

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis previa a la obtención del título de:

Ingeniera Ambiental

TEMA:

*“MEDICIÓN DE CARBONO DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA
DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS-LIMÓN INDANZA”*

AUTORA:

CARLA DANIELA ARÉVALO DELGADO

DIRECTOR:

CARLOS ALBERTO JUMBO SALAZAR PH. D.

Cuenca, Febrero del 2015

CERTIFICACIÓN

Certifico, que la presente investigación titulada “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza” fue desarrollada por Arévalo Delgado Carla Daniela, con cédula de identidad número 010379325-3 bajo mi supervisión.

Cuenca, Febrero del 2015



Carlos Alberto Jumbo Salazar Ph. D.

DIRECTOR DE TESIS

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, analizados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de Arévalo Delgado Carla Daniela.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional Vigente.

Cuenca, Febrero del 2015



Carla Daniela Arévalo Delgado

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a:

La Universidad Politécnica Salesiana, a la Facultad Ciencias de la Vida de la carrera de Ingeniería Ambiental y a sus docentes por haber formado parte de la construcción de los conocimientos teóricos, técnicos y éticos para mi formación profesional.

De manera especial a mi estimado director de tesis Carlos Alberto Jumbo Salazar, por sus valiosas enseñanzas, predisposición, consejo, dedicación y por permitirme el honor de que forme parte de esta etapa en el desarrollo del estudio.

Al Municipio de Limón Indanza en coordinación con el Ingeniero Jimmy Ortega por su apertura, apoyo logístico, técnico e instrumental para el progreso de la investigación.

Al Biólogo Fernando Cárdenas, quien acertadamente con sus valiosos conocimientos apoyo en el desarrollo del análisis estadístico de la investigación.

Al Biólogo Danilo Minga, curador del herbario de la Universidad del Azuay por su colaboración, enseñanzas para el tratamiento y la identificación de las especies forestales.

A Dios por protegerme, guiarme, permitirme culminar con una de mis metas y más que nada agradecerle por bendecirme con unos padres maravillosos a los cuáles también agradezco por apoyarme y siempre darme ánimo para seguir adelante.

DEDICATORIA

Primero a Dios por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante superando los obstáculos y no darme por vencida para que se cumpla mi meta.

A mis queridos padres José Arévalo, Carmina Delgado; hermanos John, Jhenny, que son el pilar más importante e inquebrantable de mi vida, por sus palabras de aliento, cariño, amor, confianza, por siempre formar parte de mis anhelos y batallas, todo esto se los debo a ustedes.

A mi familia, amigos y compañeros que han estado siempre y a todos a aquellos que participaron directa o indirectamente en el desarrollo de esta tesis.

Carla Daniela Arévalo Delgado.

RESUMEN

Con la presente investigación, se realizó la medición de carbono en el estrato arbóreo en un área de 118 hectáreas del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza. Para la medición de carbono, se aplicó el método indirecto de medición de biomasa arbórea, el cual considera los modelos de biomasa específicos para cada especie, estimando la cantidad de biomasa y carbono a partir de mediciones obtenidas en el campo, como son el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total del fuste.

Por su parte, las variables calculadas fueron: área basal, volumen, biomasa forestal, carbono almacenado, CO₂ almacenado. En el caso de la medición del fuste de los árboles, se consideró el factor de forma equivalente a 0,5 que es el recomendado por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático para las especies latifoliadas.

Para la toma de datos, se implementó un conglomerado, formado por cuatro parcelas de 60 x 60 m, en forma de “L”, como lo recomienda el Manual de Campo de la Evaluación Nacional Forestal del Ecuador. Dicho conglomerado es representativo para una superficie estimada de 100 hectáreas. La medición del DAP, se realizó en diámetros que van a partir de 10 cm y la altura total, que consiste en la medición desde la base del árbol hasta el final del fuste.

En relación a la biomasa forestal, el factor de expansión de la misma corresponde a 1,20 tanto para aérea (ramas, hojas) como para subterránea (raíces). Para el caso del carbono almacenado, se utilizó la fracción de 0,5, que representa la cantidad de carbono existente en la biomasa. El CO₂ almacenado, se calculó en base al carbono de la madera multiplicado por 3,67 que es el factor para dicho cálculo.

