total	5606,973

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 20** se indica la biomasa verde aérea de la especie *Oreopanax ecuadorensis*, existiendo mayor cantidad de biomasa verde en la parcela 1 con 1694,541 kg y de menor cantidad es la parcela 5 con 566,506 kg.

Tabla 21

Biomasa verde aérea de la especie Oreocallis grandiflora

Número de parcela	Biomasa verde aérea (kg)
1	-----
2	616,006
3	1132,459
4	1311,044
5	505,934
6	1002,481
Total	4567,923

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 21** se indica la biomasa verde aérea de la especie *Oreocallis grandiflora*, existiendo mayor cantidad de biomasa verde en la parcela 4 con 1311,044 kg y de menor cantidad es la parcela 5 con 505,934kg.

2.5.2. Determinación del peso verde de la biomasa radicular

Tabla 22

Biomasa verde radicular de la especie Alnus glutinosa

Número de parcela	Biomasa verde radicular (kg)
1	941,917
2	854,455
3	294,752
4	85,564
5	161,599
6	217,558
Total	2555,844

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 22** se encuentra la biomasa verde radicular de la especie *Alnus glutinosa* siendo el valor más alto en la parcela 1 con 941,917 kg y la de valor más bajo esta en la parcela 4 con 85,564 kg.

Tabla 23

Biomasa verde radicular de la especie Podocarpus sprucei

Número de parcela	Biomasa verde radicular (kg)
1	123,284
2	125,352
3	169,800
4	141,401
5	246,639
6	----
Total	806,476

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 23** se encuentra la biomasa verde radicular de la especie *Podocarpus sprucei* siendo el valor más alto en la parcela 3 en el piso bajo con 169,800kg y la de valor más bajo esta en la parcela 1 con 123,284 kg.

Tabla 24

Biomasa verde radicular de la especie Oreopanax ecuadorensis

Número de parcela	Biomasa verde radicular (kg)
1	338,908
2	262,290
3	134,964
4	146,900
5	113,301
6	125,032
Total	1121,395

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 24** se encuentra la biomasa verde radicular de la especie *Oreopanax ecuadorensis* siendo el valor más alto en la parcela 1 con 338,908kg y la de valor más bajo esta en la parcela 5 con 113,301kg.

Tabla 25

Biomasa verde radicular de la especie Oreocallis glandiflora

Número de parcela	Biomasa verde radicular (kg)
1	-----
2	123,201
3	226,492
4	262,209
5	101,187
6	200,496
Total	913,585

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 25** se encuentra la biomasa verde radicular de la especie *Oreocallis grandiflora* siendo el valor más alto en la parcela 4 con 262,209kg y la de valor más bajo esta en la parcela 5 con 101,187 kg.

2.5.3. Determinación del peso verde de la biomasa total

Tabla 26

Biomasa verde total de la especie Alnus glutinosa

Número de parcela	Biomasa verde total (kg)
1	5651,504
2	5126,729
3	1768,510
4	513,386
5	969,592
6	1305,345
Total	15335,066

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 26** se indica la biomasa verde total de la especie *Alnus glutinosa* existiendo mayor biomasa verde en la parcela 1 con 5651,504 kg y menor biomasa en la parcela 4 con 513,386 kg.

Tabla 27

Biomasa verde total de la especie Podocarpus sprucei

Número de parcela	Biomasa verde total (kg)
1	739,705
2	752,112
3	1018,802
4	848,403
5	1479,834
6	-----
Total	4838,856

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 27** se indica la biomasa verde total de la especie *Podocarpus sprucei* existiendo mayor biomasa verde en la parcela 5 con 1479,834 kg y menor biomasa en la parcela 1 con 739,705 kg.

Tabla 28

Biomasa verde total de la especie Oreopanax ecuadorensis

Número de parcela	Biomasa verde total (kg)
1	2033,449
2	1573,742
3	809,782
4	881,398
5	679,807

6	750,191
Total	6728,368

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 28** se indica la biomasa verde total de la especie *Oreopanax ecuadorensis* existiendo mayor biomasa verde en la parcela 1 con 2033,449 kg y menor biomasa en la parcela 5 con 679,807 kg

Tabla 29

Biomasa verde total de la especie Oreocallis glandiflora

Número de parcela	Biomasa verde total (kg)
1	-----
2	739,207
3	1358,951
4	1573,253
5	607,120
6	1202,977
Total	5481,508

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 29** se indica la biomasa verde total de la especie *Oreocallis grandiflora* existiendo mayor biomasa verde en la parcela 4 con 1573,253 kg y menor biomasa en la parcela 5 con 607,120 kg.

2.5.4. Determinación del peso verde de la biomasa seca

Tabla 30

Biomasa seca de la especie Alnus glutinosa

Número de parcela	Biomasa en peso seco (kg)
1	3390,902
2	3076,037
3	1061,106
4	308,032

5	581,755
6	783,207
Total	9201,040

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 30** se describe la Biomasa seca en kilogramos de la especie *Alnus glutinosa* siendo la de mayor valor la de la parcela 1 con 3390,902 kg y el menor valor es el de la parcela 4 con 308,032 kg.

Tabla 31

Biomasa seca de la especie Podocarpus sprucei

Número de parcela	Biomasa en peso seco (kg)
1	443,823
2	451,267
3	611,281
4	509,042
5	887,900
6	-----
Total	2903,314

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 31** se describe la Biomasa seca en kilogramos de la especie *Podocarpus sprucei* siendo la de mayor valor la de la parcela 5 con 887,900 kg y el menor valor es el de la parcela 1 con 443,823 kg.

Tabla 32

Biomasa seca de la especie Oreopanax ecuadorensis

Número de parcela	Biomasa en peso seco (kg)
1	1220,070
2	944,245
3	485,869
4	528,839
5	407,884
6	450,114

Total	4037,021
--------------	----------

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 32** se describe la Biomasa seca en kilogramos de la especie *Oreopanax ecuadorensis* siendo la de mayor valor la de la parcela 1 con 1220,070 kg y el menor valor es el de la parcela 5 con 407,884 kg.

Tabla 33

Biomasa seca de la especie Oreocallis grandiflora

Número de parcela	Biomasa en peso seco (kg)
1	-----
2	443,524
3	815,371
4	943,952
5	364,272
6	721,786
Total	3288,905

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 33** se describe la Biomasa seca en kilogramos de la especie *Oreocallis grandiflora* siendo la de mayor valor la de la parcela 4 con 943,952 kg y el menor valor es el de la parcela 5 con 364,272 kg.

2.6. Carbono capturado

2.6.1. Cálculo de carbono aéreo total

Tabla 34

Carbono aéreo total de la especie Alnus glutinosa

Número de parcela	Carbono aéreo total (kg)	Carbono aéreo total (Ton)
1	1695,451	1,695
2	1538,019	1,538
3	530,553	0,531
4	154,016	0,154

5	290,878	0,291
6	391,604	0,392
Total	4600,520	4,601

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 34** se indica en carbono aéreo total de la especie *Alnus glutinosa*, siendo el valor más alto en la parcela 1 con 1,695 toneladas y la de valor más bajo en la parcela 4 con 0,154 toneladas.

Tabla 35

Carbono aéreo total de la especie Podocarpus sprucei

Número de parcela	Carbono aéreo total (kg)	Carbono aéreo total (Ton)
1	221,912	0,222
2	225,634	0,226
3	305,640	0,306
4	254,521	0,255
5	443,950	0,444
6	-----	-----
Total	1451,657	1,452

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 35** se indica en carbono aéreo total de la especie *Podocarpus sprucei*, siendo el valor más alto en la parcela 5 con 0,444 toneladas y la de valor más bajo en la parcela 1 con 0,222 toneladas.

Tabla 36

Carbono aéreo total de la especie Oreopanax ecuadorensis

Número de parcela	Carbono aéreo total (kg)	Carbono aéreo total (Ton)
1	610,035	0,610
2	472,122	0,472
3	242,935	0,243
4	264,419	0,264
5	203,942	0,204
6	225,057	0,225
Total	2018,510	2,019

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 36** se indica en carbono aéreo total de la especie *Oreopanax ecuadorensis*, siendo el valor más alto en la parcela 1 con 0,610 toneladas y la de valor más bajo en la parcela 5 con 0,225 toneladas.

Tabla 37

Carbono aéreo total de la especie Oreocallis grandiflora

Número de parcela	Carbono aéreo total (kg)	Carbono aéreo total (Ton)
1	-----	-----
2	221,762	0,222
3	407,685	0,408
4	471,976	0,472
5	182,136	0,182
6	360,893	0,361
Total	1644,452	1,644

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 37** se indica en carbono aéreo total de la especie *Oreocallis grandiflora*, siendo el valor más alto en la parcela 4 con 0,472 toneladas y la de valor más bajo en la parcela 5 con 0,182 toneladas.

2.6.2. Cálculo del carbono radicular

Tabla 38

Carbono radicular de la especie Alnus glutinosa

Número de parcela	Carbono radicular (kg)	Carbono radicular (Ton)
1	406,908	0,407
2	369,124	0,369
3	127,333	0,127
4	36,964	0,037
5	69,811	0,070
6	93,985	0,094
Total	1104,125	1,104

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 38** se indica el carbono radicular de la especie *Alnus glutinosa*, estando el valor más alto en la parcela 1 con 0,407 toneladas y el valor más bajo en la parcela 4 con 0,037 toneladas.

Tabla 39

Carbono radicular de la especie Podocarpus sprucei

Número de parcela	Carbono radicular (kg)	Carbono radicular (Ton)
1	53,259	0,053
2	54,152	0,054
3	73,354	0,073
4	61,085	0,061
5	106,548	0,107
6	-----	-----
Total	348,398	0,348

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 39** se indica el carbono radicular de la especie *Podocarpus sprucei*, estando el valor más alto en la parcela 5 con 0,107 toneladas y el valor más bajo en la parcela 1 con 0,053 toneladas.

Tabla 40

Carbono radicular de la especie Oreopanax ecuadorensis

Número de parcela	Carbono radicular (kg)	Carbono radicular (Ton)
1	146,408	0,146
2	113,309	0,113
3	58,304	0,058
4	63,461	0,063
5	48,946	0,049
6	54,014	0,054
Total	484,442	0,484

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 40** se indica el carbono radicular de la especie *Oreopanax ecuadorensis*, estando el valor más alto en la parcela 1 con 0,146 toneladas y el valor más bajo en la parcela 5 con 0,049 toneladas.

Tabla 41

Carbono radicular de la especie Oreocallis grandiflora

Número de parcela	Carbono radicular (kg)	Carbono radicular (Ton)
1	-----	-----
2	53,223	0,053
3	97,844	0,098
4	113,274	0,113
5	43,713	0,044
6	86,614	0,087
Total	394,669	0,395

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 41** se indica el carbono radicular de la especie *Oreopanax ecuadorensis*, estando el valor más alto en la parcela 4 con 0,113 toneladas y el valor más bajo en la parcela 2 con 0,053 toneladas.

2.6.3. Cálculo carbono total

Tabla 42

Carbono total de la especie Alnus glutinosa

Número de parcela	Carbono total (kg)	Carbono total (Ton)
1	2102,360	2,102
2	1907,143	1,907
3	657,886	0,658
4	190,980	0,191
5	360,688	0,361
6	485,588	0,486
Total	5704,645	5,705

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 42** se indica el carbono total de la especie *Alnus glutinosa*, estando el valor más alto en la parcela 1 con 2,102 toneladas y el valor más bajo en la parcela 4 con 0,191 toneladas.

Tabla 43

Carbono total de la especie Podocarpus sprucei

Número de parcela	Carbono total (kg)	Carbono total (Ton)
1	275,170	0,275
2	279,786	0,280
3	378,994	0,379
4	315,606	0,316
5	550,498	0,550
6	-----	-----
Total	1800,054	1,800

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 43** se indica el carbono total de la especie *Podocarpus sprucei*, estando el valor más alto en la parcela 5 con 0,550 toneladas y el valor más bajo en la parcela 1 con 0,275 toneladas.

Tabla 44

Carbono total de la especie Oreopanax ecuadorensis

Número de parcela	Carbono total (kg)	Carbono total (Ton)
1	756,443	0,756
2	585,432	0,585
3	301,239	0,301
4	327,880	0,328
5	252,888	0,253
6	279,071	0,279
Total	2502,953	2,503

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 44** se indica el carbono total de la especie *Oreopanax ecuadorensis*, estando el valor más alto en la parcela 1 con 0,756 toneladas y el valor más bajo en la parcela 5 con 0,253 toneladas.

Tabla 45

Carbono total de la especie Oreocallis grandiflora

Número de parcela	Carbono total (kg)	Carbono total (Ton)
1	-----	-----
2	274,985	0,275
3	505,530	0,506
4	585,250	0,585
5	225,849	0,226
6	447,507	0,448
Total	2039,121	2,039

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 45** se indica el carbono total de la especie *Oreocallis grandiflora*, estando el valor más alto en la parcela 4 con 0,585 toneladas y el valor más bajo en la parcela 5 con 0,226 toneladas.

2.6.4. Estimación del carbono capturado

Tabla 46

Captura de dióxido de carbono de la especie Alnus glutinosa

Número de parcela	CO2 (Ton)
1	7,708
2	6,992
3	2,412
4	0,700
5	1,322
6	1,780
Total	20,915

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 46** se describe la captura de dióxido de carbono de la especie *Alnus glutinosa*, siendo el valor más alto en la parcela 1 con 7,708 toneladas y el valor más bajo en la parcela 4 con 0,700 toneladas.

Tabla 47

Captura de dióxido de carbono de la especie Podocarpus sprucei

Número de parcela	CO2 (Ton)
1	1,009
2	1,026
3	1,390
4	1,157
5	2,018
6	-----
Total	6,600

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 47** se describe la captura de dióxido de carbono de la especie *Podocarpus sprucei* siendo el valor más alto en la parcela 5 con 2,018 toneladas y el valor más bajo en la parcela 1 con 1,009 toneladas.

Tabla 48

Captura de dióxido de carbono de la especie Oreopanax ecuadorensis

Número de parcela	CO2 (Ton)
1	2,773
2	2,146
3	1,104
4	1,202
5	0,927
6	1,023
Total	9,177

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 48** se describe la captura de dióxido de carbono de la especie *Oreopanax ecuadorensis* siendo el valor más alto en la parcela 1 con 2,773 toneladas y el valor más bajo en la parcela 5 con 0,927 toneladas.

Tabla 49

Captura de dióxido de carbono de la especie Oreocallis grandiflora

Número de parcela	CO2 (Ton)
1	-----
2	1,008
3	1,853
4	2,146
5	0,828
6	1,641
Total	7,476

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 49** se describe la captura de dióxido de carbono de la especie *Oreocallis grandiflora* siendo el valor más alto en la parcela 6 con 1,641 toneladas y el valor más bajo en la parcela 5 con 0,828 toneladas.

2.7. Índice de valor de importancia (IVI)

Tabla 50

Índice de valor de importancia (IVI) de las especies muestreadas

Especie	Nº	Área Basal (m2)	Frecuencia		Dominancia			IVI (%)
			Fa (%)	Fr (%)	D (Nº/m2)	Dr (%)	DmR (%)	
<i>Alnus glutinosa</i>	137	3,74	100	27,27	0,0049	50,00	40,98	39,42
<i>Podocarpus sprucei</i>	46	2,08	83,33	22,73	0,0016	16,79	22,83	20,78
<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	36	1,46	100,00	27,27	0,0013	13,14	15,93	18,78
<i>Oreocallis grandiflora</i>	55	1,85	83,33	22,73	0,0020	20,07	20,26	21,02
Total	274	9,13	366,7	100		100	100	100,00

Fuente: (Autores, 2023)

Según la **tabla 50** de los parámetros estructurales de las especies muestreadas, se pudo observar que la densidad absoluta de la especie *Podocarpus sprucei* de 0,0016 ind/m², con una densidad relativa del 16,79%, frecuencia relativa de 22,73% y el Índice de Valor de Importancia de 20,78%, *Oreopanax ecuadorensis* de 0,0013 ind/m², con una densidad relativa del 13,14%, frecuencia relativa de 27,27% y el Índice de Valor de Importancia de 18,78%, la especie *Oreocallis grandiflora* tiene un valor de densidad absoluta de 0,0020 ind/m², con una densidad relativa de 20,07%, frecuencia relativa de 22,73%, y un Índice de Valor de Importancia de 21,02% y la especie *Alnus glutinosa* de 0,0049 ind/m², con una densidad relativa del 50,00%, frecuencia relativa de 27,27% y el Índice de Valor de Importancia de 39,42%, mostrando así que al ser un valor más elevado, tiene una mayor importancia en comparación con las tres especies de estudio

3. Valoración económica según las especies muestreadas

Tabla 51

Valoración económica de las especies en estudio

Escenario	Entidad	CO2 Capturado <i>Alnus glutinosa</i>	CO2 capturado <i>Podocarpus sprucei</i>	Co2 capturado <i>Oreopanax ecuadorensis</i>	CO2 Capturado <i>Oreocallis grandiflora</i>	Precio (2022)	Valor del <i>Alnus glutinosa</i>	Valor del <i>Podocarpus sprucei</i>	Valor del <i>Oreopanax ecuadorensis</i>	Valor del <i>Oreocallis grandiflora</i>	Valor total
Mercado voluntario	Carbonfund					\$12,50	\$261,44	\$82,49	\$114,71	\$93,45	\$552,09
	SENDECO 2					\$85,79	\$1.794,29	\$566,17	\$787,26	\$641,37	\$3.789,09
Mercado de cumplimiento o regulado	European Union Emissions Trading System (EU-ETS)	20,91	6,60	9,18	7,48	\$87,54	\$1.830,89	\$577,72	\$803,32	\$654,45	\$3.866,39
	United Kingdom Emissions Trading					\$82,79	\$1.731,55	\$546,38	\$759,73	\$618,94	\$3.656,59

Scheme (UK-ETS)						
New Zealand Emissions Trading System (NZ-ETS)	\$83,17	\$1.739,50	\$548,88	\$763,22	\$621,78	\$3.673,38
Korean Emissions Trading System (K- ETS)	\$20,01	\$418,51	\$132,06	\$183,62	\$149,60	\$883,78
German National Emissions Trading System (Germany- ETS)	\$35,48	\$742,06	\$234,15	\$325,58	\$265,25	\$1.567,05

Fuente: (Autores, 2023)

En la tabla **Tabla 51** se puede observar que la empresa con mayor beneficio es European Union Emissions Trading System (EU-ETS), la cual se encuentra en el escenario 2 de mercado de cumplimiento pudiéndose obtener un valor de 3.866,39 USD; mientras que el escenario menos favorable es Korean Emissions Trading System (K-ETS): la cual se encuentra en el escenario 2 de mercado de cumplimiento con un valor de 883,78 USD. Y así también el mercado voluntario con la empresa Carbonfun que nos da un valor de 552,09 USD

3.1.Cálculo de ingresos y egresos en el ACMUS “San Bartolomé”, según las especies de estudio

3.1.1. Ingresos según escenarios escogidos

Tabla 52

Ingresos por dióxido de carbono (CO₂) capturado

Escenario	Especies	CO ₂ Capturado (ton)	Precio (USD)	Valor total (USD)
MERCADO VOLUNTARIO: CarbonFund	<i>Alnus glutinosa</i>	20,91	\$12,50	\$261,44
	<i>Podocarpus sprucei</i>	6,60	\$12,50	\$82,49
	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	9,18	\$12,50	\$114,71
	<i>Oreocallis glandiflora</i>	7,48	\$12,50	\$93,45
	Total	44,17		\$552,09
MERCADO DE CUMPLIMIENTO: European Union Emissions Trading System (EU-ETS)	<i>Alnus glutinosa</i>	20,91	\$87,54	1830,89
	<i>Podocarpus sprucei</i>	6,60	\$87,54	577,72
	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	9,18	\$87,54	803,32
	<i>Oreocallis glandiflora</i>	7,48	\$87,54	654,45
	Total	44,17		\$3866,39

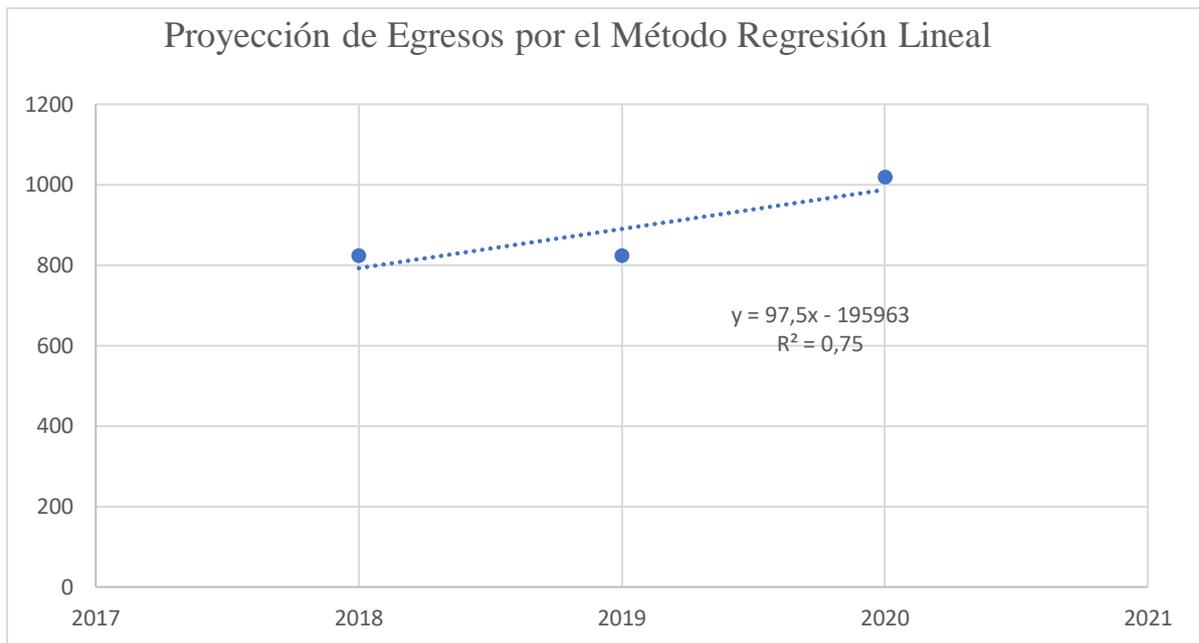
Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 52**, se muestra los ingresos de dióxido de carbono (CO₂) capturado por diferentes escenarios en los mercados de cumplimiento y mercado voluntario, cabe recalcar que dichos ingresos se representan por el periodo de tiempo que se realice la negociación, por lo tanto, el PVP total no se considera en período anual, pues dependerá específicamente del tiempo que se establezca una negociación.

3.1.2. Egresos proyectados en el ACMUS San Bartolomé por especie

Figura 11

Modelo de regresión lineal para egresos del año 2018 – 2020



Fuente: (Autores, 2023)

Tabla 53

Egresos proyectados desde el año 2021 hasta el año 2033

AÑO	Egresos
2021	\$1.085,00
2022	\$1.236,67
2023	\$1.330,56
2024	\$1.462,96
2025	\$1.569,69
2026	\$1.693,54
2027	\$1.805,97
2028	\$1.926,02
2029	\$2.040,99
2030	\$2.159,34
2031	\$2.275,44
2032	\$2.393,04
2033	\$2.509,64

Fuente: (Autores, 2023)

En la **tabla 53** se presenta la proyección de egresos obtenidos por el método de regresión lineal (gráfica), la proyección se realizó para un período de tiempo de 12 años: desde el año 2021 hasta el año 2033.