Como resultado de la investigación, se establece la existencia de una riqueza de especies, contabilizando 925 individuos, pertenecientes a 27 especies, 27 géneros y 22 familias. La familia más representativa es Melastomataceae con tres especies y 358 individuos. Consecuentemente la especie más abundante es *Miconia sp.*

El promedio de carbono almacenado en el área de bosque natural Tinajillas-Limón Indanza es de 41 t/ha, con un promedio de CO₂ almacenado de 151 t/ha.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
2	JUSTIFICACIÓN	4
3	OBJETIVOS	7
4	CAPITULO I: MARCO TEÓRICO.....	8
4.1	CAMBIO CLIMÁTICO.....	8
4.1.1	Consecuencias del cambio climático	9
4.1.2	Iniciativas para reducir cambio climático	11
4.2	EFFECTO INVERNADERO	12
4.2.1	Gases de efecto invernadero.....	13
4.2.2	Física del efecto invernadero	15
4.3	DIÓXIDO DE CARBONO	17
4.4	CICLO DEL CARBONO.....	19
4.4.1	Carbono.....	20
4.4.2	Carbono en ecosistemas forestales.....	21
4.4.3	Carbono almacenado.....	23
4.4.4	Carbono fijado.....	24
4.5	BIOMASA ARBÓREA	24
4.5.1	Tipos de biomasa arbórea.....	25
4.5.2	Importancia de la biomasa arbórea	27
4.5.3	Métodos para determinar biomasa	27
4.6	MERCADO DE CARBONO	28
4.6.1	Mecanismo de Desarrollo Limpio.....	29
4.6.1.1	Certificado de reducción de emisiones	31
4.6.2	Comercio de emisiones	31
4.6.3	Implementación conjunta.....	32
4.6.4	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación.....	32
4.6.4.1	ECUADOR Y REDD +	33
4.7	BOSQUES NATIVOS	34
4.7.1	Importancia de los bosques ante el cambio climático.....	36

5	CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO	37
5.1	ANÁLISIS DE ÁREA DE ESTUDIO	37
5.1.1	Ubicación del área de estudio	37
5.1.2	Clima.....	38
5.1.3	Ecosistema.....	40
5.1.4	Suelo.....	41
5.1.5	Geología	42
5.1.6	Geomorfología	43
5.1.7	Flora y fauna	45
5.2	ESTRATIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	45
5.2.1	Determinación del diseño del sitio de muestreo	47
5.2.2	Determinación del depósito de carbono a medir.....	50
5.3	MENSURACIÓN FORESTAL	50
5.3.1	Materiales y equipos	50
5.3.2	Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP)	51
5.3.3	Medición de la altura total del fuste.....	55
5.4	CÁLCULOS.....	58
5.4.1	Estimación del área basal.....	59
5.4.2	Estimación del volumen.....	59
5.4.3	Estimación de la biomasa forestal.....	61
5.4.4	Estimación del carbono almacenado en el bosque.....	62
5.4.5	Estimación del CO ₂ almacenado en el bosque.....	62
5.5	IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES	63
5.6	EVALUACIÓN ESTADÍSTICA	66
5.6.1	ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA	66
5.6.2	ANÁLISIS DE BIODIVERSIDAD	67
5.6.2.1	Índice de Shannon – Weiner	68
5.6.2.2	Índice de Simpson.....	68
5.6.2.3	Índice de Margalef.....	69
5.6.2.4	Coficiente de correlación lineal de Pearson.....	69
5.6.3	ANÁLISIS DE VARIANZAS (ANOVA).....	70
5.6.4	ÁRBOLES DE CLASIFICACIÓN Y REGRESIÓN CART	70

6	CAPITULO III: RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	72
6.1	COMPOSICIÓN DEL ESTRATO ARBÓREO.....	72
6.1.1	ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA POR FAMILIA	75
6.1.2	ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA POR GÉNERO.....	77
6.1.3	ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA POR ESPECIES	79
6.1.4	DIVERSIDAD	82
6.1.5	ANÁLISIS POR VARIABLE	82
6.1.6	ESTRUCTURA DEL BOSQUE.....	84
6.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	86
6.2.1	RELACIÓN ENTRE DAP Y ALTURA.....	86
6.2.2	ÍNDICES - ANÁLISIS DE BIODIVERSIDAD.....	88
6.3	ANÁLISIS DESCRIPTIVO.....	90
6.3.1	HISTOGRAMAS.....	90
6.3.1.1	HISTOGRAMA ALTURA TOTAL DEL FUSTE	94
6.3.1.2	HISTOGRAMA DEL DAP.....	95
6.3.1.3	HISTOGRAMA ÁREA BASAL.....	96
6.3.1.4	HISTOGRAMA VOLUMEN FORESTAL	97
6.3.1.5	HISTOGRAMA BIOMASA FORESTAL	98
6.3.1.6	HISTOGRAMA CARBONO ALMACENADO.....	99
6.3.1.7	HISTOGRAMA CO ₂ ALMACENADO.....	100
6.3.2	BARRAS DE ERROR.....	101
6.3.2.1	BARRAS DE ERROR ALTURA TOTAL DEL FUSTE	101
6.3.2.2	BARRAS DE ERROR DEL DAP.....	102
6.3.2.3	BARRAS DE ERROR ÁREA BASAL.....	103
6.3.2.4	BARRAS DE ERROR VOLUMEN.....	104
6.3.2.5	BARRAS DE ERROR BIOMASA FORESTAL	105
6.3.2.6	BARRAS DE ERROR CARBONO ALMACENADO.....	106
6.3.2.7	BARRAS DE ERROR CO ₂ ALMACENADO	107
6.3.3	ANÁLISIS DE LA VARIANZA	108
6.3.3.1	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA ALTURA TOTAL DEL FUSTE.....	108
6.3.3.2	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL DAP	112
6.3.3.3	ANÁLISIS DESCRIPTICO DEL ÁREA BASAL.....	116

6.3.3.4	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL VOLUMEN FORESTAL	120
6.3.3.5	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA BIOMASA FORESTAL.....	124
6.3.3.6	ANÁLISIS DESCRIPTIVO CARBONO ALMACENADO	128
6.3.3.7	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL CO ₂ ALMACENADO	132
6.3.4	ANÁLISIS DE ÁRBOL DE REGRESIÓN CART	136
6.3.4.1	MATRIZ DE CONFUSIÓN.....	137
6.3.4.2	VALIDACIÓN DEL MODELO	138
6.3.4.3	CENTROIDES.....	139
6.3.4.4	ÁRBOL DECISIÓN	140
7	CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	141
7.1	CONCLUSIONES.....	141
7.2	RECOMENDACIONES	142
8	BIBLIOGRAFÍA	143
9	ANEXOS	152

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Generación de GEI por fuente y actividad.....	14
Tabla 2. CART. “Y” cualitativa, cuantitativa	71
Tabla 3. Composición del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas - Limón Indanza, en relación a familia, género y especie	72
Tabla 4. Especies existentes por familia	73
Tabla 5. Índice de valor de importancia (IVI) por familia.....	75
Tabla 6. Índice de valor de importancia (IVI) por género.	77
Tabla 7. Índice de valor de importancia (IVI) por especie.	79
Tabla 8. Clases diamétricas del estudio del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza	84
Tabla 9. Análisis estadístico para biodiversidad de especies	88
Tabla 10. Total de estadística descriptiva	91
Tabla 11. Análisis descriptivo altura total del fuste.....	108
Tabla 12. ANOVA altura total del fuste	110
Tabla 13. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para la altura total del fuste ...	111
Tabla 14. Análisis descriptivo del diámetro a la altura del pecho (DAP).....	112
Tabla 15. ANOVA diámetro a la altura del pecho (DAP)	114
Tabla 16. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para DAP.....	115
Tabla 17. Análisis descriptivo del área basal	116
Tabla 18. ANOVA área basal	118
Tabla 19. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para área basal.....	118
Tabla 20. Análisis descriptivo volumen forestal.....	120
Tabla 21. ANOVA volumen forestal	122
Tabla 22. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para volumen forestal.....	122
Tabla 23. Análisis descriptivo biomasa forestal	124
Tabla 24. ANOVA biomasa forestal.....	126
Tabla 25. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para biomasa forestal	126
Tabla 26. Análisis descriptivo carbono almacenado.....	128
Tabla 27. ANOVA carbono almacenado	130
Tabla 28. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para carbono almacenado.....	131
Tabla 29. Análisis descriptivo CO ₂ almacenado	132
Tabla 30. ANOVA CO ₂ almacenado.....	134
Tabla 31. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para CO ₂ almacenado	135
Tabla 32. Matriz de confusión	136

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Clases diamétricas del estudio del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza	85
Gráfico 2. Relación entre DAP y altura. Coeficiente de correlación de Pearson.....	86
Gráfico 3. Histograma de altura total de fuste	94
Gráfico 4. Histograma diámetro a la altura del pecho (DAP).....	95
Gráfico 5. Histograma de área basal	96
Gráfico 6. Histograma volumen.....	97
Gráfico 7. Histograma biomasa forestal.....	98
Gráfico 8. Histograma carbono almacenado.....	99
Gráfico 9. Histograma CO ₂ almacenado.....	100
Gráfico 10. Barras de error altura total del fuste.....	101
Gráfico 11. Barras de error diámetro a la altura del pecho (DAP)	102
Gráfico 12. Barras de error área basal.....	103
Gráfico 13. Barras de error volumen.....	104
Gráfico 14. Barras de error biomasa forestal	105
Gráfico 15. Barras de error carbono almacenado.....	106
Gráfico 16. Barras de error CO ₂ almacenado	107
Gráfico 17. Matriz de confusión	137
Gráfico 18. Validación del modelo	138
Gráfico 19. Centroides	139
Gráfico 20. Árbol de decisión	140