3.2. Análisis Costo-Beneficio del rendimiento de las especies de estudio

3.2.1. Escenario 1: Mercado voluntario

Análisis costo - beneficio para una tasa de descuento del 8%

Según el cálculo del valor económico realizado para las especies *Alnus glutinosa*, *Podocarpus sprucei*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Oreocallis grandiflora* en el ACMUS San Bartolomé de acuerdo con el valor establecido por Carbonfund, entidad perteneciente al Mercado voluntario, se realizó el análisis costo beneficio con una tasa de descuento de 8%, para lo cual se obtuvo:

- VAN: 1.269,34 USD
- TIR: 10 %
- B/C: 0,79

Con el análisis B/C, se establece que la negociación que se pudiese realizar con la entidad Carbonfund, no es rentable, dado que genera ingresos, pero no lo suficientes para cubrir lo egresos o gastos.

Análisis costo - beneficio para una tasa de descuento del 12%

Según el cálculo del valor económico realizado para las especies *Alnus glutinosa*, *Podocarpus sprucei*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Oreocallis grandiflora* en el ACMUS San Bartolomé de acuerdo con el valor establecido por Carbonfund, entidad

perteneciente al Mercado voluntario, se realizó el análisis costo beneficio con una tasa de descuento del 12%, para lo cual se obtuvo:

- VAN: - 972, 07 USD
- TIR: 10 %
- B/C: 1,33

Con el análisis B/C, se establece que la negociación que se pudiese realizar con la entidad Carbonfund, es rentable pero no viable, dado que genera ingresos, pero no lo suficientes para cubrir lo egresos o gastos.

3.2.2. Escenario 2: Mercado de cumplimiento

Análisis costo - beneficio para una tasa de descuento del 8%

De acuerdo con el cálculo del valor económico realizado para las especies *Alnus glutinosa*, *Podocarpus sprucei*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Oreocallis grandiflora* en el ACMUS San Bartolomé según el precio establecido por EU-ETS, entidad perteneciente al Mercado de cumplimiento, se realizó el análisis costo beneficio con una tasa de descuento del 8%, para lo cual se obtuvo:

- VAN: 14.706,74 USD
- TIR: 42%
- B/C: 5,56

Con el análisis B/C, se establece que la negociación que se pudiese realizar con la entidad EU-ETS, es rentable y viable.

Análisis costo - beneficio para una tasa de descuento del 12%

De acuerdo con el cálculo del valor económico realizado para las especies *Alnus glutinosa*, *Podocarpus sprucei*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Oreocallis grandiflora* en el ACMUS San Bartolomé según el precio establecido por EU-ETS, entidad perteneciente al Mercado de cumplimiento, se realizó el análisis costo beneficio con una tasa de descuento del 12%, para lo cual se obtuvo:

- VAN: 10.729,94 USD
- TIR: 42%
- B/C: 9.36

Con el análisis B/C, se establece que la negociación que se pudiese realizar con la entidad EU-ETS, es rentable y viable.

3.3. Análisis descriptivo

3.4. Histogramas

Se aplicaron histogramas de barras simples que representan una distribución proporcional a la frecuencia de las variables consideradas, tales como: DAP, altura total, área basal, volumen, biomasa forestal, cantidad de carbono almacenado y CO₂ capturado; indicando la distribución de la población.

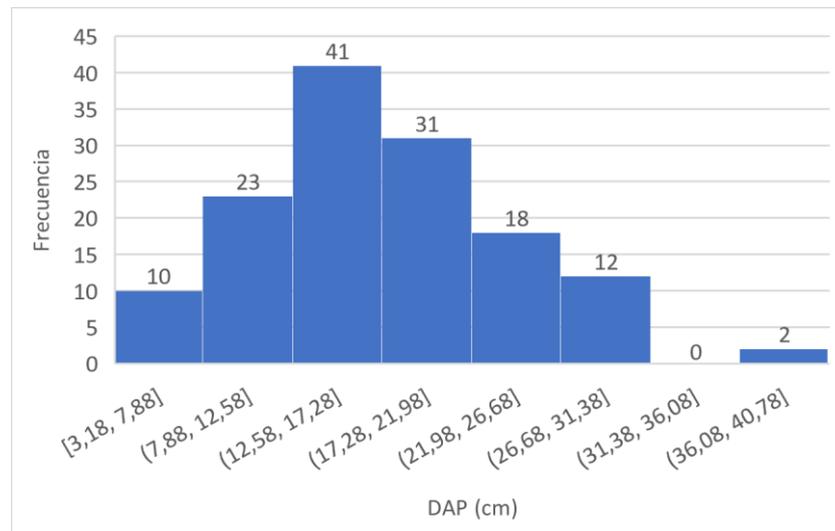
3.4.1. Histogramas de la especie *Alnus glutinosa*

Para la construcción de cada histograma de la especie *Alnus glutinosa*, se toma en consideración el número de especies muestreadas en las 6 parcelas que se realizó el muestreo, contando con una cantidad de 137 individuos.

3.4.1.1. Histograma del diámetro a la altura del pecho (DAP)

Figura 12

Histograma del DAP de la especie Alnus glutinosa



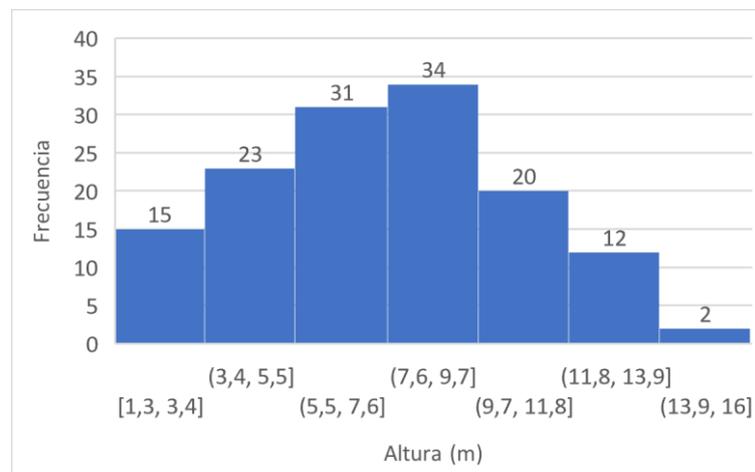
Fuente: (Autores, 2023)

Según el análisis estadístico, se obtuvo el promedio del DAP de 21,40 cm con una desviación estándar de 7,65. Siendo su mayor frecuencia la de 41 individuos, donde su mayor concentración se encuentra entre los 7,88 a 26,88 cm.

3.4.1.2. Histograma de la altura total de los árboles

Figura 13

Histograma de la altura total de la especie Alnus glutinosa



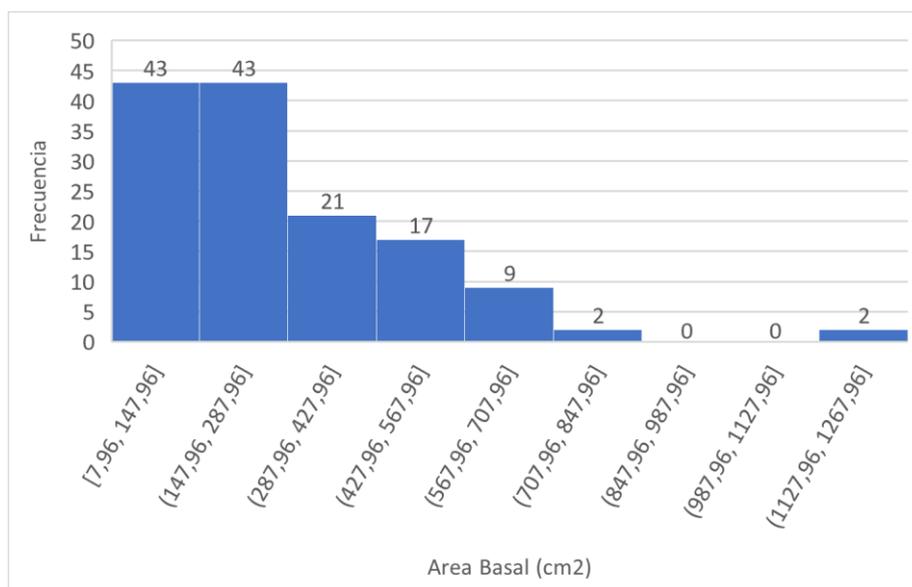
Fuente: (Autores, 2023)

Según el análisis estadístico, se obtuvo el promedio de la Altura total de 9,12 m con una desviación estándar de 2,21. Siendo su mayor frecuencia la de 34 individuos, donde su mayor concentración se encuentra entre los 3,54 a 8,11 m.

3.4.1.3.Histograma del área basal

Figura 14

Histograma de área basal de la especie Alnus glutinosa



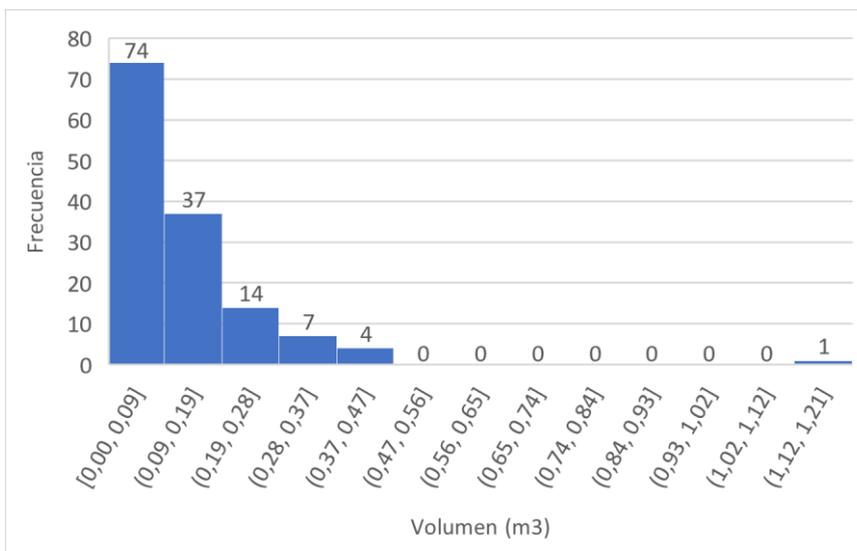
Fuente: (Autores, 2023)

Según el análisis estadístico, se obtuvo el promedio del Área basal de 404,28 cm² con una desviación estándar de 288,63. Siendo su mayor frecuencia la de 43 individuos, donde su mayor concentración se encuentra entre los 7,96 a 56,96 cm².

3.4.1.4.Histograma del volumen

Figura 15

Histograma de volumen de la especie Alnus glutinosa



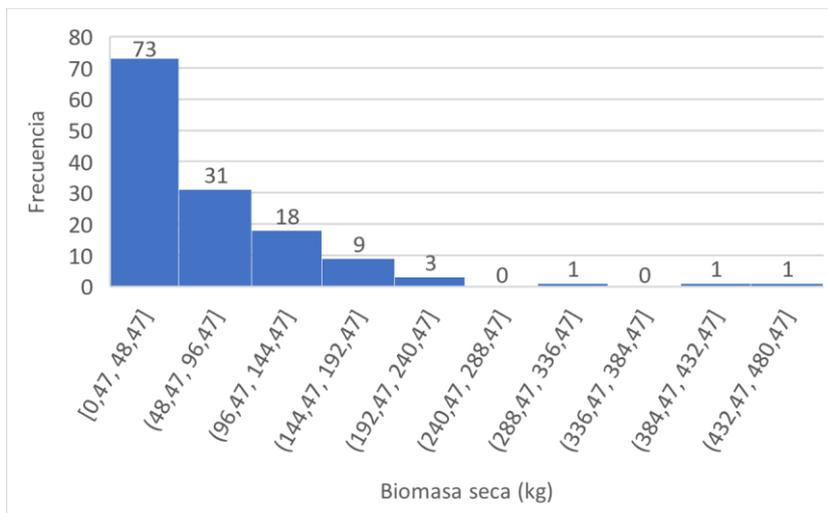
Fuente: (Autores, 2023)

Según el análisis estadístico, se obtuvo el promedio del volumen de 0,12 m3 con una desviación estándar de 0,14. Siendo su mayor frecuencia la de 74 individuos, donde su mayor concentración se encuentra entre los 0,00 a 0,19 m3.

3.4.1.5.Histograma de la biomasa seca

Figura 16

Histograma de la biomasa seca de la especie Alnus glutinosa



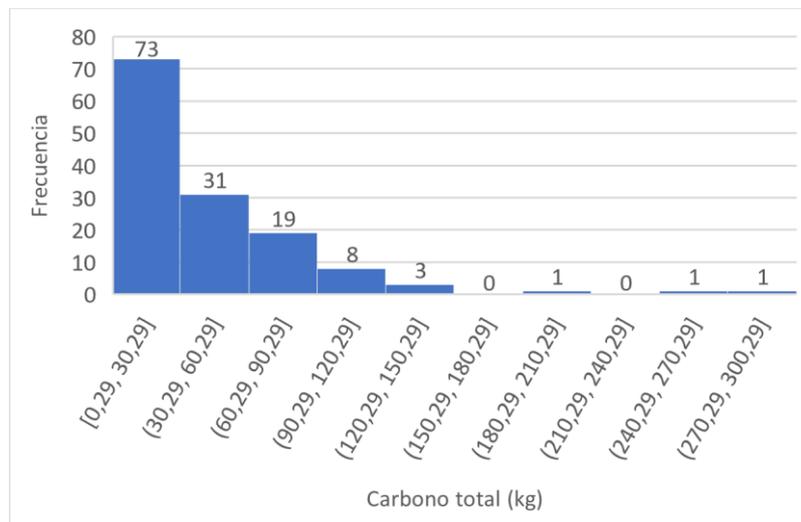
Fuente: (Autores, 2023)

Según el análisis estadístico, se obtuvo el promedio de la Biomasa seca de 67,16 kg con una desviación estándar de 71,24. Siendo su mayor frecuencia la de 73 individuos, donde su mayor concentración se encuentra entre los 0,47 a 144,47 kg.

3.4.1.6. Histograma de la cantidad de carbono total almacenado

Figura 17

*Histograma de carbono total almacenado de la especie *Alnus glutinosa**



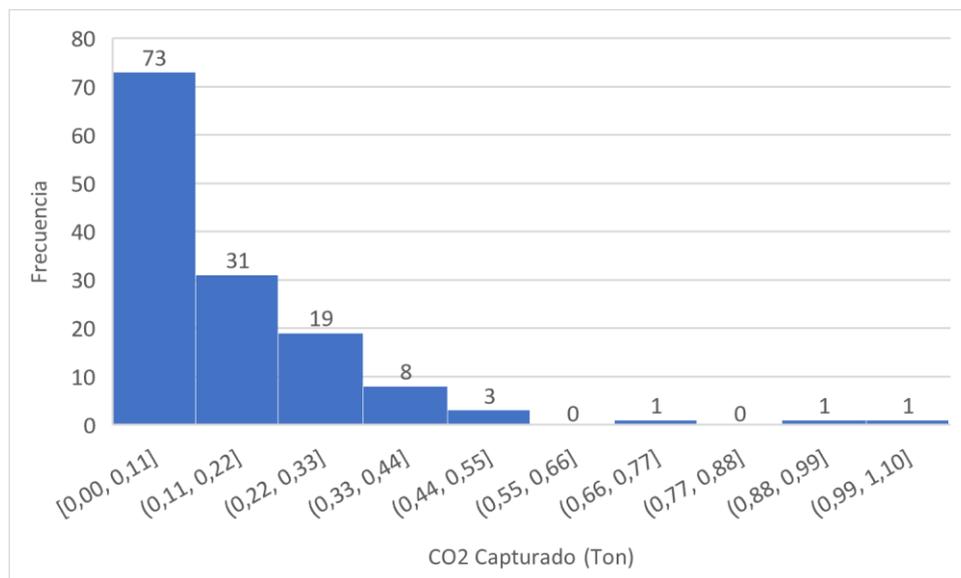
Fuente: (Autores, 2023)

Según el análisis estadístico, se obtuvo el promedio del Carbono Total almacenado de 41,64 kg con una desviación estándar de 44,20 kg. Siendo su mayor frecuencia la de 73 individuos, donde su mayor concentración se encuentra entre los 0,29 a 90,29 kg.

3.4.1.7. Histograma del CO2 capturado

Figura 18

*Histograma del CO2 capturado de la especie *Alnus glutinosa**



Fuente: (Autores, 2023)

Según el análisis estadístico, se obtuvo el promedio del CO2 captura de 0,15 toneladas con una desviación estándar de 0,16. Siendo su mayor frecuencia la de 73 individuos, donde su mayor concentración se encuentra entre los 0,00 a 0,33 toneladas.

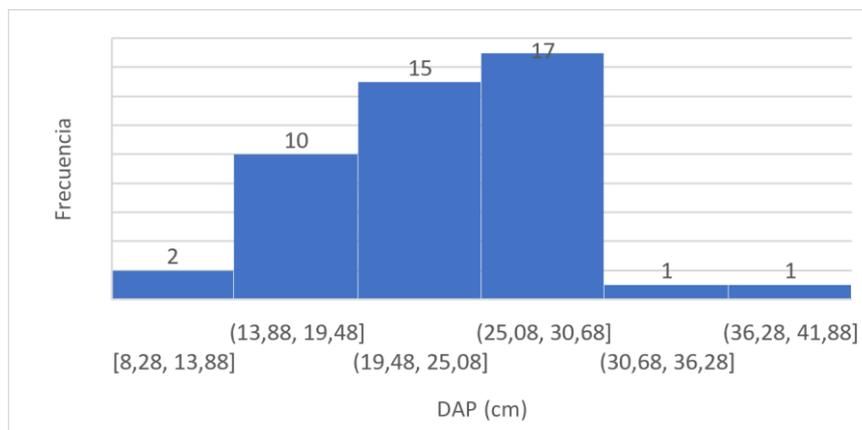
3.4.2. Histogramas de la especie *Podocarpus sprucei*

Para la construcción de los histogramas de la especie *Podocarpus sprucei* se toma los datos de 5 parcelas que nos dan un total de individuos de 46 individuos, ya que en la parcela 6 no se encontró ningún ejemplar de esta especie.

3.4.2.1. Histograma del diámetro a la altura del pecho (DAP)

Figura 19

Histograma del DAP de la especie Podocarpus sprucei



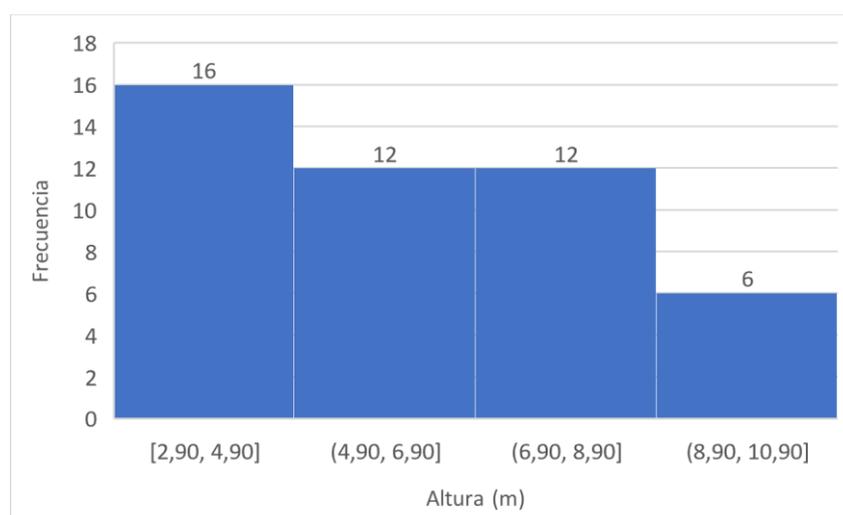
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del DAP medio, se obtuvo que es 23,35 cm con una desviación estándar de 5,69. Donde su mayor concentración se encuentra entre 13,88 a 30,68 cm y su mayor frecuencia es de 17 individuos.

3.4.2.2. Histograma de la altura total de los árboles

Figura 20

Histograma de la altura total de la especie Podocarpus sprucei



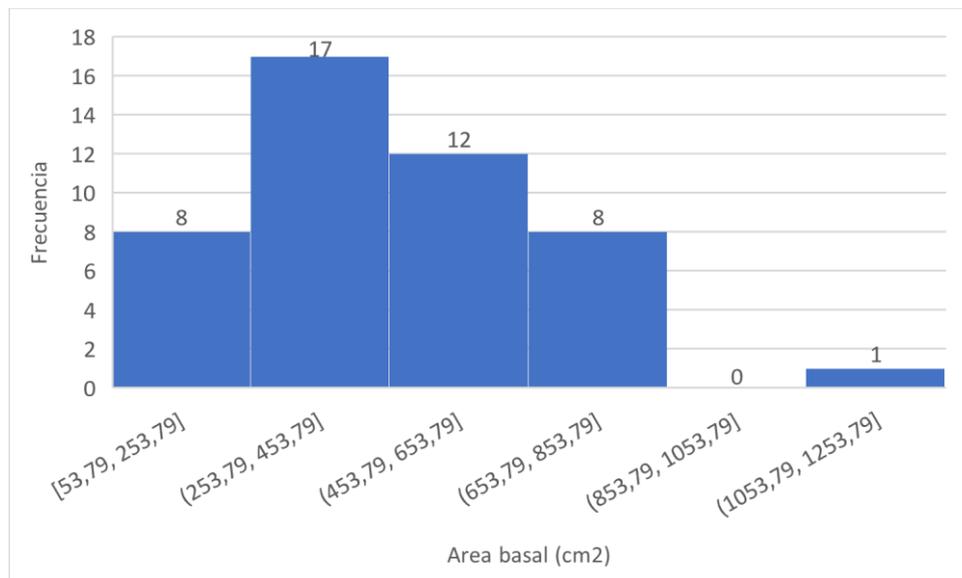
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico de la altura total media, se obtuvo que es 6,13 m con una desviación estándar de 2,06. Donde su mayor concentración se encuentra entre 2,90 a 8,90 m y su mayor frecuencia es de 16 individuos.

3.4.2.3. Histograma del área basal

Figura 21

Histograma de área basal de la especie Podocarpus sprucei



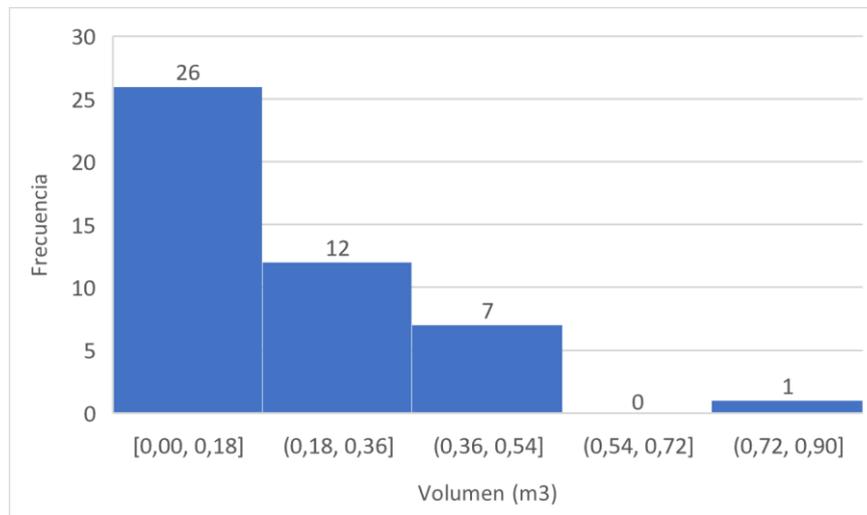
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico de Área basal, se obtuvo que es 453,25 cm² con una desviación estándar de 203,99. Donde su mayor concentración se encuentra entre 53,79 a 853,79 cm² y su mayor frecuencia es de 17 individuos.