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Proceso del ciclo de carbono.....	20
Ilustración 2. Dinámica de los flujos (f) y almacenes (a) de carbono en un ecosistema forestal.....	22
Ilustración 3. Mapa del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”.....	37
Ilustración 4. Mapa de Isotermas del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”.....	39
Ilustración 5. Mapa de Isoyectas del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”.....	39
Ilustración 6. Mapa de ecosistemas del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”.....	40
Ilustración 7. Mapa de Pendientes del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”.....	42
Ilustración 8. Mapa de Geología del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”.....	42
Ilustración 9. Mapa de Geomorfología del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”.....	43
Ilustración 10. Ilustración de conglomerado en forma de “L”.....	48
Ilustración 11. Medición de distancias para implantar las parcelas.....	49
Ilustración 12. Medición del diámetro en el campo y registro de datos.....	52
Ilustración 13. Diámetro del tronco (a). Circunferencia del tronco (b).....	53
Ilustración 14. Medición correcta de medir DAP (a), Incorrecta (b).....	53
Ilustración 15. Medición de DAP con bifurcación de los árboles.....	54
Ilustración 16. Medición del diámetro de los árboles en distintas situaciones del terreno.....	55
Ilustración 17. Medición altura de los árboles.....	56
Ilustración 18. Medición de altura de los árboles en diferentes pendiente. Corrección de la inclinación de árboles.....	57
Ilustración 19. (a)Clasificación de árboles por su forma. (b) Formas latifoliadas de los árboles.....	60
Ilustración 20. Recolección de las muestras.....	64
Ilustración 21. Tratamiento de muestras.....	65

INTRODUCCIÓN

El cambio climático, es un fenómeno que altera las condiciones climáticas y la reacción de los distintos ecosistemas a nivel global. Este cambio, se atribuye tanto a actividades humanas como a causas naturales, destacando un predominio de las primeras. Con respecto a la temperatura, ésta ha aumentado a nivel mundial la cual se manifiesta por la alteración de la distribución de las precipitaciones provocando sequías, así como, el incremento de la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente el dióxido de carbono (CO₂), producido por las actividades humanas, consumo de combustibles fósiles, deforestación y cambio de uso del suelo.

Una forma de mitigar esta situación, consiste en la capacidad de absorber CO₂ de la atmósfera y fijar el carbono en la biomasa de los bosques. La fijación del carbono, sucede por medio del proceso de la fotosíntesis de las plantas y su liberación por la respiración, parte del carbono consumido, es eliminado hacia la atmósfera en forma de CO₂. El carbono se cicla a través de cuatro depósitos pero principalmente se encuentra en las plantas terrestres. (Frioni, 1999)

En tal sentido, los bosques son los ecosistemas que capturan y conservan más el carbono que cualquier otro, debido a que por el proceso de la fotosíntesis los árboles absorben CO₂ de la atmósfera a medida que van creciendo, almacenan constantemente cantidades de carbono en la biomasa de sus hojas, ramas, tallos y raíces mientras liberan oxígeno hacia la atmósfera. De igual forma, la cantidad de carbono depende de las características de la especie, tasa de crecimiento, longevidad, ubicación, clima y rotación.

El carbono almacenado, se encuentra en la biomasa de los árboles como el peso de la materia orgánica que tiene por encima y por debajo de la superficie del suelo del ecosistema forestal, este peso se expresa en toneladas por hectárea. Se considera, cuatro

tipos de biomasa en los árboles como son: la biomasa viva, biomasa subterránea, materia orgánica muerta, biomasa en el suelo.

La importancia de realizar mediciones de la biomasa en los árboles para determinar la cantidad de carbono almacenado, se debe a que cumplen un papel crucial en el ambiente por los servicios que estos ofrecen. Así mismo, para conocer la cantidad de carbono en la biomasa, existen varios métodos de medición. En la presente investigación, se empleó el método indirecto que consiste en modelos de regresión con variables obtenidas en el campo, en donde, los registros de los datos tomados como el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total del fuste, se calcula y se obtiene el valor de la biomasa.