3.4.2.4. Histograma del volumen

Figura 22

Histograma de volumen de la especie Podocarpus sprucei



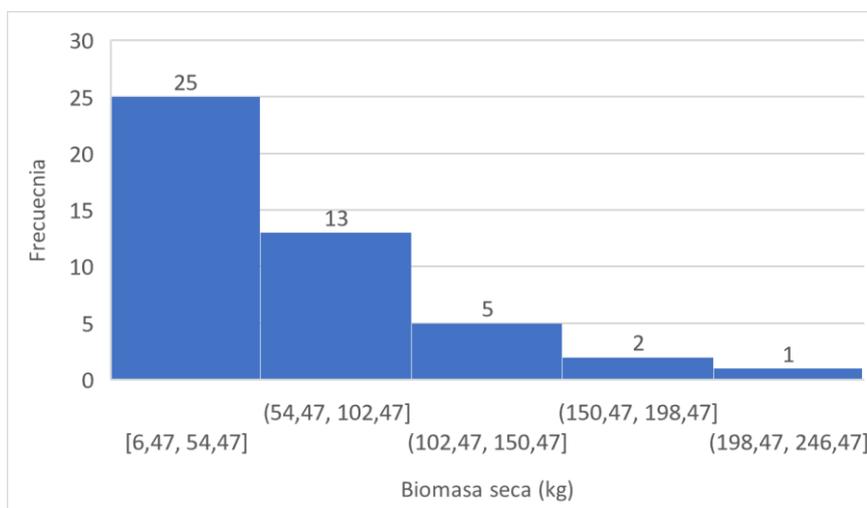
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del Volumen medio, se obtuvo que es 0,17 m³ con una desviación estándar de 0,18. Donde su mayor concentración se encuentra entre 0,00 a 0,36 m³ y su mayor frecuencia es de 26 individuos.

3.4.2.5.Histograma de la biomasa seca

Figura 23

Histograma de la biomasa seca de la especie Podocarpus sprucei



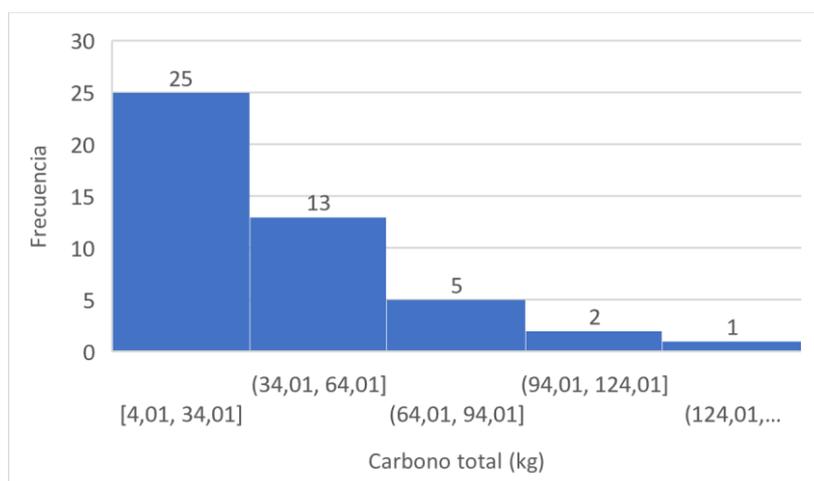
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico de la Biomasa seca media, se obtuvo que es 63,12 kg con una desviación estándar de 49,41. Donde su mayor concentración se encuentra entre 6,47 a 102,47 kg y su mayor frecuencia es de 25 individuos.

3.4.2.6.Histograma de la cantidad de carbono total almacenado

Figura 24

Histograma de carbono total almacenado de la especie Podocarpus sprucei



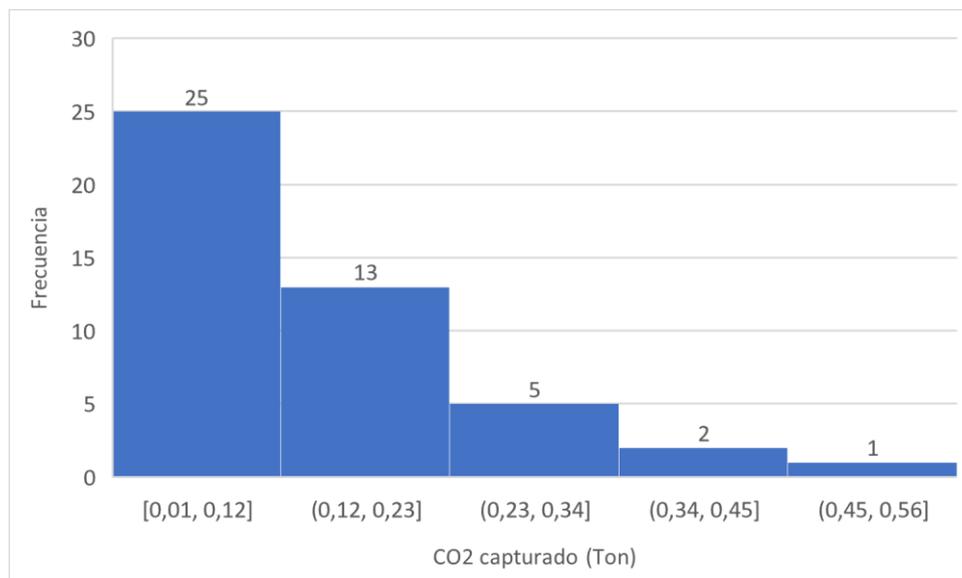
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del Carbono total almacenado medio, se obtuvo que es 39,13 kg con una desviación estándar de 30,63. Donde su mayor concentración se encuentra entre 4,01 a 64,01 y su mayor frecuencia es de 25 individuos.

3.4.2.7.Histograma del CO2 capturado

Figura 25

Histograma del CO2 capturado de la especie Podocarpus sprucei



Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del CO2 capturado medio, se obtuvo que es 0,14 toneladas con una desviación estándar de 0,11. Donde su mayor concentración se encuentra entre 0,01 a 0,23 toneladas y su mayor frecuencia es de 17 individuos.

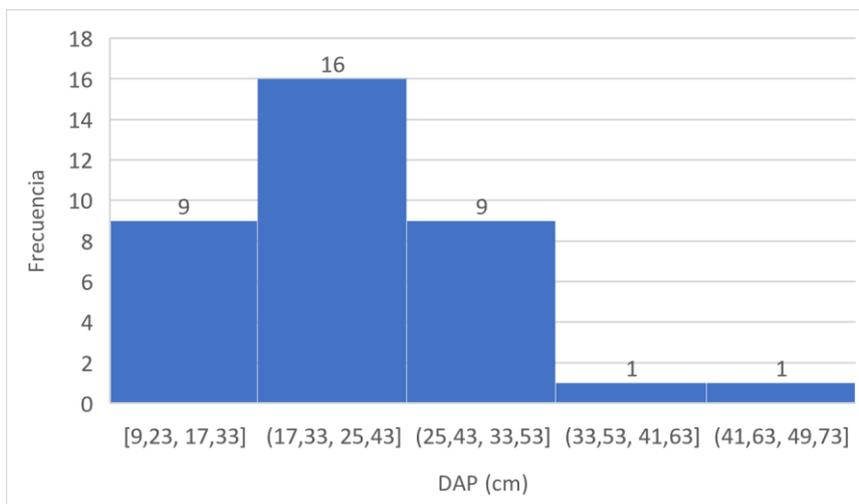
3.4.3. Histogramas de la especie *Oreopanax ecuadorensis*

Para la obtención de los histogramas de la especie *Oreopanax ecuadorensis* se tomaron en consideración los datos obtenidos en las 6 parcelas distribuidas en la zona de estudio, con un número total de 36 individuos.

3.4.3.1. Histograma del diámetro a la altura del pecho (DAP)

Figura 26

Histograma del DAP de la especie Oreopanax ecuadorensis



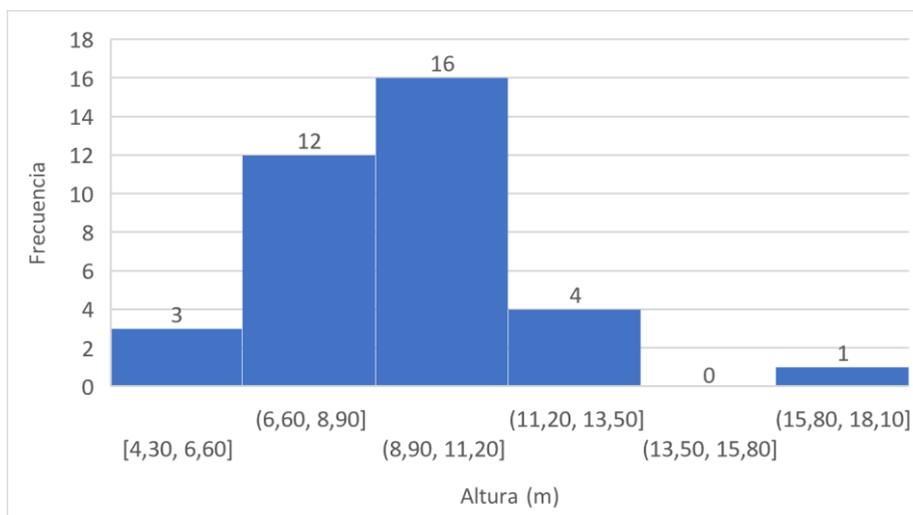
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del DAP, su promedio es 21,40 cm con una desviación estándar de 7,65. Su mayor concentración se encuentra entre 9,23 y 33,53 cm, y su mayor frecuencia es 16 individuos.

3.4.3.2. Histograma de la altura total de los árboles

Figura 27

Histograma de la altura total de la especie Oreopanax ecuadorensis



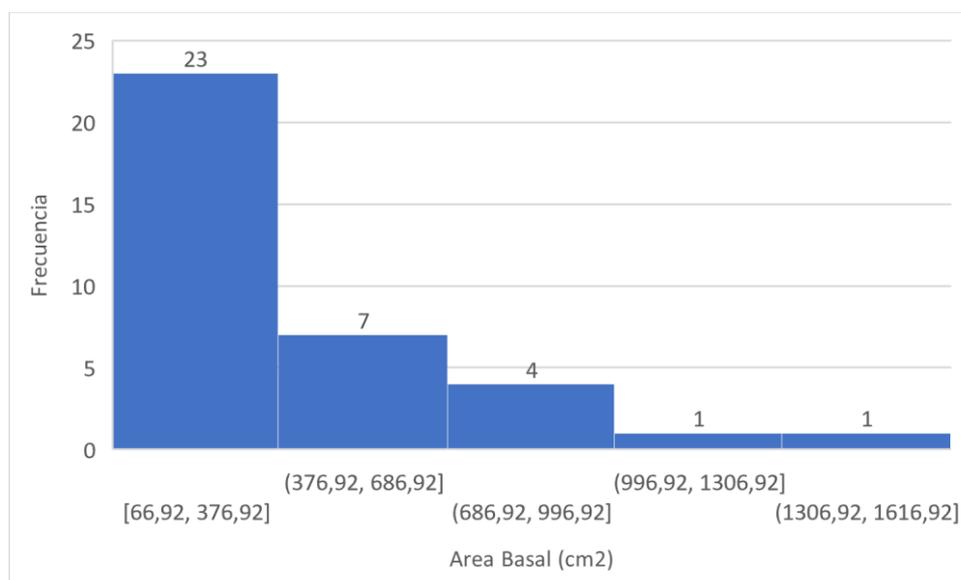
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico de la Altura total, su promedio es 9,12 m con una desviación estándar de 2,21. Su mayor concentración se encuentra entre 6,60 y 11,20 m, y su mayor frecuencia es 16 individuos.

3.4.3.3.Histograma del área basal

Figura 28

Histograma del área basal de la especie Oreopanax ecuadorensis



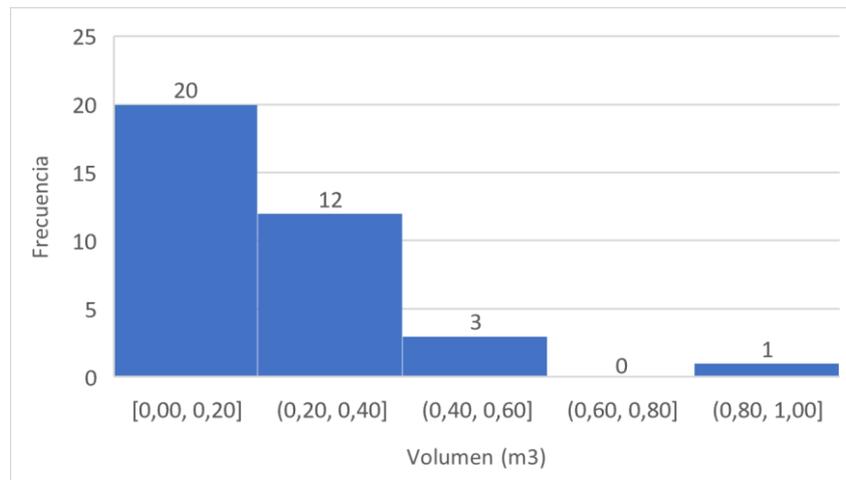
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del Área Basal, su promedio es 404,28 cm² con una desviación estándar de 288,63. Su mayor concentración se encuentra entre 66,92 y 686,92 cm², y su mayor frecuencia es 23 individuos.

3.4.3.4.Histograma del volumen

Figura 29

Histograma del volumen de la especie Oreopanax ecuadorensis



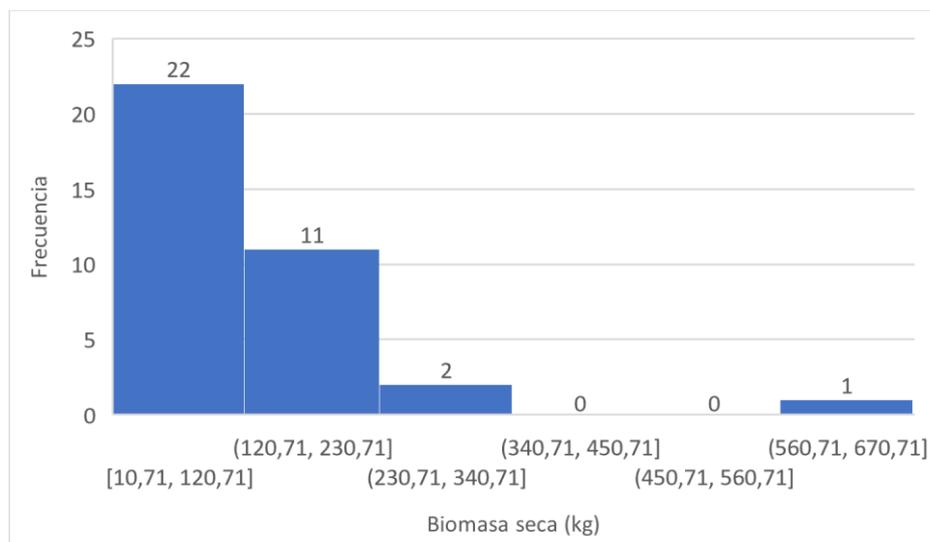
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del Volumen, su promedio es 0,21 m³ con una desviación estándar de 0,19. Su mayor concentración se encuentra entre 0,00 y 0,40 m³, y su mayor frecuencia es 20 individuos.

3.4.3.5. Histograma de la biomasa seca

Figura 30

Histograma de la biomasa seca de la especie Oreopanax ecuadorensis



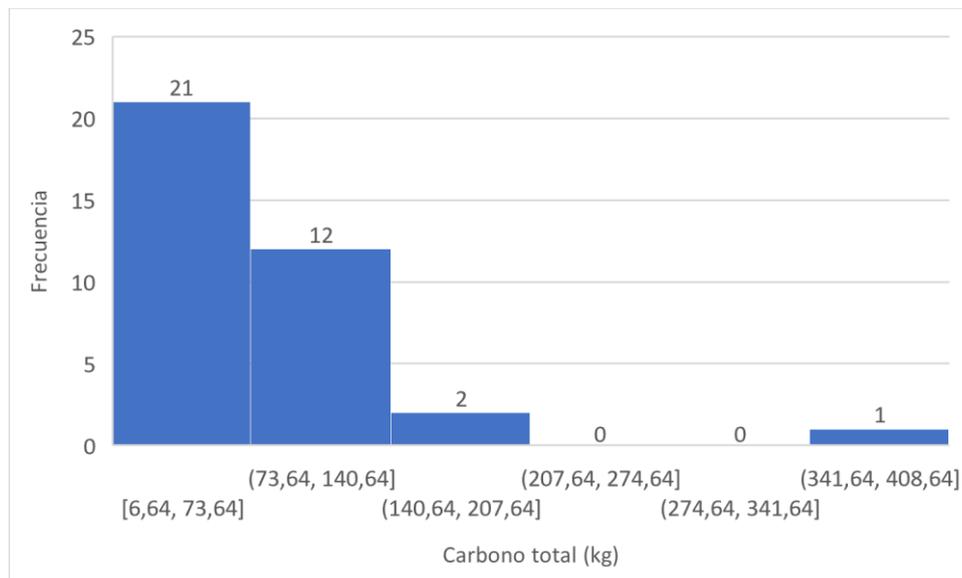
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico de la Biomasa seca, su promedio es 112,14 kg con una desviación estándar de 101,68. Su mayor concentración se encuentra entre 10,71 y 230,71 kg, y su mayor frecuencia es 22 individuos.

3.4.3.6. Histograma de la cantidad de carbono total almacenado

Figura 31

Histograma del carbono total almacenado de la especie Oreopanax ecuadorensis



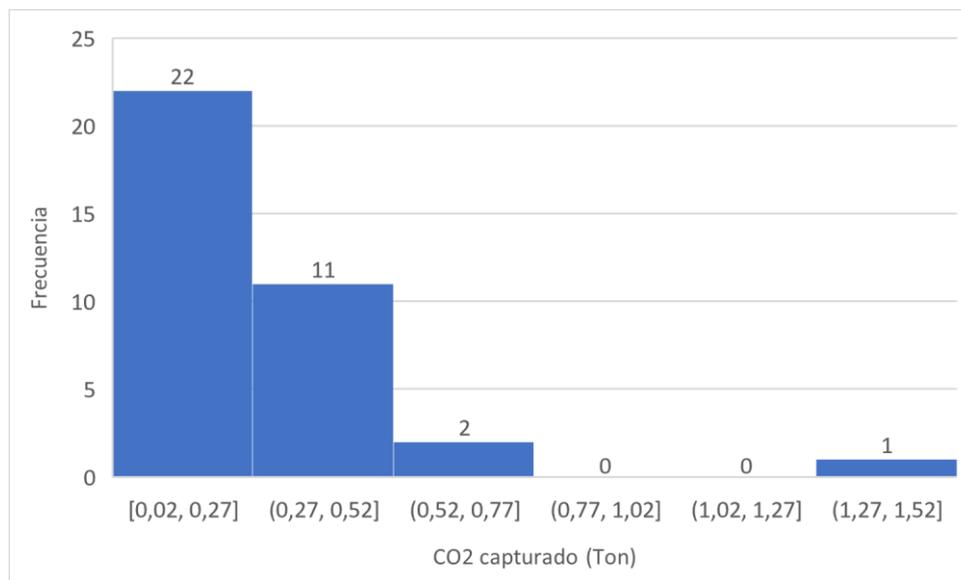
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del Carbono total almacenado, su promedio es 69,53 kg con una desviación estándar de 63,04. Su mayor concentración se encuentra entre 6,64 y 104,64 kg, y su mayor frecuencia es 21 individuos.

3.4.3.7. Histograma del CO₂ capturado

Figura 32

Histograma del CO2 capturado de la especie Oreopanax ecuadorensis



Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del CO2 capturado, su promedio es 0,25 toneladas con una desviación estándar de 0,23. Su mayor concentración se encuentra entre 0,02 y 0,52 toneladas, y su mayor frecuencia es 22 individuos.

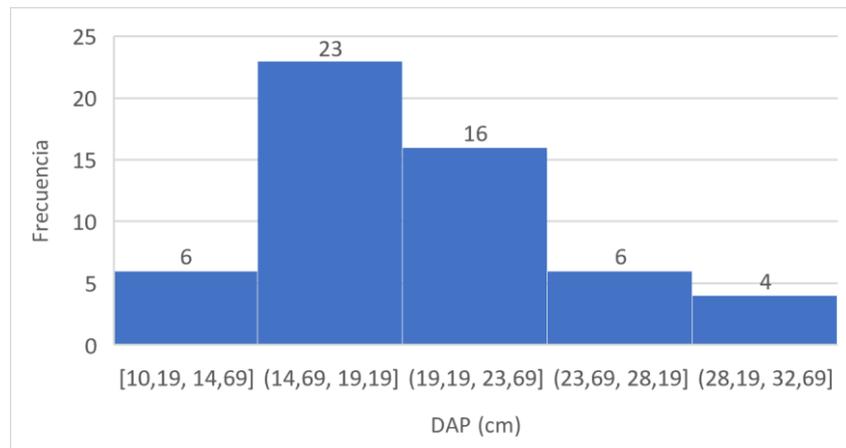
3.4.4. Histogramas de la especie *Oreocallis grandiflora*

Para la construcción de histogramas de la especie *Oreocallis grandiflora*, se utilizaron los datos obtenidos en 5 parcelas con un número de individuos de 55, debido a que en la parcela 1 no se encontraron ejemplares de esta especie.

3.4.4.1. Histograma del diámetro a la altura del pecho (DAP)

Figura 33

Histograma del DAP de la especie Oreocallis grandiflora



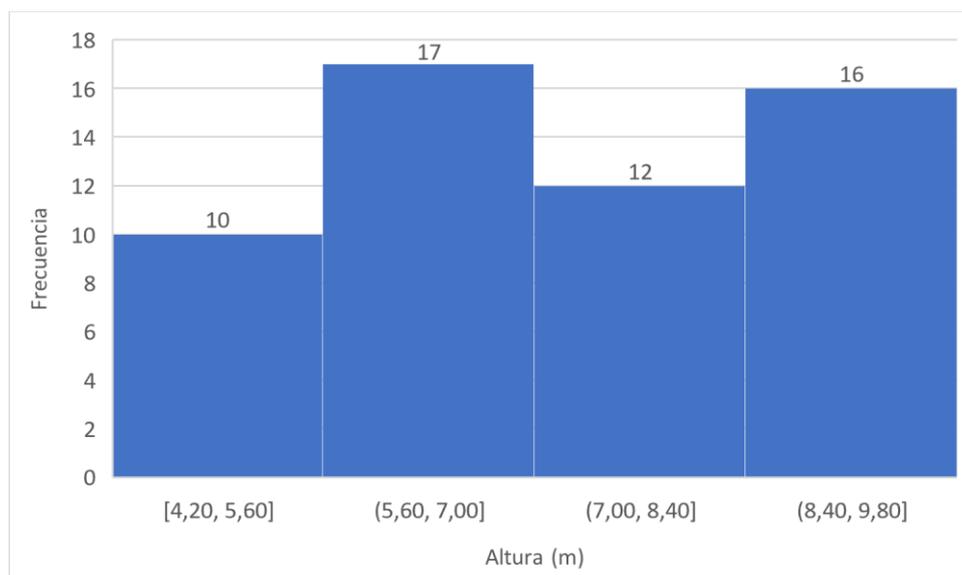
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del DAP, se tiene una media de 19,54 cm con una desviación estándar de 4,30. Donde su mayor frecuencia es de 23 individuos, y su mayor concentración se encuentra entre 14,69 y 23,69 cm.