Para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), mundialmente se realiza la comercialización del carbono por medio de los créditos de carbono, que son parte de los proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), por medio de la certificación de reducción de emisiones (CER). Por otra parte, la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD +), ayuda a los países a mejorar la capacidad de reducir emisiones, este es un mecanismo de mitigación del cambio climático que incentiva a la aplicación de actividades para la conservación, manejo forestal sostenible y el incremento de reservorios de carbono forestal. Es por esta razón, que es importante el manejo y la conservación de los ecosistemas forestales y principalmente realizar un análisis de la cantidad de carbono que tienen los bosques para reducir mundialmente las emisiones de gases de efecto invernadero.

Bajo esta perspectiva, con la presente investigación se realiza la medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural de Tinajillas – Limón Indanza, que pertenece en su mayoría al bosque siempre verde montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes a fin de determinar el valor de carbono que tiene esta área de bosque, a partir de mensuraciones forestales como son el diámetro a la altura del pecho y la altura de los individuos.

Estas variables son las necesarias para calcular el área basal, volumen, biomasa forestal y el carbono almacenado. Los resultados obtenidos del estudio son los valores de: la cantidad de carbono, la especificación de la composición florística, la cuantificación del volumen y el valor del stock de carbono almacenado en el área de estudio.

JUSTIFICACIÓN

El cambio climático viene siendo objeto de constantes variaciones en el transcurso de la existencia de la humanidad, evidenciando aumentos percibidos del promedio mundial de la temperatura, aire y del océano como también el deshielo de los casquetes polares y el aumento del promedio mundial del nivel del mar. Esta alteración climática se debe por factores naturales como el cambio de la radiación solar; emisiones de gases de efecto invernadero principalmente. (IPCC, 2007a)

Respecto a los gases de Efecto Invernadero (GEI), se estima que éstos se han incrementado desde la era preindustrial, detectándose un aumento del 80 % en el período correspondiente a 1970 – 2004. El incremento, se manifiesta en las concentraciones de diferentes gases entre los cuales se destacan el metano y el óxido nitroso. Entre las causas que originan este fenómeno constan las actividades humanas, uso de combustibles fósiles, deforestación y la variación del uso del suelo. (IPCC, 2007b)

En relación a la variación solar y sumando a las causas antes mencionadas, se produce una modificación de la estabilidad del sistema climático, causando el aumento de la temperatura de la superficie terrestre y marina, lo que deriva en fuertes precipitaciones, elevación del nivel del mar, afectación de la época de reproducción de especies de flora y fauna, migración de animales, entre otras consecuencias negativas.(IPCC, 2002)

Los efectos generados por el cambio climático y el aumento de los gases de efecto invernadero son innumerables y su incidencia, se ve reflejada de manera distinta en las diferentes regiones del mundo, ejerciendo una mayor afectación en poblaciones con altos niveles demográficos. En tal sentido, entidades de carácter mundial como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), realizan acciones tendientes a desarrollar políticas, con miras a mitigar y paliar esta situación.(IPCC, 1995)

Entre las acciones más destacadas, surge la suscripción de algunos tratados internacionales que comprometen a los países a su cumplimiento, tales como: Primera Conferencia Mundial sobre el Clima (1979), en la cual se destaca la decisión de los países para controlar y pronosticar las variaciones del clima, tomando en cuenta que esta alteración es una amenaza a nivel global; Protocolo de Kioto (1997), donde se trata el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), enfocado hacia la parte energética y forestal. Este mecanismo invita a los gobiernos y entidades privadas de países industrializados a fomentar proyectos de disminución de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), generando así Reducciones Certificadas de Emisiones (CER). Parte del Mecanismo de Desarrollo Limpio incluye presentar propuestas de sumideros de carbono en relación con la forestación y reforestación de los bosques; Programa de las Naciones Unidas ONU-REDD (2008), encargado de Reducir las Emisiones de la Deforestación y la Degradación de los bosques (REDD) en países en vías de desarrollo, que es avalado por el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Estos tratados internacionales, generan la oportunidad de que los países en vías de desarrollo, tal es el caso de Ecuador, tengan opción a la venta de certificados por efectos de reducción de emisiones. Esta oportunidad es desaprovechada por nuestro país, debido a la falta de investigación relacionada a la medición de stock de carbono, principalmente en los bosques nativos ubicados en las estribaciones andinas. Aquí radica la importancia de llevar a cabo investigaciones como la que se propone en esta oportunidad, a fin de generar conocimiento de las reservas de carbono en este tipo de bosques. Adicionalmente, con la obtención de resultados a partir de esta investigación para la venta de certificados de emisiones reducidas, se estaría propiciando la conservación de estos bosques debido a que las comunidades tendrían ingresos económicos que hasta a la actualidad no han sido vistos, a cambio de mantener estos importantes ecosistemas naturales.