3.4.4.2. Histograma de la altura total de los árboles

Figura 34

Histograma de la altura total de la especie Oreocallis grandiflora



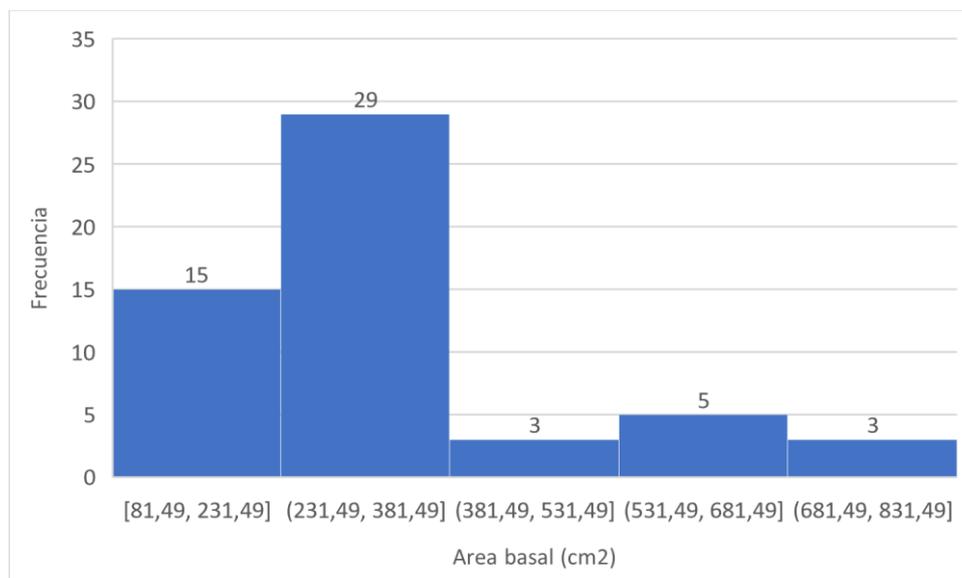
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico de la Altura total, se tiene una media de 7,25 m con una desviación estándar de 1,47. Donde su mayor frecuencia es de 17 individuos, y su mayor concentración se encuentra entre 4,20 y 9,80 m.

3.4.4.3. Histograma del área basal

Figura 35

Histograma del área basal de la especie Oreocallis grandiflora



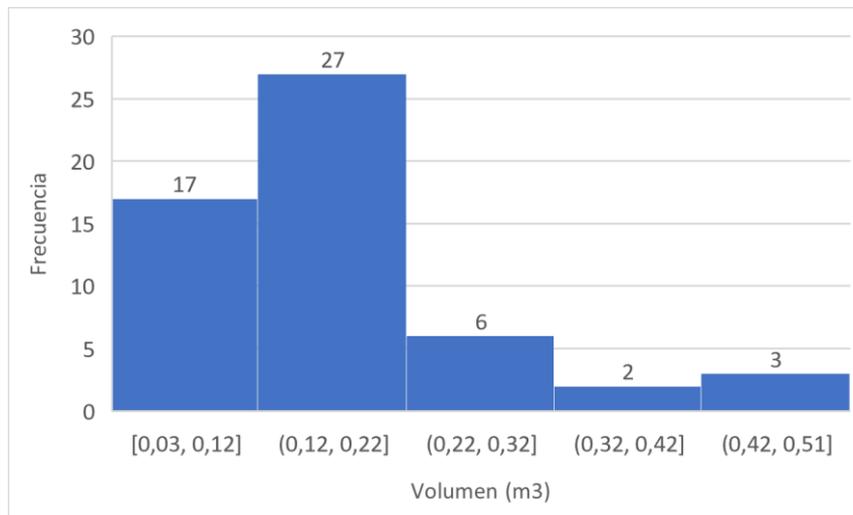
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del Área basal, se tiene una media de 318,52 cm² con una desviación estándar de 160,43. Donde su mayor frecuencia es de 29 individuos, y su mayor concentración se encuentra entre 81,49 y 381,49 cm².

3.4.4.4. Histograma del volumen

Figura 36

Histograma del volumen de la especie Oreocallis grandiflora



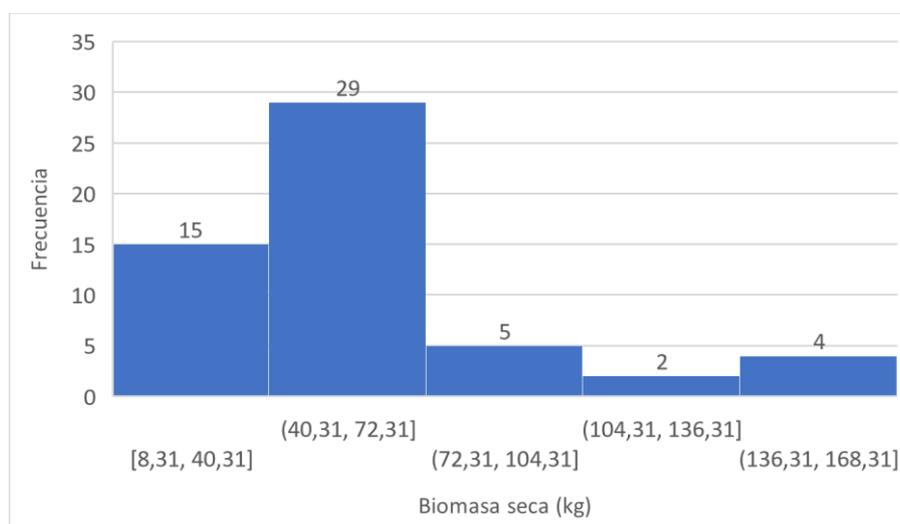
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del Volumen, se tiene una media de 0,18 m³ con una desviación estándar de 0,10. Donde su mayor frecuencia es de 27 individuos, y su mayor concentración se encuentra entre 0,03 y 0,22 m³.

3.4.4.5. Histograma de la biomasa seca

Figura 37

Histograma de la biomasa seca de la especie Oreocallis grandiflora



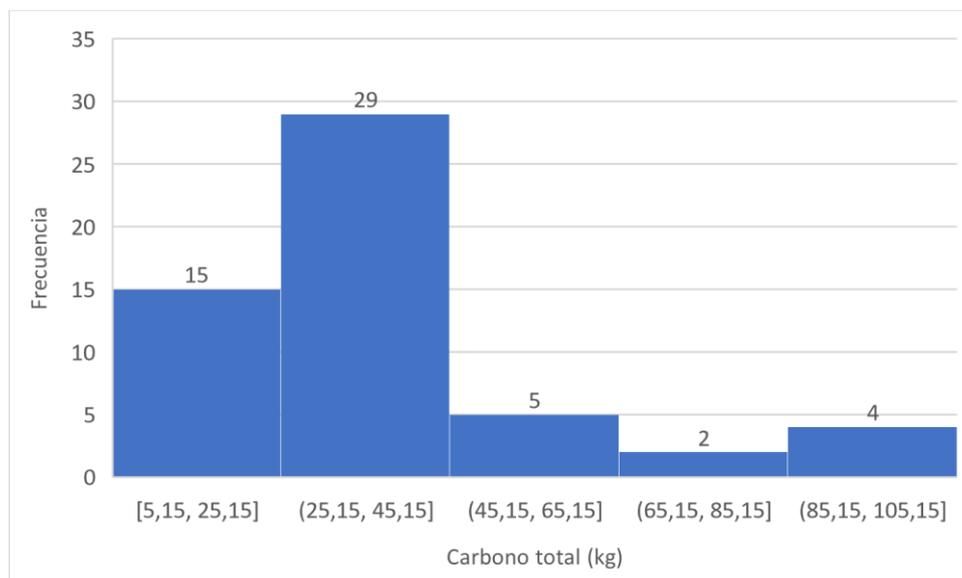
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico de la Biomasa seca, se tiene una media de 59,80 kg con una desviación estándar de 34,84. Donde su mayor frecuencia es de 29 individuos, y su mayor concentración se encuentra entre 8,31 y 72,31 kg.

3.4.4.6. Histograma de la cantidad de carbono total almacenado

Figura 38

Histograma del carbono total almacenado de la especie Oreocallis grandiflora



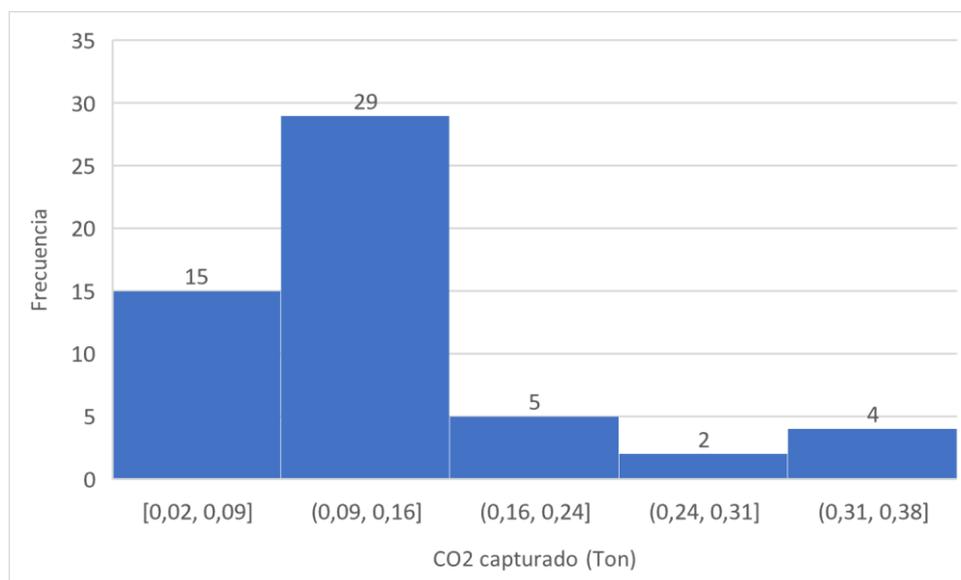
Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del Carbono total almacenado, se tiene una media de 37,07 cm con una desviación estándar de 21,60. Donde su mayor frecuencia es de 29 individuos, y su mayor concentración se encuentra entre 5,15 y 45,15 kg.

3.4.4.7. Histograma del CO2 capturado

Figura 39

Histograma del CO2 capturado de la especie Oreocallis grandiflora



Fuente: (Autores, 2023)

En el análisis estadístico del CO2 capturado, se tiene una media de 0,14 toneladas con una desviación estándar de 0,08. Donde su mayor frecuencia es de 29 individuos, y su mayor concentración se encuentra entre 0,02 y 0,16 toneladas.

3.5. Análisis descriptivo de la especie *Alnus glutinosa*

Tabla 54

Análisis descriptivo de la especie Alnus glutinosa

Variables	N°	Media	Desviación estándar	Error	Límites de confianza para el 95% del nivel de confianza		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
DAP (cm)	137	17,35	6,87	0,58722828	16,1480338	18,5500672	3,18	39,47
Altura total (m)	137	7,62	3,10	0,26495942	7,08225772	8,16606345	1,30	15,80
Area basal (cm2)	137	273,23	206,78	17,6662742	237,098532	309,361707	7,96	1223,58
Volumen (m3)	137	0,12	0,14	0,01170703	0,09422498	0,14211211	0,00	1,12

Biomasa seca (kg)	137	67,16	71,29	6,09113112	54,7031119	79,6186357	0,47	446,12
Carbono total (kg)	137	41,64	44,20	3,77650129	33,9159294	49,3635541	0,29	276,59
CO2 capturado (ton)	137	0,15	0,16	0,01384579	0,12434597	0,1809816	0,00	1,01

Fuente: (Autores, 2023)

En la Tabla 54, se muestra el análisis descriptivo de la especie *Alnus glutinosa* en cuando a su media, desviación estándar, error, los limites inferior y superior para el nivel de confianza de 95%, incluyendo también su valor máximo y mínimo

3.6. Análisis descriptivo de la especie *Podocarpus sprucei*

Tabla 55

Análisis descriptivo de la especie Podocarpus sprucei

Variables	N°	Media	Desviación estándar	Error	Límites de confianza para el 95% del nivel de confianza		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
DAP (cm)	46	23,35	5,69	0,84	21,64	25,07	8,28	37,24
Altura total (m)	46	6,13	2,06	0,30	5,51	6,75	2,90	9,60
Área basal (cm2)	46	453,25	203,99	30,08	391,73	514,76	53,79	1089,34
Volumen (m3)	46	0,17	0,18	0,03	0,12	0,23	0,00	0,76
Biomasa seca (kg)	46	63,12	49,41	7,28	48,22	78,01	6,47	229,96
Carbono total (kg)	46	39,13	30,63	4,52	29,89	48,37	4,01	142,57
CO2 capturado (ton)	46	0,14	0,11	0,02	0,11	0,18	0,01	0,52

Fuente: (Autores, 2023)

En la Tabla 55, se observa el análisis descriptivo de la especie *Podocarpus sprucei* en cuando a su media, desviación estándar, error, los limites inferior y superior para el nivel de confianza de 95%, incluyendo también su valor máximo y mínimo

3.7. Análisis descriptivo de la especie *Oreopanax ecuadorensis*

Tabla 56

Análisis descriptivo de la especie Oreopanax ecuadorensis

Variables	N°	Media	Desviación estándar	Error	Límites de confianza para el 95% del nivel de confianza		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
DAP (cm)	36	21,40	7,65	1,27	18,79	24,01	9,23	41,70
Altura total (m)	36	9,12	2,21	0,37	8,37	9,88	4,30	16,05
Area basal (cm2)	36	404,28	288,63	48,10	305,89	502,67	66,92	1365,63
Volumen (m3)	36	0,21	0,19	0,03	0,15	0,28	0,00	0,93
Biomasa seca (kg)	36	112,14	101,68	16,95	77,48	146,80	10,71	595,23
Carbono total (kg)	36	69,53	63,04	10,51	48,04	91,02	6,64	369,04
CO2 capturado (ton)	36	0,25	0,23	0,04	0,18	0,33	0,02	1,35

Fuente: (Autores, 2023)

En la Tabla 56, se observa el análisis descriptivo de la especie *Oreopanax ecuadorensis* en cuando a su media, desviación estándar, error, los limites inferior y superior para el nivel de confianza de 95%, incluyendo también su valor máximo y mínimo

3.8. Análisis descriptivo de la especie *Oreocallis grandiflora*

Tabla 57*Análisis descriptivo de la especie Oreocallis grandiflora*

Variables	N°	Media	Desviación estándar	error	Límites de confianza para el 95% del nivel de confianza		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
DAP (cm)	55	19,54	4,90	0,66	18,19	20,90	10,19	30,56
Altura total (m)	55	7,25	1,47	0,20	6,84	7,65	4,20	9,60
Área basal (cm²)	55	318,52	160,43	21,63	274,28	362,77	81,49	733,39
Volumen (m³)	55	0,18	0,10	0,01	0,15	0,21	0,03	0,51
Biomasa seca (kg)	55	59,80	34,84	4,70	50,19	69,41	8,31	166,85
Carbono total (kg)	55	37,07	21,60	2,91	31,12	43,03	5,15	103,45
CO₂ capturado (ton)	55	0,14	0,08	0,01	0,11	0,16	0,02	0,38

Fuente: (Autores, 2023)

En la **Tabla 57**, se muestra el análisis descriptivo de la especie *Oreocallis grandiflora* en cuando a su media, desviación estándar, error, los limites inferior y superior para el nivel de confianza de 95%, incluyendo también su valor máximo y mínimo

4. Plan de manejo ambiental para la Conservación de las especies *Alnus glutinosa*, *Podocarpus sprucei*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Oreocallis grandiflora* en el ACMUS San Bartolomé

4.1.Aspectos generales

4.1.1. Antecedentes

La hidrología de la parroquia San Bartolomé se distribuye en cuatro microcuencas: al extremo Este de la parroquia se ubica una pequeña parte de lo que constituye la microcuenca del río Santa Bárbara, en mayor proporción la parroquia es parte de la microcuenca del río Pamar, cuyo río perfila y divide el territorio con la parroquia Sígsig al Este, así mismo se distingue las microcuencas del río Gondeleg y Quingeo Alto que son parte de la subcuenca del río Jadán (SENAGUA, 2018).

El principal elemento hídrico de la parroquia es el río Bolo Pamar, sin embargo, este se encuentra en la zona baja de la parroquia, limitando sus servicios a las comunidades cercanas a las riberas de este.

Según la información establecida en el último inventario hídrico de la zona, la parroquia tiene un caudal de 180,92 l/s, repartidas en 201 concesiones distribuidas en todo el territorio, distribuidas de la siguiente manera: uso industrial 1, riego 65, abrevadero 39 y uso doméstico 93 (Coronel Ramírez et al., 2015).

En un porcentaje mayoritario los sistemas de agua para uso doméstico captan su agua de una o varias vertientes para alcanzar el caudal que requieren, estas vertientes se encuentran en terrenos privados en donde el uso de la tierra son pastizales combinados con muy poca vegetación nativa.

En el año 2017 se crea el Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable San Bartolomé mediante la “Ordenanza para la protección y restauración de fuentes de agua, ecosistemas frágiles, biodiversidad y servicios ambientales del cantón Sígsig a través de la creación y gestión de áreas de conservación municipal y uso sustentable”(GAD de Sígsig, 2017).

En el transcurso del 2018, la secretaria nacional del Agua SENAGUA, ejecutó proyectos para la protección y conservación de fuentes hídricas en la parroquia San Bartolomé que incluye protección física mediante cercas y reforestación en zonas de interés hídrico.

Así mismo, el día 12 de julio del 2018, en la ciudad de Cuenca se firma el Convenio de cooperación entre la Subsecretaría de la Demarcación Hidrográfica de Santiago Secretaria del agua – SENAGUA, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Sígsig y Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de San Bartolomé para la ejecución del subproyecto “Conservación y preservación del área de Conservación Municipal y uso sustentable San Bartolomé” con el objetivo de implementar acciones de conservación y protección de las fuentes hídricas, que abastecen de los servicios de agua potable y riego a los habitantes de las parroquias San Bartolomé y del cantón Sígsig, provincia del Azuay; por medio de la adquisición de ocho (3) predios para declarar áreas intangibles y ejecutar un plan de manejo en los predios adquiridos como resultado del convenio. El plan de manejo se realizará en los (3) predios adquiridos hasta la fecha.

Mediante Memorando Nro. SENAGUA-SDHS.21-2019-1954-M, de fecha 06 de noviembre del 2019, se recibe el Acta de Terminación y Liquidación del Convenio de Cooperación Interinstitucional suscrito entre la Secretaría del Agua, El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Sígsig y el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de San Bartolomé, donde establece que no se cumplió el objeto del convenio y con ello no se logró la protección de fuentes hídricas, por tal motivo la Comisión de Seguimiento del Convenio, sugiere la suscripción de un nuevo convenio (SENAGUA, 2018).

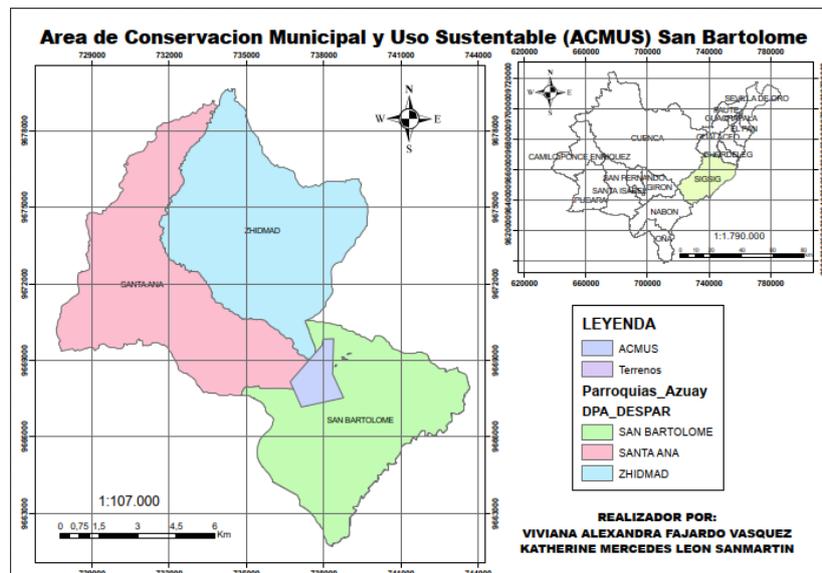
Como respuesta al proceso descrito, SENAGUA-DHS, el GAD Parroquial de San Bartolomé y el GAD Municipal de Sígsig, se ha resuelto realizar la declaratoria de utilidad pública de terrenos en el Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable San Bartolomé y en las zonas donde se encuentran las fuentes de agua que abastecen a las juntas comunitarias de agua de la parroquia San Bartolomé con una área total de 16,73 Ha, con la finalidad de priorizar sitios para conservación, preservación y recuperación para garantizar el agua para consumo humano y riego para la producción fortaleciendo la seguridad alimentaria y el buen vivir de la población de la parroquia de San Bartolomé.

4.1.2. Ubicación política y geográfica

El Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable (ACMUS) San Bartolomé, se encuentra ubicado en el cantón Sígsig, en la parroquia San Bartolomé.

Figura 40

Mapa de ubicación del ACMUS



Fuente: (Autores, 2023)

4.1.3. Descripción general del contexto a nivel cantonal, parroquial y local.

Sígsig es un cantón de la provincia de Azuay, ubicado al sureste de la provincia a unos 60 km de la ciudad de Cuenca, cuenta con una población de 26.910 habitantes, es parte del nudo vial Sígsig-Matanga, que comunica a Azuay con Gualaquiza, ciudad de la provincia de Morona Santiago. Sus actividades principales son la agricultura y la artesanía, y en su territorio se encuentra el complejo arqueológico Chobshi, que guarda testimonios prehistóricos y de la cultura cañari. Su división política está conformada por siete parroquias que son: Güel, Cutchil, San José de Raranga, San Miguel de Jima, San Bartolomé, Ludo y Sígsig (GAD de Sígsig, 2017).

San Bartolomé es una parroquia rural del cantón Sígsig ubicada en el Sur Oeste de la provincia del Azuay. Es de 2° 59' 22.8" de latitud Sur y 78° 51' 16.2" de longitud Oeste. San Bartolomé limita al norte con la Parroquia de San Juan, Pertenece al Cantón Sígsig, al sur con la Parroquia de San Miguel de Jima y Ludo; al este con la cabecera cantonal de Sígsig, al oeste con la Parroquia Santa Ana y Quingeo, perteneciente al Cantón Cuenca, a 30 kilómetros de distancia, por el anillo vial Valle, Santa Ana, Bella Unión, el cruce de Quingeo, así como también tenemos la vía Cuenca, Gualaceo, Chordeleg, la unión del Sígsig, San Bartolomé. Posee una extensión aproximada de 38 kilómetros cuadrados, aproximadamente su altitud está entre los 2.790 msnm, teniendo un clima que fluctúa entre los 17° y 20° C (GAD de Sígsig, 2017).