Para realizar la presente investigación, se seleccionó el bosque natural de Tinajillas, tomando en cuenta que el Municipio de Limón Indanza, tiene entre sus objetivos la

venta de Certificados de Emisiones Reducidas (CERs), no obstante se requiere contar con resultados de investigaciones que den cuenta de las cantidades de carbono existente en los ecosistemas de bosques. En tal sentido, esta investigación tiene una aplicación netamente práctica y de utilidad, tanto para el Municipio de Limón Indanza, cuanto para otros municipios que estén interesados en el tema, en razón de que la metodología a utilizada en la investigación, puede ser adoptada y adaptada en función de las especificidades, que evidentemente estarán presentes en otros bosques nativos, con nuevas investigaciones que se generarán a partir de los resultados que se lograron en el presente estudio.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la cantidad de carbono existente en el estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar la composición florística del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas
- ❖ Cuantificar el volumen de madera existente en el estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas
- ❖ Determinar el stock de carbono almacenado en el estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

4.1 CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático, es la variación de las condiciones climáticas y la variabilidad de sus propiedades que se mantiene durante un período de tiempo, mediante el uso de pruebas estadísticas se obtienen resultados que indican la modificación del clima a través del tiempo. Este cambio climático, puede ser producido por procesos naturales internos, externos o cambios antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo. (FAO, 2009)

En el artículo 1 de la Convención Marco de la Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), se define al cambio climático como el cambio atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima que se presenta durante períodos de tiempo comparables. Se debe diferenciar entre cambio climático asignado a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y variabilidad climática atribuida a causas naturales. (ONU, 1992)

La temperatura media mundial se ha elevado medio grado centígrado desde el principio de este siglo. La cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera, puede duplicarse y la temperatura del planeta puede llegar a elevarse entre 3 y 5,5 grados centígrados. Esto modificará la distribución mundial de las precipitaciones y causará sequías.(Erickson, Echaniz, & Arce Ruiz, 1992)

Los cambios en las variables tales como temperatura oceánica, ecosistemas terrestres (como la disminución de la extensión de la capa de nieve y hielo en el hemisferio norte),

el acortamiento de las estaciones frías, el derretimiento de glaciares, la disminución de la extensión del permafrost¹ y el aumento del nivel del mar, indican que el mundo se está calentando. (Fernández, 2011)

4.1.1 Consecuencias del cambio climático

A partir de la era industrial, se presenta un aumento de la temperatura media de la atmósfera. A mediados del siglo XIX, a partir de 1950, se realizan análisis de los registros del clima, para estudiarlos y observar los resultados ante la variabilidad climática. En base a mediciones directas y teledetección desde satélites y otras plataformas, se puede observar globalmente los cambios en el sistema climático y la reacción en los diferentes ecosistemas. La totalidad del planeta ha experimentado cambios en el sistema climático. En el Informe del grupo I del IPCC del año 2013 se presenta información actual del clima ante el cambio climático a través del tiempo, con los siguientes detalles: (IPCC, 2013).

➤ Aumento de la temperatura

El incremento total de la temperatura durante el período de 1850 -1900 y el período 2003-2012 se observa un calentamiento de 0,78 [0,72 a 0,85] °C de la superficie terrestre y oceánica. Es probable que el número de días y noches frías, fueron disminuyendo y el número de días y noches cálidos aumentaron a escala mundial. Es posible asimismo, que una mayoría de Europa, Asia y Australia haya aumentado la frecuencia de olas de calor.

Existe la hipótesis que pueden existir más regiones donde se haya aumentado el número de precipitaciones intensas que en las que se hayan disminuido, como también que las precipitaciones intensas hayan aumentado en América del Norte y Europa. Igualmente,

¹ Permafrost: es la capa de hielo permanente en los niveles superficiales del suelo de las regiones muy frías que ha estado por debajo de cero ininterrumpidamente durante miles de años.

la frecuencia e intensidad de las sequías pudieron haberse incrementado en el Mediterráneo y en África occidental, mientras que en la zona central de América del Norte y el noroeste de Australia, pudo darse una disminución de este fenómeno.

➤ **Disminución de la capa de hielo**

Los cambios en la criosfera por el cambio climático en los dos últimos decenios, han producido que los mantos de hielo de Groenlandia y Antártida disminuyan como en el resto de los glaciares del mundo. Es muy probable que el ritmo de disminución de hielo de los glaciares, durante el periodo 1971 – 2009 sea de 226 [91 a 361] Gt año⁻¹ y de 275 [140 a 410] Gt año⁻¹ durante el período 1993-2009. Es probable que, el ritmo de la pérdida de hielo de la Antártida haya aumentado de 30 [-37 a 97] Gt año⁻¹, durante el período 1992-2001, a 147 [72 a 221] Gt año⁻¹, durante el período 2002-2011.

➤ **Aumento del nivel del mar**

Desde mediados del siglo XIX, la elevación del nivel del mar ha aumentado. Es probable que la tasa de elevación promedio del nivel de mar haya aumentado con 1,7 [1,5 a 1,9] mm año⁻¹, entre 1901 y 2010 y de 3,2 [2,8 a 3,6] mm año⁻¹ entre los años 1993 y 2010, este último período es la tasa más elevada de elevación del nivel del mar. El aumento del nivel del mar se observa desde el año 1970, la pérdida de la masa de los glaciares, la expansión térmica del océano debido al calentamiento global dan un resultado del 75 % de elevación del nivel del mar a escala global.

➤ **Alteración en la biodiversidad biológica**

El cambio climático, perjudica la diversidad biológica debido a que se tiene una relación de sus efectos y la extinción de las especies. La Lista Roja de la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN), indica que el número de especies amenazadas aumentó de 17 291 a

un total de 47 677 especies: 21 % mamíferos, 30 % anfibios, 12 % aves, 28 % reptiles, 37 peces de agua dulce, 70 % plantas, 30 % invertebrados.(PNUMA, 2011)

4.1.2 Iniciativas para reducir cambio climático

El Documento Técnico I del IPCC de 1996, presenta las tecnologías y medidas para la disminución de los gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático. Se realizan las medidas para diferentes sectores. (IPCC, 1996b)

- **Edificios residenciales, comerciales e instituciones:** mejora de las secciones exteriores de los edificios con el objetivo de reducir la transferencia de calor y utilizar una correcta orientación del edificio, ventanas que economicen energía y de manera particular un albedo² del edificio apropiado al clima.
- **Transporte:** en los vehículos livianos si se utiliza diésel, gas natural y propano en lugar de gasolina se disminuye los gases de emisión del combustible en un porcentaje entre el 10 y 30 %. Si se empleará combustibles de fuentes renovables se reduce las emisiones de GEI en un porcentaje del 80. Además, una de las medidas a largo plazo es el cambio en la infraestructura del transporte con medios de transporte que requieran menos energía.
- **Suministro de energía:** realizar inversiones en la sustitución de la infraestructura y equipo más óptimo, como también la aplicación de energías renovables (energía solar, energía eólica, energía nuclear)
- **Forestal:** reducción de la deforestación y proyectos para regeneración forestal; plantaciones forestales de uso exclusivo para producción de papel; residuos de madera aprovechados para generar energía; decretar legislación sobre conservación de los bosques.

² Albedo: es la fracción de luz solar reflejada por la Tierra hacia el espacio. Las superficies blancas como las nubes, la nieve, el hielo suelen tener más alto albedo.

- **Industria:** uso más eficiente de materiales y equipos; uso de otros combustibles. Aplicación de normas reglamentarias sobre emisiones de GEI.
- **Agrícola:** producción de biocombustible, mejor gestión de animales rumiantes (equilibrio ente calidad de dieta y nutrientes), uso mínimo y eficaz de abonos (digestores), aplicación estratégica y limitación de fertilizantes; reglamentación de la densidad animal.
- **Eliminación de desechos sólidos y aguas residuales:** control de desechos, reciclaje de papel, producción de compostaje; recuperación CH₄ de vertederos y aguas residuales para utilizarlo como fuente de energía.