4.1.4. Extensión y límites

El área de conservación inicia en la coordenada X 738350 Y 9668467 ubicado en una zona boscosa, con dirección sur en línea recta se llega a la coordenada X 738768 Y 9667532 ubicada en el área de interés hídrico de las captaciones Churuguso 1 y 2. Se

continúa con dirección oeste en línea recta hasta la coordenada X 737133 Y 9667174 ubicada en una zona boscosa, con dirección noroeste en línea recta hasta la coordenada X 736885 Y 9667735, luego se sigue con dirección noroeste en línea recta hasta la coordenada X 736695 Y 9668165 ubicada en el límite con el Cantón Cuenca, se cambia de dirección hacia el noreste por el límite del Cantón Cuenca hasta el punto X 737929 Y 9669592 intersección cantonal de Sígsig, Cuenca, Gualaceo; con dirección noreste se sigue por el límite con el cantón Gualaceo hasta el punto X 737971 Y 9669839, con dirección este se sigue por el límite del cantón Gualaceo hasta el punto X 738384 Y 9669850 y finalmente luego dirección sur este para terminar en el punto X 738350 Y 9668467 (SENAGUA, 2018).

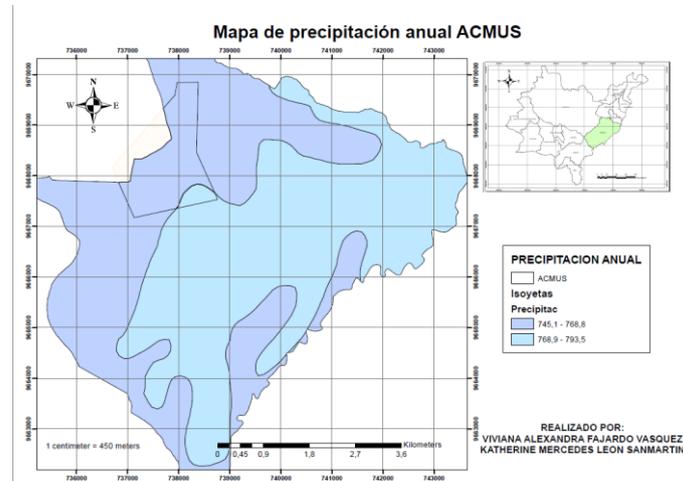
4.2.Diagnóstico ambiental

4.2.1. Medio físico

4.2.1.1.Clima

- **Precipitación**

La parroquia San Bartolomé presenta rangos de precipitación que fluctúan entre los 700 y los 800 mm anuales, la zona de mayores precipitaciones se ubica en la zona alta de la parroquia, zona donde se encuentra el área de conservación municipal y uso sustentable San Bartolomé, al noroccidente de la misma, en el límite con el cantón Cuenca, el mayor porcentaje de precipitaciones fluctúa en un rango de 700 y 800mm (Coronel Ramírez et al., 2015).

Figura 41*Mapa de precipitación del ACMUS*

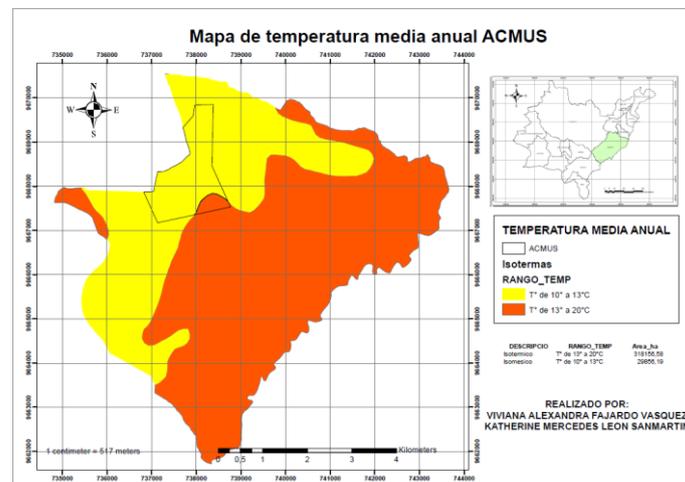
Fuente: (Autores, 2023)

- **Temperatura**

Las temperaturas de la parroquia San Bartolomé varían entre 10 y 20° C. La zona de mayor temperatura en la parroquia San Bartolomé, se ubica en las riberas del río Bolo Pamar, abarcando las comunidades de Pamar Zhuzho, Pamar Chacrín y La Unión, las temperaturas en estas zonas se encuentran entre los 13 – 20°C en promedios anuales, siendo la zona de mejor condición climáticas de la parroquia y el cantón. Las temperaturas que están entre 10 y 13 grados centígrados en promedios anuales se presentan en las zonas más altas de la parroquia en los límites con los vecinos cantones de Guacaleo y Cuenca, lugar en donde se encuentra el área de conservación municipal y uso sustentable San Bartolomé (Coronel Ramírez et al., 2015).

Figura 42

Mapa de temperatura media anual del ACMUS



Fuente: (Autores, 2023)

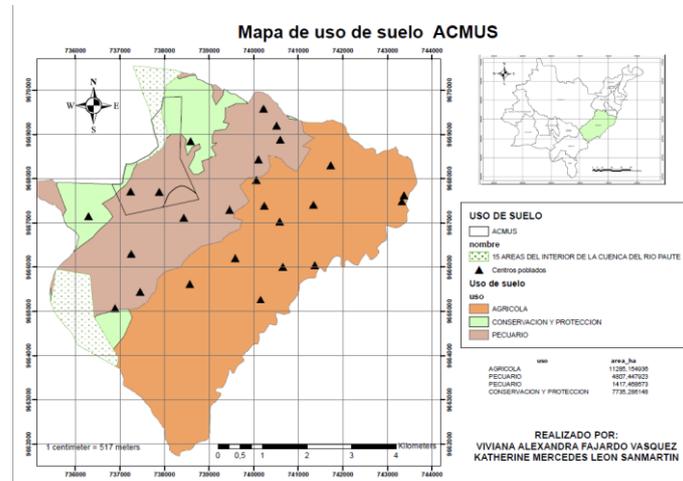
4.2.1.2.Suelo

- **Uso de suelo**

Para el análisis del uso actual del suelo de la parroquia San Bartolomé, centrando el estudio en el área de conservación municipal y uso sustentable, se ha tomado información cartográfica generada por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Sígsig. Las zonas más altas de la parroquia en los límites con los vecinos cantones de Guacaleo y Cuenca pertenecen a zonas de conservación y protección, mientras que la parte baja del mismo se encuentra influenciado por la actividad pecuaria por moradores de la parroquia. Para los terrenos que se encuentran en zona pecuaria se han llevado a cabo proyectos de reforestación de la especie *Alnus glutinosa*, de nombre común Aliso (Coronel Ramírez et al., 2015).

Figura 43

Mapa de uso del suelo del ACMUS



Fuente: (Autores, 2023)

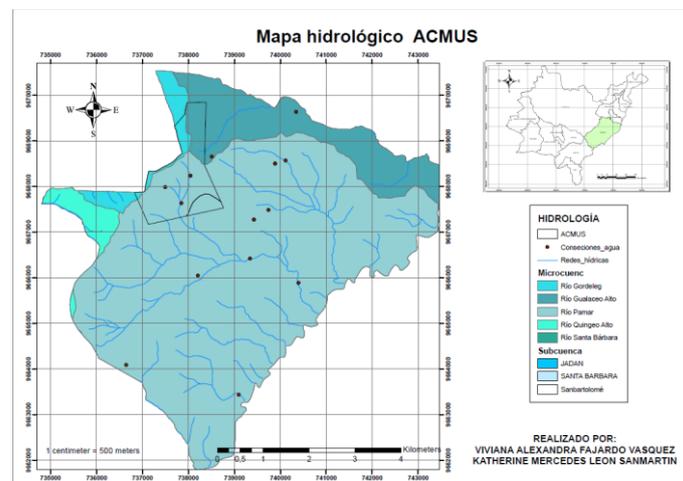
4.2.1.3.Hidrología

La parroquia San Bartolomé, se distribuye en cuatro microcuencas: de forma imperceptible al extremo Este de la parroquia (río Gualaceo) se ubica una pequeña parte de lo que constituye la microcuenca del río Santa Bárbara; luego está la distribución en tres áreas de lo que constituye la microcuenca del río Gualaceo Alto, la microcuenca del río Quingeo Alto y puede observarse que en mayor proporción la parroquia es parte de la microcuenca del río Pamar, cuyo río perfila y divide el territorio con la parroquia Sígsig al Este. Así mismo se distingue que las microcuencas del río Gordeleg y Quingeo Alto son parte de la subcuenca del río Jadán y que las microcuencas de los ríos Gualaceo, Santa Bárbara y Pamar, son parte de la subcuenca del río Santa Bárbara. El principal elemento hídrico de la parroquia es el río Bolo Pamar, sin embargo, este se encuentra en la zona baja de la parroquia, limitando sus servicios a las comunidades cercanas a las riberas del mismo. La quebrada Sorche es la de mayor intervención en la parroquia, ya que cubre 34,41% del territorio parroquial (Coronel Ramírez et al., 2015).

El área de conservación municipal y uso sustentable San Bartolomé se encuentra ubicada en la microcuenca del río Gualaceo Alto, río Pamar y río Gordeleg, que a la vez forman parte de la subcuenca del río Santa Bárbara, encontrando en la parte alta de los mismos la Quebrada Colicote.

Figura 44

Mapa hidrológico del ACMUS



Fuente: (Autores, 2023)

4.2.2. Medio biótico

4.2.2.1. Flora

Entre las especies arbóreas que se encuentran en la zona se tiene como principal y más abundante la especie *Oreocallis grandiflora* más conocido como Gañal, seguido por la especie *Vallea stipularis*, *Hesperomeles ferruginea*, *escallonia myrtilloides*, *Weinmannia fagaroides*, *lomatia hirsuta*, *Viburnum triphyllum*, *Myrica parvifolia*, *Alnus acuminata*, *bromeliaceae* de nombre común wikundo.

4.2.2.2. Fauna

Las especies de mamíferos existentes en el territorio cantonal se presentan en la siguiente figura.

Figura 45

Fauna del cantón Sígsig

ORDEN	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Perissodactyla	<i>Tapirus</i>	<i>pinchaque</i>	Danta
Marsupialia	<i>Didelphis</i>	<i>marsupialis</i>	Zorro
Marsupialia	<i>Didelphis</i>	<i>albiventris</i>	Zorro
Lagomorpha	<i>Sylvilagus</i>	<i>brasiliensis</i>	Conejo
Rodentia	<i>Sciurus</i>	<i>granatensis</i>	Ardilla
Rodentia	<i>Coendou</i>	<i>bicolor</i>	Guagur / Guagurro
Rodentia	<i>Cavia</i>	<i>aperea</i>	Cuy de monte
Carnívora	<i>Dusicyon</i>	<i>culpaeus</i>	Raposo / Lobo de páramo
Carnívora	<i>Canepatus</i>	<i>chinga</i>	Añas
Carnívora	<i>Puma</i>	<i>concolor</i>	Puma
Carnívora	<i>Oncifelis</i>	<i>colocolo</i>	Gato andino
Artiodactyla	<i>Odocoileus</i>	<i>virginianus</i>	Venado
Carnívora	<i>Tremarctos</i>	<i>ornatus</i>	Oso de Anteojos
Artiodactyla	<i>Mazama</i>	<i>rufina</i>	Yamala / Cervicabra

Fuente: (Autores, 2023)

4.2.3. Análisis medio social

El análisis de la estructura poblacional permite explorar la organización de la versatilidad al interior y entre poblaciones naturales, así como el examen de los procesos involucrados en su mantenimiento. El estudio de la estructura, evolución, organización y la dinámica de la localidad al interior del estudio de la distribución territorial, es clave en la ejecución de proyectos, programas, líneas estratégicas y acciones para la planificación del territorio, pues dicho examen pone énfasis a ciertas características: la heterogeneidad cultural, natural, étnica y social del grupo poblacional de la parroquia San Bartolomé. Según los datos del último Censo poblacional, efectuado en el año 2010, la población de la parroquia San Bartolomé fue de 4101 habitantes, de los cuales el 44,72% (1834 personas) son hombres y el 55,25% (2267 personas) son mujeres.

4.2.3.1. Socioeconómico

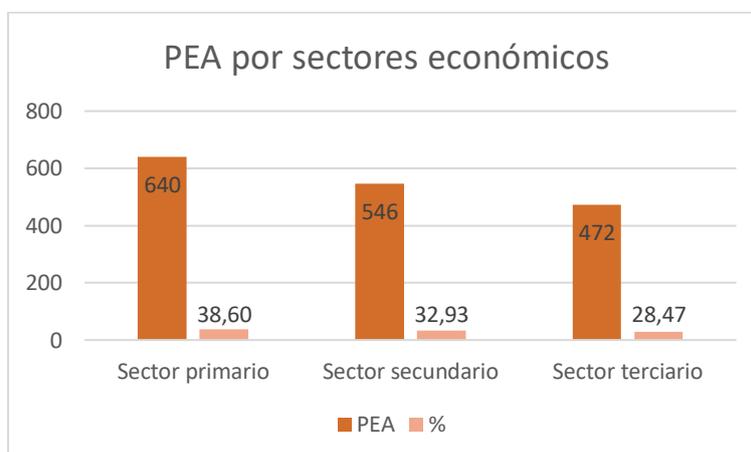
De acuerdo con la tabla 1, se observa que en la parroquia San Bartolomé el sector con más demanda es el sector Primario o de Extracción con un porcentaje de 38,60% de la población que se dedica a las actividades relacionadas a este sector. Le sigue

el sector secundario cuya PEA se ocupa en los subsectores de artesanías y construcción con un porcentaje de 32,93% de la población y como último se encuentra el sector Terciario o de servicios 28,47% de la población, completando así el total de la PEA de la parroquia.

SECTORES ECONÓMICOS		
Sector primario	640	38,60
Sector secundario	546	32,93
Sector terciario	472	28,47

Figura 46

Censo de población y vivienda 2010



Fuente: (INEC, 2010)

4.3.Propuesta ambiental

Se establece un Plan de manejo ambiental con la obligatoriedad y responsabilidad del GAD de Sígsig y las Juntas beneficiarias de agua potable de la Parroquia San Bartolomé, para dar cumplimiento de las medidas establecidas en el mismo.

El PMA que se presenta a continuación contiene 3 programas ambientales: Plan de Prevención, mitigación, remediación y compensación Ambiental, Programa de monitoreo, control y seguimiento y Programa de contingencias.

4.3.1. Plan de Prevención, mitigación, remediación y compensación Ambiental

Programa 001			Plan de Prevención, mitigación, remediación y compensación Ambiental			
Objetivo	Conservación de zonas protegidas					
Lugar de aplicación	Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable San Bartolomé					
Responsable	Gobierno Autónomo Descentralizado de Sígsig					
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Responsable	Indicador	Medio de verificación	Plazo
Calidad del suelo	Contaminación del suelo por presencia de agroquímicos y actividad ganadera.	Implementar de un plan de reforestación con plantas nativas de la zona. Cercar los predios adquiridos con la finalidad de frenar la expansión agrícola y ganadera.	Juntas beneficiarias de Agua Potable	Índices de calidad del suelo	Registro del análisis fisicoquímico de la calidad del suelo.	6 meses
Calidad del agua	Contaminación de los recursos hídricos por la actividad ganadera y agropecuaria.	Implementar de un plan de reforestación.	Juntas beneficiarias de Agua Potable	Índices de calidad del agua	Registro del análisis fisicoquímico de la calidad del agua.	6 meses
Flora	Perdida del paisaje por ausencia de vegetación.	Implementar un plan de reforestación. Cercar áreas forestadas con la finalidad de preservar diversidad de especies nativas.	Juntas beneficiarias de Agua Potable	Biodiversidad de especies forestales	Fotografías, registro de especies nativas.	6 meses
Medio humano	La frontera agrícola y ganadera está avanzando sobre los terrenos del ACMUS, afectando en gran medida la conservación de los mismos.	Brindar capacitación ambiental a la población favorecida del servicio de agua potable por parte de las juntas beneficiarias de agua potable.	Juntas beneficiarias de Agua Potable	N° de asistentes	Fotografías, registro de firmas y asistencia.	6 meses

4.3.2. Programa de monitoreo, control y seguimiento

Es preciso señalar que, durante la aplicación de este Plan, la prioridad la constituye la protección para la conservación de la vida humana, así como la población que se encuentra ubicada en las áreas de influencia.

Programa 002		Programa de monitoreo, control y seguimiento					
Objetivo	Evitar la degradación de los servicios ecosistémicos • Prevenir afectaciones generadas por el uso inadecuado del suelo						
Lugar de aplicación	Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable San Bartolomé						
Responsable	Gobierno Autónomo Descentralizado de Sígsig Gobierno Autónomo Descentralizado San Bartolomé						
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Responsables	Indicador	Medio de verificación	Plazo	Periodicidad
Calidad del suelo	Contaminación del suelo por presencia de agroquímicos y actividad ganadera.	Implementar un plan de reforestación con especies Nativas (<i>Oreocallis grandiflora</i> , <i>Podocarpus sprucei</i> , <i>Oreopanax ecuadorensis</i> y <i>Alnus Glutinosa</i>)	- Junta Administradora de Agua Potable de San Bartolomé	N° de plantas / Ha reforestadas.	Fotografías Registro de firmas	6 meses	Anual
Calidad del agua	Contaminación de los recursos hídricos por la actividad ganadera y agropecuaria.	Verificar el cumplimiento de la normativa vigente en cuanto a conservación de fuentes hídricas de la zona.	- Gobierno Autónomo Descentralizado de Sígsig - Gobierno Autónomo Descentralizado San Bartolomé	N° de reuniones realizadas por año.	Fotografías Registro de firmas.	6 meses	Anual
Flora	Perdida del paisaje por ausencia de vegetación.	Una vez propuesto el Plan de prevención, remediación y mitigación de impactos, se realizará inspecciones para registrar el cumplimiento de este.	- Gobierno Autónomo Descentralizado de Sígsig - Gobierno Autónomo Descentralizado San Bartolomé	N° de plantas / Ha reforestadas.	Fotografías Registro de firmas	6 meses	Anual
Medio humano	Población dedicada de manera directa en las actividades agropecuarias.	Proponer medidas de conservación mediante charlas de educación ambiental en un tiempo determinado.	- Gobierno Autónomo Descentralizado San Bartolomé	N° de asistentes	Fotografías, registro de firmas y asistencia	6 meses	Anual

4.3.3. Plan de contingencia

Durante la aplicación de este plan de Manejo Ambiental, la prioridad la constituye la protección para la conservación de los componentes bióticos y abióticos que se encuentra ubicados en las áreas de influencia

Programa 003		Programa de contingencias					
Objetivo	Establecer un sistema de respuesta efectiva para prevenir incidentes y/o accidentes que puedan ocurrir en el área de estudio y cuyas consecuencias pueden poner en riesgo los recursos abióticos, bióticos y socioeconómicos del medio ambiente y la infraestructura comunitaria del lugar.						
Lugar de aplicación	Área de Conservación Municipal y Uso Sustentable San Bartolomé						
Responsable	Gobierno Autónomo Descentralizado de Sígsig Gobierno Autónomo Descentralizado San Bartolomé						
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Responsable	Indicador	Medio de verificación	Plazo	Periodicidad
Calidad del suelo	Contaminación del suelo por presencia de agroquímicos y actividad ganadera.	Implementar una ordenanza municipal que prohíba el ingreso al ACMUS, en caso de que se pretenda el avance de la frontera agrícola por parte de los moradores.	<ul style="list-style-type: none"> - Gobierno Autónomo Descentralizado de Sígsig - Gobierno Autónomo Descentralizado San Bartolomé 	Hectáreas de terreno con prohibición de entrada.	Registro fotográfico Documentos	Acción Inmediata	Trimestral
Calidad del agua	Uso de agua potable para riego y ganadería.	Implementar una normativa legal por parte de la Junta administradora de agua potable para la prohibición de uso de agua potable para agricultura y ganadería, en donde se sancione a las personas involucradas	<ul style="list-style-type: none"> - Junta Administradora de Agua Potable de San Bartolomé 	N° de personas multadas	Registro de firmas Fotografías Multas documentadas	Acción Inmediata	Trimestral
Flora	Perdida del paisaje por ausencia de vegetación.	Implementar un plan de remediación ambiental en el caso del uso de maquinaria pesada para la preparación de tierras para uso agropecuario y ganadero.	<ul style="list-style-type: none"> - Gobierno Autónomo Descentralizado de Sígsig - Gobierno Autónomo Descentralizado San Bartolomé 	Biodiversidad de especies forestales	Fotografías, registro de especies reforestadas.	Acción Inmediata	Trimestral
Medio humano	Avance de la frontera agrícola y ganadera	En caso de que se produzca un incendio, las autoridades competentes harán uso del artículo 246 de COIP, que presenta acciones para esta actividad.	<ul style="list-style-type: none"> - Gobierno Autónomo Descentralizado de Sígsig - Gobierno Autónomo Descentralizado San Bartolomé 	N° de asistentes	Fotografías, registro de firmas y asistencia	Acción Inmediata	Trimestral

Capítulo V. Discusión

El objetivo del presente trabajo de investigación fue estimar valor económico de la captura de carbono en las especies nativas *Alnus glutinosa*, *Podocarpus sprucei*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Oreocallis grandiflora* en el ACMUS San Bartolomé, haciendo uso de metodologías planteadas como la de (Arévalo, 2015) y (Russo, 2009). Se realizó una comparación metodológica aplicable a estudios de captura de carbono en países latinoamericanos, en donde se comprobó que a pesar de que la metodología fue usada de diferentes maneras, se obtuvieron resultados similares.

Según el estudio realizado por (Gutiérrez Flores, 2016), de título “Evaluación del carbono en la biomasa de 3 especies forestales nativas (*Miconia Aspergillaris*, *Vallea Stipularis*, *Oreocallis grandiflora*) en el Bosque Aguarongo”, donde se realizó un muestreo aleatorio simple y para determinar la cantidad de carbono y CO₂ dentro de la investigación se trazaron 20 transectos, estos transectos fueron de 50m x 2m, en los que se realizó el inventario de las especies vegetales. La especie *Oreocallis grandiflora* capturó 0,19 (ton/individuo), mientras que en la presente investigación la especie *Oreocallis grandiflora* capturó 0,14 (ton/individuo); cabe recalcar, que el área de estudio fue reforestada en el año 2017 teniendo un bajo crecimiento de la planta, por lo que la captura de carbono es menor que en la del presente trabajo.

Según Sarcca, 2017 en la investigación titulada “Valoración económica del servicio ecosistémico de secuestro y almacenamiento de carbono en el bosque de *Polylepis* del Pichu Pichu, Arequipa”, utilizó el mercado de cumplimiento SENDECO₂ cuyo valor económico del servicio ecosistémico de secuestro y almacenamiento de carbono para el bosque de *Polylepis* ascendió a \$5.760.882,68 para 4007,91 ha, a sabiendas de que el estudio se realizó para todas las especies del bosque (Sarcca, 2017).

Mientras que, en la presente investigación se utilizó el valor económico de EU-ETS para 4 especies nativas en un área de 2,82 ha, donde se obtuvo un total de \$10.729,94, por lo que cabe recalcar que ambos mercados de cumplimiento son usados en Europa, y hay que tomar en cuenta que la extensión es más pequeña en comparación con el estudio de Sarcca.

En el estudio de (Morales & Vásquez, 2019), titulado “Valoración económica de la captura de carbono en las especies *Podocarpus sprucei* y *Oreocallis grandiflora* en el Bosque Protector Aguarongo”, utilizó de igual manera el método Indirecto para la estimación de carbono, como también el mismo mercado de carbono voluntario Carbonfun, donde se obtiene que el valor de captura de carbono de la especie *Podocarpus sprucei* es de 1,95 toneladas y de la especie *Oreocallis grandiflora* es de 22,42 toneladas, mientras que en la presente investigación se obtuvo que la especie *Podocarpus sprucei* es de 9,18 toneladas y de la especie *Oreocallis grandiflora* es de 7,48 toneladas. Así mismo, la valoración económica en el mercado voluntario da un total de \$256.825,38 para la proyección en todo el Bosque Protector Aguarongo de Morales y Vásquez, en tanto que la valoración económica del estudio es de \$-972,07, en donde se pudo observar un contraste muy alto ya que no es un proyecto viable, dado que tiene una TIR menor a la tasa de descuento, llegando a no generar ingresos.

Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La captura del dióxido de carbono CO₂ en el ACMUS San Bartolomé por las diferentes especies en estudio, indica que la especie *Oreopanax ecuadorensis* tiene una mayor capacidad de captura de carbono en relación con las otras especies *Alnus glutinosa*, *Podocarpus sprucei* y *Oreocallis grandiflora*, debido a que según el análisis descriptivo se obtuvo que la especie *Oreopanax*

ecuadorensis en promedio captura 0,25 (ton/individuo), la especie *Alnus glutinosa* captura 0,15 (ton/individuo), la especie *Podocarpus sprucei* captura 0,14 (ton/individuo) y la especie *Oreocallis grandiflora* captura 0,14 (ton/individuo). Pero, de acuerdo con el índice de valor de importancia, la especie *Alnus glutinosa* tiene mayor significancia ecológicamente en el ACMUS, debido a que en las 6 parcelas de muestreo existe mayor cantidad de individuos de esta especie.

- Actualmente, la captura de CO₂ es de vital importancia para lograr la mitigación del cambio climático, por lo que al realizar el análisis de captura de CO₂ se obtuvo que *Alnus glutinosa*, *Podocarpus sprucei*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Oreocallis grandiflora* capturan 44,17 toneladas de dióxido de carbono, en un área de muestreo de 2,82 ha. Lo que significa que estas especies contribuyen significativamente en la captura de carbono, ofreciendo contribución económica por servicio ambiental.
- En cuanto a la valoración económica, con una tasa de descuento del 12%, se demuestra que en el escenario 1 Mercado Voluntario, la entidad Carbonfund no cumple con las perspectivas de viabilidad, ya que se obtuvieron los siguientes valores: el VAN de \$ -972.07 y una tasa interna de retorno de 10%, donde la implementación del proyecto sería una pérdida de tiempo, que genera ingresos, pero no suficientes para cubrir los egresos, por lo que fue rechazado. Mientras que, en el escenario 2 Mercado de cumplimiento, la entidad European Union Emissions Trading System (EU-ETS), cumple con las perspectivas de viabilidad, con un VAN de \$10.725,94 y una tasa interna de retorno de 42%, que indica que el proyecto sería rentable y aplicable.

- Con una tasa de descuento del 8%, la valoración económica entorno al escenario 1 Mercado Voluntario con la entidad Carbonfund, no cumple con las perspectivas de viabilidad, debido a que se tiene como resultado los siguientes valores: el VAN de \$1.269,34, una tasa interna de retorno de 10% y un costo - beneficio de 0,79, siendo el proyecto no viable ni rentable al igual que con la tasa de descuento del 12%. Mientras tanto, en el escenario 2 Mercado de cumplimiento, la entidad European Union Emissions Trading System (EU-ETS), sigue cumpliendo las perspectivas de viabilidad, con un VAN de \$14.704,74 y una tasa interna de retorno de 42% que indica que el proyecto es factible.
- En el análisis costo beneficio proyectado para un periodo de 10 años, donde se obtuvo que para el Mercado Voluntario con la entidad Carbonfund tiene una relación de 1,33, indicando que el proyecto sería rentable pero no viable. Por otro lado, para el Mercado de cumplimiento con la entidad European Union Emissions Trading System (EU-ETS), su relación costo beneficio es de 9,37, donde nos indica que el proyecto es rentable, lo que significa que los ingresos son mayores que los egresos.
- Esta investigación genera un plan de manejo ambiental para la conservación y protección de especies nativas de la zona como *Alnus glutinosa*, *Podocarpus sprucei*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Oreocallis grandiflora* centrándose en tres programas: programa de prevención y mitigación de impactos, programa de monitoreo y seguimiento, y plan de contingencia, que se encuentran descritos en el capítulo IV.

Recomendaciones

- Dada la necesidad de crear mecanismos de compensación por el aumento de gases de efecto invernadero en la atmosfera, se recomienda realizar estudios posteriores sobre la captura de carbono en la vegetación nativa faltante en el ACMUS San Bartolomé, y potencializar su valoración económica para lograr más ingresos.
- Por la falta de información en la zona de estudio, se recomienda que el presente estudio sea tomado como una línea base para la captura de carbono en bosques nativos, y fomentar su importancia en investigaciones posteriores.
- Se recomienda que el GAD Parroquial “San Bartolomé”, tome en cuenta la propuesta de plan ambiental para la conservación y protección de las especies nativas *Alnus glutinosa*, *Podocarpus sprucei*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Oreocallis grandiflora*, para que en un futuro sean aprovechados económicamente, introduciéndose a los mercados de carbono.
- Se recomienda realizar estudios posteriores en zonas con una vegetación nativa no reforestada, para que los datos sean más cualificables y la cantidad de CO₂ capturado sea más alto.
- Se recomienda que por parte del GAD Parroquial San Bartolomé se de acceso a estudiantes y profesionales para la ejecución de proyectos ambientalmente viables, que tenga como objetivo la preservación y protección de áreas de conservación.

- Realizar futuras valorizaciones económicas de captura de carbono incluyendo varias tasas de descuento, para obtener datos comparativos en cuanto al VAN, TIR y análisis costo – beneficio, así poder determinar su viabilidad a futuro.

Capítulo VII. Bibliografía

- AGCID. (2017). Informe 3: Propuestas de medidas complementarias para un sistema mas integral de precios de carbono. *AGCID*, 46, 0–129.
- Aguirre Mendoza, Z., Betancourt Figueras, Y., Geada López, G., & Jasen González, H. (2013). Composición florística, estructura de los bosques secos y su gestión para el desarrollo de la provincia de Loja, Ecuador. *DIALNET*, 15(2).
- Andrade, J. C. R., Cruz-Cárdenas, J., & Oleas, N. H. (2021). Uso de especies nativas como plantas ornamentales en el Distrito Metropolitano de Quito. *CienciAmérica*, 10(2), 99–122. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i2.378>
- Aponte, J. L. G., & Luis Alberto Sanchez Angulo. (2009). *Impacto Ambiental*. 02, 1–12.
- Arévalo, C. (2015). *Medición de Carbono del Estrato Arbóreo en en área del Bosque Natural Tinajillas-Limón Indanza*. 140.
- Arteaga, P. (2009). *Análisis de gráficos estadísticos elaborados en un proyecto de análisis de datos*.
<https://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/trabajomasterPedro.pdf>
- Ávila, G., Jiménez, F., Beer, J., Gómez, M., & Ibrahim, M. (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería En Las Américas*, 8(30), 4.
<ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/lead/x6349s/x6349s00.pdf>

- Ávila Pozo, L. A. (2017). Implementación de un sistema de inventario forestal de parques urbanos en la ciudad de Cuenca. *Universidad-Verdad*, 73, 79–89.
<https://doi.org/10.33324/uv.v1i73.39>
- Baca-Urbina, G. (2010). Estudio económico. *Evaluación de Proyectos*, 137–177.
- Bacchini, R. D., Vázquez, L. V., & García Fronti, J. I. (2018). Introducción a la probabilidad y estadística. In *Cengage Learning*.
- Balslev, H., Navarrete, H., De la Torre, L., & Macía, M. J. (2008). Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. In *Enciclopedia de la plantas útiles del Ecuador*.
- Barbier, E. B., Acreman, M., & Knowler, D. (2020). Valoración económica de humedales. In *Valoración económica de humedales*.
<https://doi.org/10.2307/j.ctv14rmp61>
- Barrionuevo, S. (2007). *Los Bosques como sumideros de carbono Alternativas para mitigar el Efecto Invernadero*. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-16-Bosques-sumidero-carbono-BARRIONUEVO.pdf>
- Barros, S., & Ipinza, R. (2011). El Mercado Del Carbono. *El Cambio Climático, Los Bosques y La Silvicultura, June 2014*, 39–60.
- Barros, V., Melo, A., Santos, M., Nogueira, L., Frosi, G., & Santos, M. G. (2020). Different resource-use strategies of invasive and native woody species from a seasonally dry tropical forest under drought stress and recovery. *Plant Physiology and Biochemistry*, 147, 181–190.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.12.018>
- Benavides, H., & Leon, G. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático. *Ideam*, 1–102. <https://doi.org/IDEAM->

METEO/008-2007

Bravo, M. (2011). *La Economía Del Cambio Climático E Impactos Sociales : Métodos Y Técnicas De Análisis*.

Brown, S. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. *FAO Forestry Paper 134, January 1997*, 1–4.

Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. The soil organic carbon and its role on climate change. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 82–96.

Burbano, J. (2005). *PRESUPUESTOS ENFOQUE DE GESTIÓN, PLANEACIÓN Y CONTROL DE RECURSOS*. 374.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58641914/Enfoque_de_gestion__planeacion_y_control_de_recursos.pdf?1552856942=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPRESUPUESTOS_Enfoque_de_gestion_planeaci.pdf&Expires=1596071030&Signature=Iplvs-KciBBwSJs

Busso, C. A. (2017). El cambio climático global y la producción de alimentos. *Phyton*, 86, 1–2.

Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital Universitaria*, 8(10), 3–11.

<http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>

Camacho, M. (2000). *Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: guía para el establecimiento y medición* (p. 52).

Campo, A. M., & Duval, V. S. (2014). Diversidad y valor de importancia para la

conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina).

Anales de Geografía de La Universidad Complutense, 34(2), 25–42.

https://doi.org/10.5209/rev_AGUC.2014.v34.n2.47071

Campos, J., & Serebrisky, T. (2016). Social discount rate and project evaluation Some practical reflections for Latin America and the Caribbean. *Banco Interamericano de Desarrollo*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Tasa-de-descuento-social-y-evaluación-de-proyectos-algunas-reflexiones-prácticas-para-América-Latina-y-el-Caribe.pdf>

Camps Arbostain, M., & Pinto, M. (2004). LOS SUMIDEROS DE CARBONO EN EL MARCO DEL PROTOCOLO DE KIOTO. *EDAFOLOGIA*, 11(1), 27–36.

Canviclimatic. (2009). *Mecanismos del Protocolo. Cambio climático*.

https://canviclimatic.gencat.cat/es/oficina/actuacio_internacional/protocol_kioto/mecanismos_del_protocol/

Carbonfund. (2022). *About Us - Move Toward a Zero Carbon World - Carbonfund*.

<https://carbonfund.org/about/>

Cargua, S. (2017). *Costo de oportunidad de la conservación del bosque en la Hacienda el Prado*.

Carollo, M. C. (2012). Regresión lineal simple. *Estadística FBA I*, 1, 1–31.

http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_50140116_Regr_simple_2011_12.pdf

Castañeda, M. B., Cabrera, A. F., Navarro, Y., & Vries, W. (2010). *Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS* (Issue April 2014).

<http://www.pucrs.br/edipucrs/spss.pdf>

- Castiblanco, C. (2017). La valoración económica ambiental. *Curso Instrumentos Económicos y Pago Por Servicios Ambientales*, 48. <http://elti.fesprojects.net/2013/Cali/c.castiblanco.valoracion.pdf>
- Castillo, J., & Zhangallimbay, D. (2021). La tasa social de descuento en la evaluación de proyectos de inversión: Una aplicación para el Ecuador. *Cepal Review*, 134, 77–98. <https://doi.org/10.18356/16820908-2021-134-4>
- Castillo, R. (2016). *Estimación del contenido de carbono en especies arbóreas en el predio el prado del sitio remolino para la conservación de bosques del cantón Santa Rosa*. 99. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11981>
- CEPAL. (2016). *Acerca de Cambio climático*. Comisión Económica Para América Latina y El Caribe. <https://www.cepal.org/es/temas/cambio-climatico/acerca-cambio-climatico>
- CEPSA. (2015). El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Cepsa. *Cepsa*, 14. https://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Coorp_Comp/Medio Ambiente_Seguridad_Calidad/Articulos/Dossier-Cambio-Climatico-y-GEI.pdf
- Cerda, A. (2013). *Análisis costo/beneficio, costo-efectividad y su de los recursos ambientales y naturales*.
- Chang, M. Y. (2012). *La economía ambiental*. 175–188.
- CONAF. (2019). Los Bosques, Clave en la Captura de Carbono. *Chile Forestal*, 390, 1–62.
- Connolly, R., & Corea, C. (2007). *Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua*.

- Córdova Alvarez, M. C., & Fajardo Alvarado, P. C. (2018). *Efectos de la disponibilidad de Oreocallis grandiflora (Lam.) R. Br. (Proteaceae) en las redes de interacción de polinización de colibríes en matorrales montano andinos al sur del Ecuador*. 53. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8089>
- Coronel Ramírez, Á., Vázquez Moreno, G., & Saquisili Ramírez, N. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Año 2015 Ordenamiento Territorial Diagnóstico Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Bartolomé*.
- Correa Bravo, J. (2016). *Emisiones de GEI en el humedal natural El Madrigal*.
- Cristeche, E., & Penna, J. A. (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. *Estudios Socioeconómicos de La Sustentabilidad de Los Sistemas de Producción y Recursos Naturales*, 3, 58.
- Díaz S, P., & Fernández S, P. (2001). *Representación gráfica en el Análisis de Datos*. 1–11.
- Eguren C, L. (2004). *El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas*.
- Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información Tecnológica*, 23(1), 163–176. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>
- Fabiana Meijon Fadul. (2019). *ESTIMACIÓN DE LA FIJACIÓN DE CARBONO EN UN BOSQUE DE TRANSICIÓN EN LA MICROCUENCA ARROYOHONDO*.
- Fernández, M. (2017). Revisión de métodos para la estimación de captura de carbono almacenadas en bosques naturales. *Universidad Militar Nueva Granada*, 1, 16. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16394?mode=full>

Ferruzola Sanchez, L. K. (2021). *DETERMINACIÓN DE SECUESTRO DE CARBONO POR LA PALMA IMPERIAL (Roystonea oleracea) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ECUACIONES ALOMÉTRICAS EN ISLA SANTAY*. 1–63.

<http://www.uagraria.edu.ec/organigrama.html>

Flores, G. F. (2016). *Valoración económica de la quebrada de Humayacu: aplicación para la actividad recreacional*. 86.

http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12600/TESIS_GABRIELA_FLOR_PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fonseca G, W., Alice G, F., & Rey B, J. M. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque*, 30(1), 36–47. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002009000100006>

Fonseca, J. A., Páez, E. M., & Corredor, E. S. (2019). Capítulo 2: Huella de Carbono. *Libros Universidad Nacional Abierta y a Distancia*, 48–92.

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/book/article/view/3106>

FORAGUA. (2020). *551.000 HECTÁREAS POTENCIALES PARA CONSERVACIÓN MUNICIPAL*. <http://www.foragua.org/?p=1412>

GAD de Sígsig. (2017). Ordenanza Acmus. *Ordenanza*, 4(1), 88–100.

GAD Municipal de Sigsig. (2018). *CEDULA PRESUPUESTARIA DE GASTOS*.

GAD Municipal de Sigsig. (2019). *Cedula presupuestaria de gastos*. 1–2.

GAD Municipal de Sigsig. (2020). *Cedula presupuestaria de gastos*. 1–2.

Gallegos Garzón, M. (2012). Análisis del mercado de carbono en Ecuador. *Observatorio de Economía Ecuatoriana*, 1(70), 50.

<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2012/magg.html>

- Gallegos, M. (2012). *El mercado de carbono: Beneficios económicos para el Ecuador*.
[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/4612/2012%2C Miguel Alejandro Gallegos Garzón.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/4612/2012%2C%20Miguel%20Alejandro%20Gallegos%20Garz%C3%B3n.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Gil, C. (2018). Regresión Lineal Simple. *Estadística Inferencial Aplicada*, 224–250.
<https://doi.org/10.2307/j.ctvswx88n.8>
- Goffard, N. (2020). Manual de instrucciones. *Intramuros*, 11–15.
<https://doi.org/10.2307/j.ctvvh869w.3>
- Gómez, T., & Vergara, M. (2004). *Elo-383 Seminario De Electrónica Industrial 2*. 1–4.
- Gonzales, P. (2013). “VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SECUESTRO DE CO₂ EN PLANTACIONES DE *Vochysia lomatophylla* (Standl) ‘quillosa’ DE DIFERENTES EDADES EN EL CIEFOR PUERTO ALMENDRA, IQUITOS - PERÚ.” *UNAP*.
- Graziano da Silva, J. (2017). La estrategia de la FAO sobre el Cambio Climático. *Fao*, 52.
- Guerra, N. (2013). *Valoración económica del secuestro de CO₂ y stock de carbono en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” en cinco edades diferentes en el Ciefor-Puerto Almendra, Iquitos-Perú*. 64.
- Guerrero, T. (2014). Análisis Coste-Beneficio del Corredor del Mediterráneo. *Universidad de Sevilla*, 1–79. <https://zaguan.unizar.es/record/112622/files/TAZ-TFG-2022-641.pdf>
- Guevara, A., Bravo, F., Molina, R., & Cadilhac, L. (2016). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador. *Serie Temporal 1994-2012*, 28.
<https://bit.ly/2ExOuu0>

- Gutiérrez Álvarez, Á. M., Babativa, Y. L., & Lozano, I. (2004). Presentación de datos. *Ciencias de La Salud*, 2, 1–10. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56220111>
- Gutiérrez, E., Moreno, R., & Villota, N. (2013). Guía de cubicación de la madera. In *Corporación Autónoma Regional del Risaralda–CARDER, Unión Europea, Gráfica Budas SAS Pereira, Colombia*.
- Gutiérrez Flores, M. E. (2016). *Evaluación del carbono en la biomasa de 3 especies forestales nativas (Miconia Aspergillaris, Vallea Stipularis, Oreocallis Grandiflora) en el bosque Aguarongo*. 2–73.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/11653>
- Hernández Ramos, J., Magaña, J. J. G., Flores, H. J. M., GarcíaCuevas, X., Reyes, T. S., López, C. F., & Ramos, A. H. (2013). Guía de densidad para manejo de bosques. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(19), 61–77.
- Hurlbert, S. H. (1984). Pseudoreplication and the Design of Ecological Field Experiments. *Ecological Monographs*, 54(2), 187–211.
<https://doi.org/10.2307/1942661>
- ICAP. (2022). *ICAP Allowance Price Explorer*. ICAP. <https://icapcarbonaction.com/en>
- IDEAM - UNAL. (2018). Variabilidad Climática y el cambio climático en Colombia. *Bogota, D.C.*, 53.
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023778/variabilidad.pdf>
- IPCC. (2021). Comunicado de prensa del IPCC. *Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre El Cambio Climático (IPCC)*, 1–5.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf

- Labandeira, X., León, C. J., & Vazquez, M. (2007). *Economía ambiental* (Issue January).
- Landázuri, J. (2013). *El mercado de carbono en el Ecuador*. 125.
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/5706/T-PUCE-5861.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Loewe, V., Herrera, D., Pineda, G., & Gonzalez, M. (1998). *Aliso Comun*.
- López Piñeros, M. (2013). *Análisis de la estructura y ventajas financieras de proyectos caracterizados como mecanismos de desarrollo*.
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/8050/CB-0492676.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lucatello, S. (2012). Los mercados voluntarios de carbono en Norteamérica y su gobernanza: ¿qué reglas aplican para el comercio internacional de emisiones en la región? *Norteamérica*, 7(spe), 107–128.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/namerica/v7nspe/v7nspea4.pdf>
- Madrigal, R. (2011). Técnicas de evaluación de flujos de inversión: mitos y realidades. *Revista de Ciencias Economicas*, 29(1), 423–441.
- MAE. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025*.
www.ambiente.gob.ec
- Mangalassery, S., Dayal, D., Meena, S. L., & Ram, B. (2014). Carbon sequestration in agroforestry and pasture systems in arid northwestern India. *Current Science*, 107(8), 1290–1293.
- Marcillo, F. (2002). *Manejo De Costos Y Administracion Financiera De Empresas Acuicolas*. 19–31.

- Masson, V., Panmao, Z., Pörtner, H., Roberts, D., & Skea, J. (2018). Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C. In *Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Mcroberts, R. E., Tomppo, E. O., & Czaplewski, R. I. (1992). Diseños de muestreo de las Evaluaciones Forestales Nacionales. *Antología de Conocimiento Para La Evaluación de Los Recursos Forestales Nacionales*, 1–21.
- Medina, C. E., Medina, Y. K., & Bocardo, E. F. (2020). Economic valuation of carbon capture and storage in the puna dry of southwestern peru. *Bosque*, 41(2), 165–172. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002020000200165>
- Méndez Sayago, J. A., & Perugache Rodriguez, C. A. (2012). Causalidad y sensibilidad entre precios de los derechos de emisión europeos y los certificados de reducción de emisiones de mecanismos de desarrollo limpio en el mercado europeo de transacción de emisiones. *Estudios Gerenciales*, 28(124), 141–167. [https://doi.org/10.1016/s0123-5923\(12\)70220-6](https://doi.org/10.1016/s0123-5923(12)70220-6)
- Mendoza, C., & Jiménez, G. (2017). Relación entre el efecto invernadero y el cambio climático desde la perspectiva del sector agrario. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 58(1), 2685–2695. <https://doi.org/10.15446/rfnam>
- Mete, M. (2014). Valor actual neto y Tasa de retorno: su utilidad como herramienta para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Instituto de Investigacion En Ciencias Económicas y Financieras Universidad La Salle - Bolivia*, 7, 67–85. [file:///C:/Users/De%7B%7B/Downloads/todo sobre el tir.pdf](file:///C:/Users/De%7B%7B/Downloads/todo%20sobre%20el%20tir.pdf)
- MINAM. (2016). La conservación de bosques en el Perú (2011-2016). *Ministerio Del Ambiente*, 18(6), 180.

- MINAMBIENTE. (2012). *Guía De Aplicación De La Valoración Económica Ambiental*. 0–53. www.minambiente.gov.co
- Minga, D., & Verdugo, A. (2016). Árboles y Arbustos de los ríos de Cuenca. In *Serie Textos Apoyo a la Docencia Universidad del Azuay*.
- Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (Magrama). (2012). *Sumideros de carbono*. 2. www.marm.es
- Mogrovejo, J. P. R. (2017). Bosques y cambio climático en Ecuador: el regente forestal como actor clave en la mitigación del cambio climático. *Universidad Simón Bolívar*, 116. <http://hdl.handle.net/10644/5862>
- Montoya Colmenares, P. C. (2020). Método para la determinación del valor económico del servicio ambiental del área verde del valle de Moche. In *Universidad Nacional de Trujillo*. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15569>
- Mora, V. (2020). *Evaluación de la eficiencia de captura de carbono por parte de la flora fanerogámica nativa presente en el parque recreacional Selva Alegre en la ciudad de Arequipa*.
- Morales, S. M. P., & Vásquez, V. M. . (2019). Valoración Económica De La Captura De Carbono En Las Especies *Podocarpus Sprucei* Y *Oreocallis Grandiflora* En El Bosque Protector Aguarongo. *Universidad Politécnica Salesiana-Sede Cuenca*, 150. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16640/4/UPS-CT008067.pdf>
- Municipio de Loja. (2020). *Nº 026-2020 ORDENANZA PARA LA PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN DE FUENTES DE AGUA, ECOSISTEMAS FRÁGILES, BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS AMBIENTALES DEL CANTÓN LOJA A TRAVÉS DE LA CREACIÓN Y GESTIÓN DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN*

MUNICIPAL Y USO SOSTENIBLE-ACMUS EXPOSICIÓN DE MOTIVOS.

Muñoz, M., & Vasquez, E. (2020). “Estimación del Potencial de Captura de Carbono en los Parques Urbanos y Emisiones de Co2 Vehicular en Cuenca, Ecuador.”

Universidad Politecnica Salesiana-Sede Cuenca, 1–148.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18390/1/UPS->

[CT008694.pdf?fbclid=IwAR26ee_K_VKxflPp7tzNwFmX2FZc9WLekWfseVuPk4FEWEjmki7jGQ4_qIA](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18390/1/UPS-CT008694.pdf?fbclid=IwAR26ee_K_VKxflPp7tzNwFmX2FZc9WLekWfseVuPk4FEWEjmki7jGQ4_qIA)

Naciones Unidas. (2013). United Nations Climate Change Portal. *Choice Reviews Online*, 50(07), 50-3868-50–3868. <https://doi.org/10.5860/choice.50-3868>

Oleas, N., Ríos-Touma, B., Peña, P., & Bustamante, M. (2016). *Plantas de las quebradas de Quito: Guía práctica de identificación de plantas de ribera* (Vol. 2).

<http://www.fonag.org.ec/web/imagenes/paginas/fondoeditorial/15.pdf>

Oliveira, M. T., Medeiros, C. D., Frosi, G., & Santos, M. G. (2014). Different mechanisms drive the performance of native and invasive woody species in response to leaf phosphorus supply during periods of drought stress and recovery.

Plant Physiology and Biochemistry, 82, 66–75.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.05.006>

Ordóñez, J., & Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático.

Madera y Bosques, 7(1), 3–12.

Orellana, G., Sandoval, M. L., Linares, G., García, N. E., & Tamariz, J. V. (2012).

Description of the Carbon Dynamics in Forest Soils using a model of reservoirs.

Avances En Ciencias e Ingeniería, 3(1), 123–135.

Ortega, B. (2012). Análisis coste-beneficio. *Evaluación Económica de Medicamentos y*

Tecnologías Sanitarias: , 85–92. https://doi.org/10.1007/978-84-940346-6-4_7

Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: Current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, *178*(1–4), 135–160.

<https://doi.org/10.1007/s10661-010-1678-y>

Pardos, J. A. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. In *Instituto Nacional De Investigacion Y Tecnologia Agraria Y Alimentaria* .

Paricahua Choque, M. (2021). Cambio climático y desarrollo sostenible. *Revista Latinoamericana Ogmios*, *1*(1), 82–90. <https://doi.org/10.53595/rlo.2021.1.008>

Parraga-Aguado, I., Gonzalez-Alcaraz, M. N., Alvarez-Rogel, J., Jimenez-Carceles, F.

J., & Conesa, H. M. (2013). The importance of edaphic niches and pioneer plant species succession for the phytomanagement of mine tailings. *Environmental Pollution*, *176*, 134–143.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.01.023>

Parry, M., Canziani, O., & Palutikof, J. (2007). Cambio climático 2007 : impacto, adaptación y vulnerabilidad. In *Ippc*.

Pece, M., de Benítez, C., de Galíndez, M., & Acosta, M. (2016). Bosques y forestaciones como sumideros de carbono en el parque chaqueño. *Jornadas Forestales, Facultad de Ciencias Forestales*, 1–12.

Piña, E., & Sarmiento, D. (2013). Estudio de la germinación y desarrollo inicial de tres especies forestales nativas del Bosque Protector Yanuncay - Iruquis. In *Articulo Ecuador* (Vol. 1, Issue 5). Universidad de Cuenca.

Pintado, S., & Astudillo, F. (2021). *Inventario forestal y estimación de la captura del*

carbono en los cuatro parques urbanos y en las riberas de los ríos Santa Bárbara y San Francisco en la zona turística del cantón Gualaceo.

Probanza, A. (1994). *INTERACCIONES DE Alnus glutinosa (L.) Gaertn. CON SU RIZOSFERA BAJO DISTINTAS CONDICIONES.*

Ramos, M., & Rincón, M. (2020). EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO POR LA PALMA DE ACEITE (ELAEIS SP), EN LA FINCA POTRERO CHICO, PARATEBUENO-CUNDINAMARCA. *UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS*, 1(1), 1–105.

<http://etd.eprints.ums.ac.id/14871/><https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.12.025>
<http://www.depkes.go.id/resources/download/info-terkini/hasil-risikesdas-2018.pdf><http://www.who.int/about/licensing/><http://jkuunila.com/wp-content/uploads/2016/12/Dea>

Rojas, V. (2013). *Los servicios ambientales.*

<https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.12>

Romero, F. (2015). Determinación De La Captura Del Carbono En Dos Sistemas De Pastos Mejorados En El Distrito De San Silvestre De Cochán Provincia De San Miguel - Cajamarca. *Tesis Posgrado*, 1–151.

[http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1556/tesis Captura de carbono.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1556/tesis%20Captura%20de%20carbono.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Russo, R. (2009). *Guia Practica de Medicion de Carbono en la Biomasa Forestal*. 1–17.

Saavedra-Romero, L. de., Hernández-de la Rosa, P., Alvarado-Rosales, D., Martínez-Trinidad, T., & Villa-Castillo., J. (2019). Diversidad, Estructura Arbórea E Índice De Valor De Importancia En Un Bosque Urbano De La Ciudad De México.

- Polibotánica*, 0(46), 25–37. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.3>
- Sanahuja, J. (2013). *Valoración medioambiental de los árboles en los espacios verdes urbanos*. 125. <https://wwwaie.webs.upc.edu/maema/wp-content/uploads/2016/07/TESINA-Sanahuja-Jordi-red.pdf>
- Sandoval Estrada, M., Lau, N. S., Venegas, E. Z., Flores, M. M., Julio, Y., & Montano, J. (2003). El Secuestro De Carbono En La Agricultura Y Su Importancia Con El Calentamiento Global the Carbon Sequestration in Agriculture and Ist Importance in Global Warming. *Theoria*, 12, 65–71.
- Sarcca, Y. (2017). *VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE SECUESTRO Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL BOSQUE DE Polylepis DEL PICHU PICHU, AREQUIPA*. 1–14.
- Sarmiento, M. (2004). *Valoración Económica Ambiental De Servicios Recreativos Del. October*, 15. <https://doi.org/10.13140/2.1.1715.2001>
- Scotton, M., & Andreatta, D. (2021). Anti-erosion rehabilitation: Effects of revegetation method and site traits on introduced and native plant cover and richness. *Science of The Total Environment*, 776, 145915. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145915>
- SENAGUA. (2018). *Conservación Y Desarrollo De La Cuenca Del Rio Paute Y Sus Afluentes*. 1–14.
- Tacarpo, A. M. (2018). *Estimación Del Potencial De Captura De Carbono De Las Especies De Flora Predominante De La Parte Alta Del Bosque De La Comunidad Campesina De Tumpa – Provincia De Yungay*. 1–149.
- Torres-Torres, J. J., Mena-Mosquera, V. E., & Álvarez-Dávila, E. (2017). Carbono

aéreo almacenado en tres bosques del Jardín Botánico del Pacífico, Chocó, Colombia. *ENTRAMADO*, 13(1), 200–209.

<https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25110>

Torrez, E. O., Acuña, J. V., Luque, J. P. C., Costa, R. C., & CRUZ, R. B. (2016). *Guía para la elaboración de la Línea Base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental - SEIA* (p. 233).

UNFCCC. (2007). Unidos por el clima. United Nations Framework Convention on Climate Change. *Convención Marco de Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático*, 44.

https://unfccc.int/resource/docs/publications/unitingonclimate_spa.pdf

UNFCCC. (2015). Acuerdo de París. *Cooperativismo & Desarrollo*, 25(111).

<https://doi.org/10.16925/co.v25i111.1874>

Velasquez Escobedo, J. V. (2019). Captura y almacenamiento de carbono relacionado con la Tatora “*Schoenoplectus Californicus*” del área de conservación regional Albufera de Medio Mundo - Végueta 2017. *Tesis Posgrado*, 1–89.

<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3622>

Ventura, P. (2014). “*CONTENIDO DE CARBONO ALMACENADO EN LA ESPECIE DE ALGARROBO (Prosopis juliflora), A TRAVÉS DEL MÉTODO NO DESTRUCTIVO EN EL VALLE DEL RIO BUENA VISTA DEL CANTÓN PUERTO LÓPEZ.*” 1–64.

Villatoro, N., Granadino, M., Flores, E., & Martínez, M. A. (2004). Bienes y Servicios Ambientales en Honduras Una Alternativa para el Desarrollo Sostenible. *CONABISAH*, 49–70.

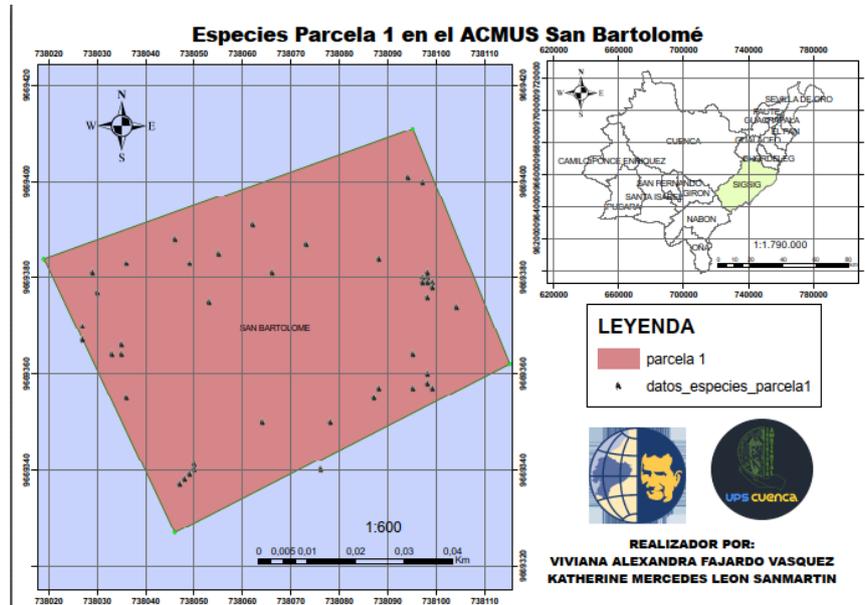
- Wabo, E. (2002). Medición de Diámetros, Alturas y Edad del Árbol. *Universidad Nacional de La Plata*, 1–3.
[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/50972/mod_folder/content/0/WABO Diametros.pdf?forcedownload=1](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/50972/mod_folder/content/0/WABO%20Diametros.pdf?forcedownload=1)
- Wu, B., Peng, H., Sheng, M., Luo, H., Wang, X., Zhang, R., Xu, F., & Xu, H. (2021). Evaluation of phytoremediation potential of native dominant plants and spatial distribution of heavy metals in abandoned mining area in Southwest China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 220(24), 112368.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112368>
- Yáñez González, L. (2011). *ESTABLECIMIENTO DE PROTOCOLOS DE REGENERACIÓN In Vitro DE PUMAMAQUI Oreopanax ecuadorensis MEDIANTE CULTIVO DE TEJIDOS*.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7130/1/LUZARDO-BUIATRIA-2017.pdf>
- Yepes - Mayorga, A. (2012). Cambio Climático: estrategias de gestión con el tiempo en contra.... *Orinoquia*, 16(1), 77. <https://doi.org/10.22579/20112629.269>
- Yepes, A., & Silveira, M. (2011). Plant responses to meteorological events related to climate change - review. *Colombia Forestal*, 14(0120–0739), 213–232.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423939616005>
- Zhang, C., Zhou, Y., & Qiu, F. (2015). Individual tree segmentation from LiDAR point clouds for urban forest inventory. *Remote Sensing*, 7(6), 7892–7913.
<https://doi.org/10.3390/rs70607892>

Capítulo VII Anexos

Anexo 1

Figura 47

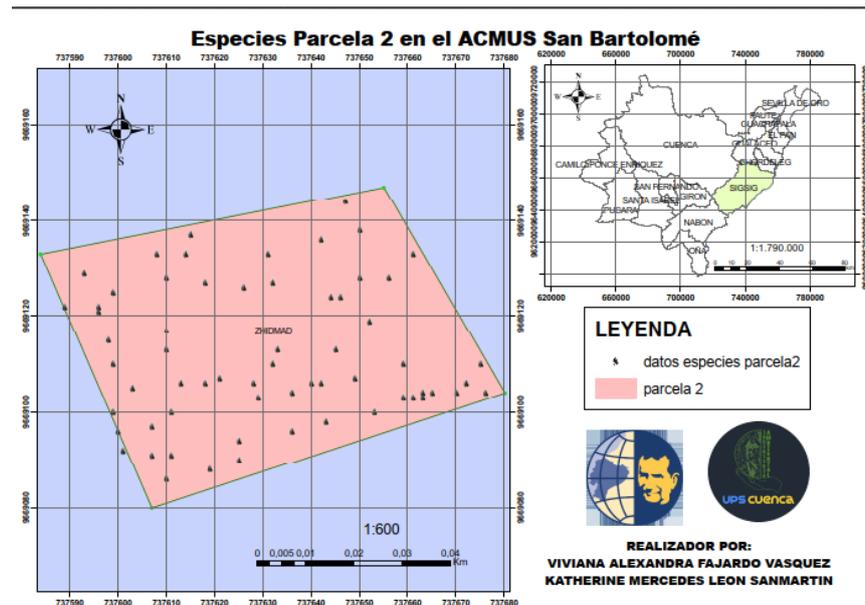
Distribución de las especies en la parcela 1



Fuente: (Autores, 2023)

Figura 48

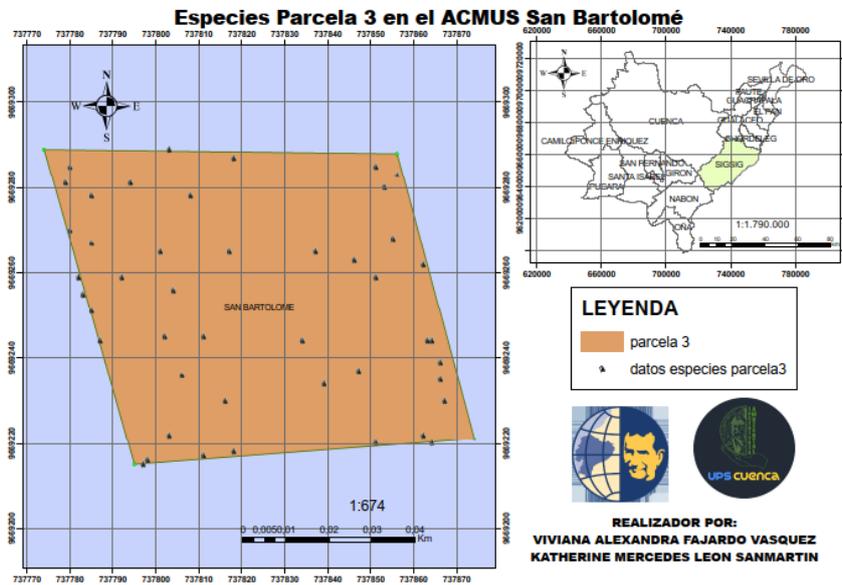
Distribución de las especies en la parcela 2



Fuente: (Autores, 2023)

Figura 49

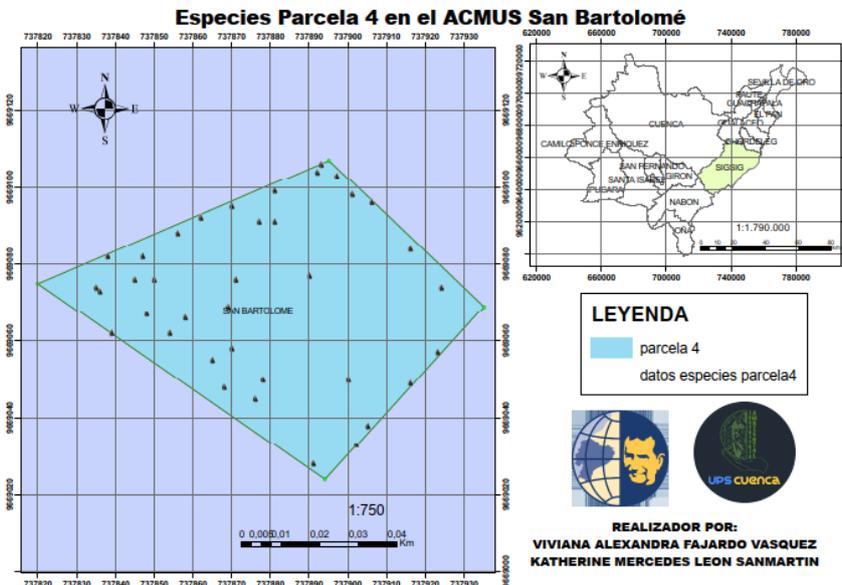
Distribución de las especies en la parcela 3



Fuente: (Autores, 2023)

Figura 50

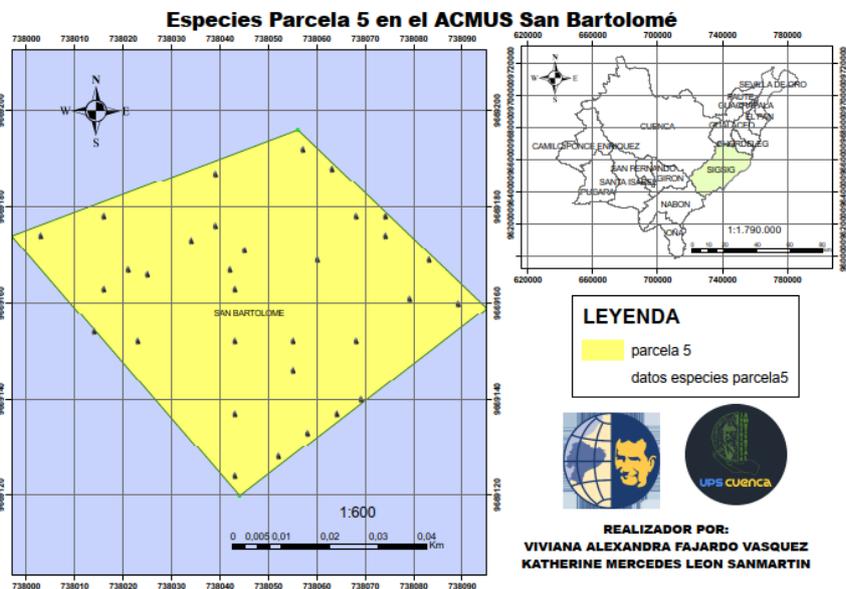
Distribución de las especies en la parcela 4



Fuente: (Autores, 2023)

Figura 51

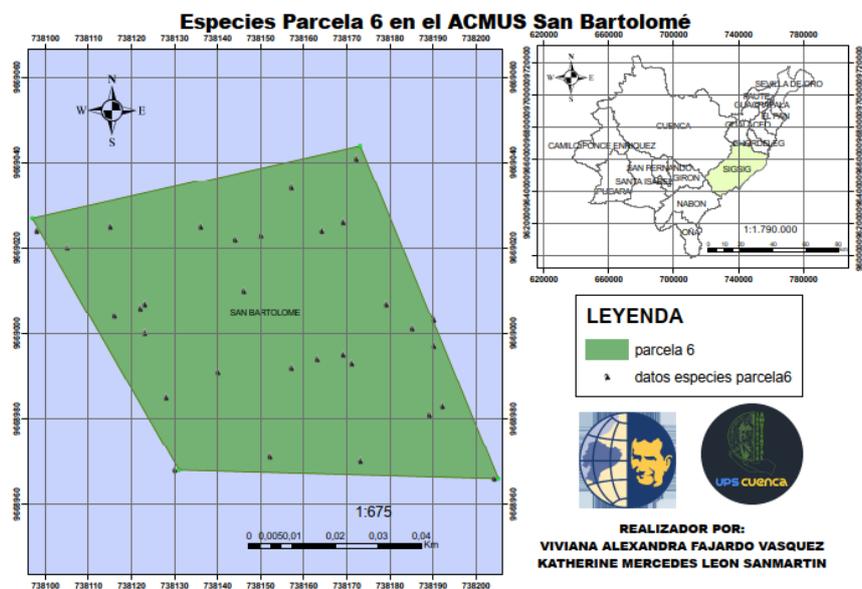
Distribución de las especies en la parcela 5



Fuente: (Autores, 2023)

Figura 52

Distribución de las especies en la parcela 6



Fuente: (Autores, 2023)

Anexo 2

Tabla 58

Datos de las especies muestreadas en el ACMUS San Bartolomé en la parcela 1

Nº especie	Tipo de Especie	x	y	Altitud	CAP (m)	DAP (m)	Altura total (m)
1	<i>Alnus glutinosa</i>	738097	9669400	3211	1,24	0,39	12,2
2	<i>Alnus glutinosa</i>	738094	9669401	3211	1,2	0,38	13,2
3	<i>Alnus glutinosa</i>	738073	9669387	3221	0,74	0,24	10,5
4	<i>Alnus glutinosa</i>	738066	9669381	3219	0,66	0,21	11,2
5	<i>Alnus glutinosa</i>	738062	9669391	3225	0,63	0,20	4,8
6	<i>Alnus glutinosa</i>	738055	9669385	3224	0,68	0,22	9,8
7	<i>Alnus glutinosa</i>	738049	9669383	3225	0,96	0,31	13,1
8	<i>Alnus glutinosa</i>	738036	9669383	3228	0,85	0,27	12,1
9	<i>Alnus glutinosa</i>	738029	9669381	3230	0,86	0,27	9,2
10	<i>Alnus glutinosa</i>	738030	9669377	3229	0,56	0,18	13,4
11	<i>Alnus glutinosa</i>	738027	9669370	3230	0,74	0,24	11,3
12	<i>Alnus glutinosa</i>	738027	9669367	3229	0,78	0,25	11,1
13	<i>Alnus glutinosa</i>	738036	9669355	3228	0,48	0,15	6,1
14	<i>Alnus glutinosa</i>	738035	9669364	3230	0,85	0,27	9,2
15	<i>Alnus glutinosa</i>	738033	9669364	3230	0,44	0,14	9,3
16	<i>Alnus glutinosa</i>	738035	9669366	3229	0,93	0,30	9,1
17	<i>Alnus glutinosa</i>	738050	9669341	3223	0,16	0,05	8,1
18	<i>Alnus glutinosa</i>	738099	9669357	3211	0,74	0,24	8,2
19	<i>Alnus glutinosa</i>	738098	9669358	3211	0,43	0,14	6,8
20	<i>Alnus glutinosa</i>	738098	9669360	3210	0,44	0,14	9,2
21	<i>Alnus glutinosa</i>	738095	9669364	3212	0,62	0,20	8,2
22	<i>Alnus glutinosa</i>	738104	9669374	3212	0,74	0,24	9,7
23	<i>Alnus glutinosa</i>	738098	9669380	3210	0,83	0,26	11,9
24	<i>Podocarpus sprucei</i>	738047	9669337	3223	0,64	0,20	4,9
25	<i>Podocarpus sprucei</i>	738048	9669338	3223	0,72	0,23	5,3
26	<i>Podocarpus sprucei</i>	738049	9669339	3223	0,81	0,26	6,1
27	<i>Podocarpus sprucei</i>	738050	9669340	3223	0,61	0,19	4,1
28	<i>Podocarpus sprucei</i>	738046	9669388	3224	0,53	0,17	5,1
29	<i>Podocarpus sprucei</i>	738053	9669375	3225	0,83	0,26	2,9
30	<i>Podocarpus sprucei</i>	738076	9669340	3217	0,61	0,19	3,9
31	<i>Podocarpus sprucei</i>	738098	9669376	3210	0,66	0,21	4,5

32	<i>Podocarpus sprucei</i>	738098	9669379	3211	0,55	0,18	3,5
33	<i>Podocarpus sprucei</i>	738099	9669379	3211	0,69	0,22	3,7
34	<i>Podocarpus sprucei</i>	738099	9669378	3211	0,85	0,27	5,2
35	<i>Podocarpus sprucei</i>	738098	9669379	3211	0,71	0,23	3,6
36	<i>Podocarpus sprucei</i>	738098	9669381	3211	0,93	0,30	4,1
37	<i>Podocarpus sprucei</i>	738097	9669380	3211	0,65	0,21	3,1
38	<i>Podocarpus sprucei</i>	738097	9669379	3212	0,85	0,27	2,9
39	<i>Podocarpus sprucei</i>	738088	9669384	3213	0,75	0,24	3,6
40	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738064	9669350	3222	0,74	0,24	9,8
41	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738078	9669350	3216	1,16	0,37	16,1
42	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738087	9669355	3215	0,96	0,31	7,2
43	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738088	9669357	3214	0,75	0,24	9,5
44	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738095	9669357	3212	0,92	0,29	12,4

Fuente: (Autores, 2023)

Tabla 59

Datos de las especies muestreadas en el ACMUS San Bartolomé en la parcela 2

Nº especie	Tipo de Especie	x	y	Altitud	CAP (m)	DAP (m)	Altura total (m)
1	<i>Alnus glutinosa</i>	737593	9669129	3161	0,67	0,21	10,2
2	<i>Alnus glutinosa</i>	737596	9669121	3160	0,36	0,11	3,3
3	<i>Alnus glutinosa</i>	737599	9669125	3161	0,56	0,18	9,2
4	<i>Alnus glutinosa</i>	737608	9669133	3163	0,33	0,11	11,2
5	<i>Alnus glutinosa</i>	737614	9669133	3165	0,86	0,27	9,8
6	<i>Alnus glutinosa</i>	737618	9669127	3165	0,58	0,18	13,5
7	<i>Alnus glutinosa</i>	737631	9669133	3169	0,57	0,18	12,6
8	<i>Alnus glutinosa</i>	737632	9669127	3168	0,76	0,24	11,3
9	<i>Alnus glutinosa</i>	737650	9669138	3172	0,36	0,11	9,8
10	<i>Alnus glutinosa</i>	737642	9669136	3171	0,38	0,12	9,2
11	<i>Alnus glutinosa</i>	737646	9669124	3173	0,65	0,21	10,3
12	<i>Alnus glutinosa</i>	737610	9669086	3169	0,57	0,18	8,1
13	<i>Alnus glutinosa</i>	737607	9669091	3165	0,41	0,13	9,6

14	<i>Alnus glutinosa</i>	737607	9669097	3165	0,41	0,13	8,7
15	<i>Alnus glutinosa</i>	737619	9669088	3172	0,54	0,17	12,3
16	<i>Alnus glutinosa</i>	737625	9669090	3172	0,44	0,14	13,6
17	<i>Alnus glutinosa</i>	737625	9669094	3172	0,64	0,20	15,1
18	<i>Alnus glutinosa</i>	737628	9669106	3169	0,52	0,17	10,8
19	<i>Alnus glutinosa</i>	737636	9669096	3174	0,54	0,17	9,5
20	<i>Alnus glutinosa</i>	737636	9669104	3171	0,74	0,24	10,2
21	<i>Alnus glutinosa</i>	737643	9669098	3172	0,44	0,14	11,3
22	<i>Alnus glutinosa</i>	737642	9669106	3174	0,39	0,12	12,3
23	<i>Alnus glutinosa</i>	737653	9669100	3180	0,5	0,16	15,8
24	<i>Alnus glutinosa</i>	737649	9669107	3172	0,41	0,13	9,2
25	<i>Alnus glutinosa</i>	737659	9669103	3174	0,49	0,16	10,5
26	<i>Alnus glutinosa</i>	737661	9669103	3174	0,32	0,10	8,7
27	<i>Alnus glutinosa</i>	737663	9669103	3171	0,28	0,09	8,5
28	<i>Alnus glutinosa</i>	737663	9669104	3182	0,56	0,18	12,3
29	<i>Alnus glutinosa</i>	737665	9669104	3178	0,49	0,16	10,3
30	<i>Alnus glutinosa</i>	737670	9669104	3182	0,51	0,16	11,2
31	<i>Alnus glutinosa</i>	737672	9669106	3179	0,32	0,10	8,1
32	<i>Alnus glutinosa</i>	737676	9669104	3184	0,58	0,18	8,1
33	<i>Alnus glutinosa</i>	737675	9669110	3180	0,68	0,22	9,7
34	<i>Alnus glutinosa</i>	737601	9669092	3161	0,23	0,07	6,3
35	<i>Alnus glutinosa</i>	737600	9669096	3160	0,74	0,24	7,20
36	<i>Alnus glutinosa</i>	737599	9669100	3166	0,21	0,07	8,20
37	<i>Alnus glutinosa</i>	737603	9669105	3161	0,29	0,09	5,40
38	<i>Alnus glutinosa</i>	737599	9669110	3163	0,53	0,17	6,20
39	<i>Alnus glutinosa</i>	737610	9669113	3164	0,36	0,11	8,70
40	<i>Alnus glutinosa</i>	737613	9669106	3163	0,22	0,07	4,80
41	<i>Alnus glutinosa</i>	737661	9669133	3175	0,4	0,13	5,20
42	<i>Alnus glutinosa</i>	737589	9669122	3161	0,26	0,08	6,30
43	<i>Podocarpus sprucei</i>	737615	9669137	3167	0,83	0,26	3,8
44	<i>Podocarpus sprucei</i>	737647	9669144	3173	0,95	0,30	6,6
45	<i>Podocarpus sprucei</i>	737633	9669113	3170	0,76	0,24	5,3
46	<i>Podocarpus sprucei</i>	737618	9669106	3165	0,72	0,23	7,2
47	<i>Podocarpus sprucei</i>	737640	9669106	3170	0,56	0,18	4,2
48	<i>Podocarpus sprucei</i>	737659	9669110	3174	0,82	0,26	8,3
49	<i>Podocarpus sprucei</i>	737656	9669128	3174	0,73	0,23	8,1
50	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737598	9669115	3163	0,96	0,31	8,60
51	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737596	9669122	3160	0,85	0,27	9,5

52	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737610	9669128	3162	0,89	0,28	9,2
53	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737610	9669117	3165	0,42	0,13	4,3
54	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737611	9669100	3166	0,63	0,20	9,3
55	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737611	9669091	3166	0,59	0,19	12,5
56	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737632	9669110	3171	0,41	0,13	9,8
57	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737621	9669107	3166	0,6	0,19	10,8
58	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737629	9669103	3169	0,29	0,09	7,6
59	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737645	9669113	3175	0,65	0,21	8,2
60	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737652	9669119	3176	1,31	0,42	9,1
61	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737644	9669124	3172	0,68	0,22	10,3
62	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737650	9669128	3176	0,45	0,14	5,3
63	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737626	9669126	3168	0,58	0,18	7,2

Fuente: (Autores, 2023)

Tabla 60

Datos de las especies muestreadas en el ACMUS San Bartolomé en la parcela 3

Nº especie	Tipo de Especie	x	y	Altitud	CAP (m)	DAP (m)	Altura total (m)
1	<i>Alnus glutinosa</i>	737851	9669285	3205	0,74	0,24	5,3
2	<i>Alnus glutinosa</i>	737853	9669280	3206	0,83	0,26	8,3
3	<i>Alnus glutinosa</i>	737855	9669268	3215	0,85	0,27	6,4
4	<i>Alnus glutinosa</i>	737846	9669263	3207	0,66	0,21	5,7
5	<i>Alnus glutinosa</i>	737817	9669265	3196	0,56	0,18	6,9
6	<i>Alnus glutinosa</i>	737808	9669278	3186	0,73	0,23	6,3
7	<i>Alnus glutinosa</i>	737803	9669289	3196	0,55	0,18	6,8
8	<i>Alnus glutinosa</i>	737794	9669281	3195	0,75	0,24	7,6
9	<i>Alnus glutinosa</i>	737785	9669278	3189	0,61	0,19	7,8
10	<i>Alnus glutinosa</i>	737785	9669267	3187	0,81	0,26	7,6
11	<i>Alnus glutinosa</i>	737792	9669259	3196	0,53	0,17	6,1
12	<i>Alnus glutinosa</i>	737801	9669265	3195	0,49	0,16	4,6
13	<i>Alnus glutinosa</i>	737804	9669256	3196	0,84	0,27	4,4
14	<i>Alnus glutinosa</i>	737811	9669245	3201	0,59	0,19	5,1
15	<i>Alnus glutinosa</i>	737806	9669236	3199	0,69	0,22	5,3

16	<i>Alnus glutinosa</i>	737803	9669222	3202	0,68	0,22	5,1
17	<i>Alnus glutinosa</i>	737798	9669216	3207	0,78	0,25	4,4
18	<i>Alnus glutinosa</i>	737797	9669215	3196	0,56	0,18	6,3
19	<i>Alnus glutinosa</i>	737811	9669217	3205	0,92	0,29	8,2
20	<i>Alnus glutinosa</i>	737818	9669218	3205	0,54	0,17	4,9
21	<i>Podocarpus sprucei</i>	737851	9669220	3215	1,17	0,37	9,3
22	<i>Podocarpus sprucei</i>	737862	9669222	3220	0,91	0,29	7,6
23	<i>Podocarpus sprucei</i>	737867	9669230	3212	0,95	0,30	6,9
24	<i>Podocarpus sprucei</i>	737866	9669235	3216	0,82	0,26	7,8
25	<i>Podocarpus sprucei</i>	737866	9669239	3218	0,78	0,25	6,9
26	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737864	9669244	3218	0,62	0,20	6,8
27	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737863	9669244	3213	0,58	0,18	5,6
28	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737834	9669244	3210	0,69	0,22	6,6
29	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737802	9669245	3195	0,82	0,26	7,2
30	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737782	9669259	3188	0,33	0,11	4,2
31	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737780	9669270	3184	0,54	0,17	8,3
32	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737779	9669281	3186	0,33	0,11	6,9
33	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737780	9669285	3193	0,66	0,21	7,2
34	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737818	9669287	3204	0,62	0,20	8,6
35	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737856	9669283	3214	0,75	0,24	9,2
36	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737862	9669262	3218	0,52	0,17	6,3
37	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737787	9669244	3193	0,63	0,20	9,6
38	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737785	9669251	3187	0,54	0,17	5,3
39	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737783	9669255	3192	0,32	0,10	9,3
40	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737837	9669265	3214	0,66	0,21	7,5
41	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737851	9669259	3212	0,96	0,31	7,5
42	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737847	9669237	3212	0,58	0,18	9,6

43	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737839	9669234	3212	0,56	0,18	8,3
44	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737816	9669230	3212	0,85	0,27	8,9
45	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737864	9669220	3212	0,65	0,21	9,3

Fuente: (Autores, 2023)

Tabla 61

Datos de las especies muestreadas en el ACMUS San Bartolomé en la parcela 4

Nº especie	Tipo de Especie	x	y	Altitud	CAP (m)	DAP (m)	Altura total (m)
1	<i>Alnus glutinosa</i>	737835	9669074	3227	0,13	0,04	4,9
2	<i>Alnus glutinosa</i>	737850	9669076	3231	0,47	0,15	6,8
3	<i>Alnus glutinosa</i>	737847	9669082	3230	0,32	0,10	7,3
4	<i>Alnus glutinosa</i>	737856	9669088	3232	0,25	0,08	1,5
5	<i>Alnus glutinosa</i>	737870	9669095	3240	0,96	0,31	5,5
6	<i>Alnus glutinosa</i>	737881	9669099	3239	0,69	0,22	6,1
7	<i>Alnus glutinosa</i>	737892	9669104	3240	0,49	0,16	7,2
8	<i>Alnus glutinosa</i>	737893	9669106	3242	0,48	0,15	8,4
9	<i>Alnus glutinosa</i>	737897	9669103	3241	0,45	0,14	3,1
10	<i>Alnus glutinosa</i>	737901	9669098	3243	0,39	0,12	2,8
11	<i>Alnus glutinosa</i>	737906	9669096	3245	0,55	0,18	1,3
12	<i>Alnus glutinosa</i>	737916	9669084	3248	0,65	0,21	2,3
13	<i>Alnus glutinosa</i>	737924	9669074	3250	0,87	0,28	3,1
14	<i>Podocarpus sprucei</i>	737900	9669050	3245	0,56	0,18	8,3
15	<i>Podocarpus sprucei</i>	737891	9669028	3240	0,49	0,16	9,2
16	<i>Podocarpus sprucei</i>	737868	9669048	3236	0,55	0,18	7,6
17	<i>Podocarpus sprucei</i>	737928	9669065	3250	0,26	0,08	6,5
18	<i>Podocarpus sprucei</i>	737911	9669066	3248	0,28	0,09	4,2
19	<i>Podocarpus sprucei</i>	737889	9669056	3241	0,69	0,22	8,2
20	<i>Podocarpus sprucei</i>	737885	9669036	3237	0,87	0,28	6,1
21	<i>Podocarpus sprucei</i>	737861	9669054	3233	0,96	0,31	4,3
22	<i>Podocarpus sprucei</i>	737862	9669075	3236	0,97	0,31	7,6
23	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737865	9669055	3236	0,52	0,17	8,8

24	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737854	9669062	3232	0,59	0,19	6,8
25	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737848	9669067	3230	0,55	0,18	8,9
26	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737845	9669076	3230	0,61	0,19	7,7
27	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737869	9669069	3237	0,55	0,18	6,9
28	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737870	9669058	3238	0,39	0,12	9,2
29	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737876	9669045	3238	0,52	0,17	6,3
30	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737902	9669033	3240	0,53	0,17	7,6
31	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737905	9669038	3240	0,49	0,16	9,6
32	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737916	9669049	3246	0,66	0,21	8,3
33	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737923	9669057	3248	0,51	0,16	8,1
34	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737858	9669066	3240	0,55	0,18	7,4
35	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737839	9669062	3232	0,63	0,20	6,9
36	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737838	9669082	3228	0,47	0,15	9,2
37	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737862	9669092	3236	0,58	0,18	8,5
38	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737877	9669091	3239	0,68	0,22	6,3
39	<i>Oreocallis grandiflora</i>	737881	9669091	3241	0,65	0,21	7,9
40	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737890	9669077	3241	0,96	0,31	8,1
41	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737836	9669073	3230	0,85	0,27	9,3
42	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737871	9669076	3243	0,56	0,18	9,8
43	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	737878	9669050	3238	0,98	0,31	9,2

Fuente: (Autores, 2023)

Tabla 62

Datos de las especies muestreadas en el ACMUS San Bartolomé en la parcela 5

Nº especie	Tipo de Especie	x	y	Altitud	CAP (m)	DAP (m)	Altura total (m)
1	<i>Alnus glutinosa</i>	738043	9669124	3260	0,28	0,09	3,5
2	<i>Alnus glutinosa</i>	738052	9669128	3262	0,1	0,03	2,3
3	<i>Alnus glutinosa</i>	738058	9669133	3259	0,11	0,04	3,3
4	<i>Alnus glutinosa</i>	738064	9669137	3256	0,14	0,04	4,2
5	<i>Alnus glutinosa</i>	738089	9669160	3251	0,1	0,03	4,2
6	<i>Alnus glutinosa</i>	738074	9669174	3249	0,33	0,11	10,2
7	<i>Alnus glutinosa</i>	738068	9669178	3242	0,73	0,23	2,1
8	<i>Alnus glutinosa</i>	738057	9669192	3238	0,62	0,20	1,9
9	<i>Alnus glutinosa</i>	738039	9669187	3249	0,15	0,05	2,3
10	<i>Alnus glutinosa</i>	738016	9669178	3257	0,5	0,16	5,3
11	<i>Alnus glutinosa</i>	738003	9669174	3259	0,65	0,21	6,2
12	<i>Alnus glutinosa</i>	738016	9669163	3252	0,42	0,13	8,7
13	<i>Alnus glutinosa</i>	738016	9669163	3252	0,87	0,28	9,3
14	<i>Alnus glutinosa</i>	738025	9669166	3260	0,69	0,22	6,4
15	<i>Alnus glutinosa</i>	738043	9669163	3260	0,75	0,24	7,2
16	<i>Alnus glutinosa</i>	738042	9669167	3247	0,81	0,26	9,3
17	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738060	9699169	3258	0,73	0,23	6,2
18	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738063	9699188	3241	0,48	0,15	6,6
19	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738074	9669178	3245	0,56	0,18	7,1
20	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738083	9669169	3248	0,37	0,12	5,2
21	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738014	9669154	3260	0,83	0,26	8,6
22	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738069	9669140	3253	0,56	0,18	7,2
23	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738055	9669152	3258	0,69	0,22	6,1
24	<i>Podocarpus sprucei</i>	738021	9669167	3252	0,83	0,26	9,3
25	<i>Podocarpus sprucei</i>	738034	9669173	3248	0,65	0,21	7,2
26	<i>Podocarpus sprucei</i>	738055	9669146	3250	0,86	0,27	9,2
27	<i>Podocarpus sprucei</i>	738023	9669152	3254	0,68	0,22	8,3
28	<i>Podocarpus sprucei</i>	738045	9669171	3254	0,96	0,31	9,6
29	<i>Podocarpus sprucei</i>	738077	9669152	3245	0,62	0,20	6,3

30	<i>Podocarpus sprucei</i>	738071	9669149	3252	0,59	0,19	5,2
31	<i>Podocarpus sprucei</i>	738067	9669145	3259	0,93	0,30	9,3
32	<i>Podocarpus sprucei</i>	738052	9669178	3253	0,61	0,19	7,1
33	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738079	9669161	3250	0,58	0,18	8,4
34	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738068	9669152	3255	0,63	0,20	7,9
35	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738039	9669176	3256	0,85	0,27	9,2
36	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738043	9669152	3260	0,86	0,27	8,6
37	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738043	9669137	3259	0,36	0,11	4,5

Fuente: (Autores, 2023)

Tabla 63

Datos de las especies muestreadas en el ACMUS San Bartolomé en la parcela 6

Nº especie	Tipo de Especie	x	y	Altitud	CAP (m)	DAP (m)	Altura total (m)
1	<i>Alnus glutinosa</i>	738172	9669041	3251	0,33	0,11	2,8
2	<i>Alnus glutinosa</i>	738157	9669034	3255	0,38	0,12	3,8
3	<i>Alnus glutinosa</i>	738136	9669025	3261	0,37	0,12	6,3
4	<i>Alnus glutinosa</i>	738115	9669025	3265	0,46	0,15	7,2
5	<i>Alnus glutinosa</i>	738098	9669024	3270	0,43	0,14	6,9
6	<i>Alnus glutinosa</i>	738105	9669020	3269	0,49	0,16	8,3
7	<i>Alnus glutinosa</i>	738116	9669004	3269	0,47	0,15	8,5
8	<i>Alnus glutinosa</i>	738128	9668985	3265	0,53	0,17	8,4
9	<i>Alnus glutinosa</i>	738130	9668968	3265	0,35	0,11	4,5
10	<i>Alnus glutinosa</i>	738152	9668971	3262	0,36	0,11	5,2
11	<i>Alnus glutinosa</i>	738173	9668970	3257	0,31	0,10	2,6
12	<i>Alnus glutinosa</i>	738189	9668981	3250	0,66	0,21	11,8
13	<i>Alnus glutinosa</i>	738204	9668966	3242	0,43	0,14	6,4
14	<i>Alnus glutinosa</i>	738204	9668966	3242	0,41	0,13	5,8
15	<i>Alnus glutinosa</i>	738192	9668983	3252	0,46	0,15	4,9
16	<i>Alnus glutinosa</i>	738190	9668997	3248	0,49	0,16	6,8
17	<i>Alnus glutinosa</i>	738190	9669003	3240	0,53	0,17	8,9
18	<i>Alnus glutinosa</i>	738185	9669001	3253	0,48	0,15	5,2
19	<i>Alnus glutinosa</i>	738179	9669007	3253	0,43	0,14	6,4
20	<i>Alnus glutinosa</i>	738123	9669007	3268	0,63	0,20	8,5
21	<i>Alnus glutinosa</i>	738123	9669000	3265	0,47	0,15	6,9
22	<i>Alnus glutinosa</i>	738140	9668991	3261	0,52	0,17	6,1

23	<i>Alnus glutinosa</i>	738169	9668995	3254	0,36	0,11	2,3
24	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738163	9668994	3260	0,54	0,17	4,2
25	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738164	9669024	3252	0,56	0,18	5,4
26	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738169	9669026	3248	0,68	0,22	5,8
27	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738168	9668980	3255	0,96	0,31	5,5
28	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738135	9668977	3262	0,57	0,18	6,3
29	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738137	9668988	3264	0,56	0,18	5,6
30	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738150	9668995	3264	0,48	0,15	6,3
31	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738171	9668980	3256	0,68	0,22	6,8
32	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738185	9668973	3254	0,85	0,27	6,1
33	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738185	9668991	3256	0,69	0,22	9,3
34	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738189	9668971	3254	0,45	0,14	5,6
35	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738184	9669012	3248	0,96	0,31	9,2
36	<i>Oreocallis grandiflora</i>	738176	9669022	3249	0,78	0,25	5,3
37	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738150	9669023	3253	0,29	0,09	8,1
38	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738146	9669010	3261	0,34	0,11	9,3
39	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738157	9668992	3261	0,57	0,18	12,3
40	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738122	9669006	3265	0,44	0,14	8,6
41	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738144	9669022	3261	0,65	0,21	11,3
42	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	738171	9668993	3257	0,54	0,17	10,8

Fuente: (Autores, 2023)

Anexo 3

Figura 53

Recolección de datos en campo en el ACMUS San Bartolomé





Fuente: (Autores, 2023)