Sin embargo, dichos mecanismos y proyectos son aplicados por medio de diversos instrumentos económicos tales como impuestos sobre el carbono, creación de mercados de derechos de emisiones, eliminación de subsidios sobre combustibles fósiles y difundir información pública sobre la eficiencia energética, etc. (Fernández, 2011)

4.2 EFECTO INVERNADERO

El efecto invernadero que se produce por los gases que conforman la atmósfera, absorben la radiación del sol y a la vez, retienen la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra en la capa de la troposfera. De tal manera que la atmósfera emite radiación implicando la radiación descendente hacia la superficie de la Tierra.(IPCC, 2007b)

La radiación infrarroja en la troposfera, se relaciona con la temperatura atmosférica en la altitud a la cual se emite, es decir la temperatura en la troposfera disminuye con la altura. En consecuencia, la radiación infrarroja emitida al espacio, se origina en la altitud con una temperatura que tiene una media de -19° C, en equilibrio con la radiación solar neta

de entrada, mientras que la superficie terrestre tiene una temperatura media mucho mayor +14° C.(IPCC, 1995)

Un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero, produce un aumento de la opacidad infrarroja de la atmósfera, y por lo tanto, una radiación efectiva en el espacio desde una altitud mayor a una temperatura más baja.

4.2.1 Gases de efecto invernadero

Los principales gases de efecto invernadero anunciados por el Protocolo de Kioto³, son seis: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (PFC), Hexafluoruro de azufre (SF₆). Estos gases son de origen natural, el problema radica en que sus emisiones están aumentando en los dos últimos siglos debido a las actividades humanas. (ONU, 1998)

El dióxido de carbono, es el principal GEI generado por las actividades humanas, el cual representa el 75 % total de las emisiones de GEI en el mundo. Sin embargo, el dióxido de carbono es importante para el proceso de respiración, se inhala oxígeno y expiramos dióxido de carbono, mientras que los árboles y las plantas absorben el CO₂ para producir oxígeno. (Comisión de las Comunidades Europeas & Dirección General del Medio Ambiente, 2006)

La concentración del CO₂ en la atmósfera, ha pasado de un valor de 280 ppm a 379 ppm₃ en 2005. Su crecimiento se debe al consumo de combustibles fósiles desde la era preindustrial. Por otra parte, el metano ha cambiado de un valor de 715 ppb a 1732 ppb

³ Protocolo de Kioto: acuerdo internacional, que abarca el período de 2008 a 2012, para desacelerar el cambio climático. En este, los países industrializados se comprometieron a reducir sus emisiones colectivas de gases causantes del efecto invernadero en un 5,2 por ciento, con respecto a los niveles de 1990

en época preindustrial. Así también, la concentración de óxido nitroso en la atmósfera varió de 270 ppb a 319 ppb en 2005. (IPCC, 2007a)

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), establece un indicador en donde el nivel e impacto de estos seis gases, se compara tomando en cuenta sus respectivos Potenciales de Calentamiento Atmosférico (PCA). Este indicador, muestra la aportación de una sustancia a calentar la atmósfera en un período de tiempo en comparación con un valor de PCA⁴ de 1 para el dióxido de carbono y 25 para el metano.(Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2007)

Las fuentes de generación de GEI, se producen dependiendo de la actividad que se realice (Tabla 1), destacando al CO₂ como el gas que va aumentando debido a los combustibles fósiles, deforestación, cambio de uso de suelo. (PNUD & MAE, 2011)

Tabla 1. Generación de GEI por fuente y actividad

GEI	FUENTE	ACTIVIDAD
Dióxido de carbono (CO₂)	Quema de combustibles fósiles	Transporte y generación térmica
	Deforestación	Forestal
	Quema de bosques	Agricultura
	Cambio de uso de suelo	Incendios forestales
	Agricultura	
Metano (CH₄)	Gas natural	Descomposición de desechos orgánicos

⁴ PCA: Potencial de calentamiento atmosférico

	Desechos orgánicos	Ganadera
	botaderos de basura	Petrolera
GEI	FUENTE	ACTIVIDAD
Óxido nitroso (N₂O)	Fertilizantes	Agricultura
	Combustión de combustible	Transporte y generación térmica
	alimento de ganado	Industrias
	estiércol	Quema de desechos sólidos
	desechos solidos	
	fertilización nitrogenada	
Hidrofluorocarbonos (CFC)	sistema de refrigeración	Industria frigorífica
	industria frigorífica	
Clorofluorocarbonos (CFC)	refrigeración electrónica	Sector industrial
	aerosoles	
Hexafluoruro de azufre (SF₆)	aislante eléctrico y estabilizante	Sistema interconectado redes electricas
	interruptores eléctricos	
	transformadores	
	extintores de incendios	

Fuente: (PNUD & MAE, Segunda comunicación sobre el Cambio Climático en Ecuador 2011)

4.2.2 Física del efecto invernadero

La tierra, atrapa radiación solar y la emite a su vez al espacio, generando un balance energético equilibrado. El balance que se produce, es la velocidad con que se absorbe y se emite la energía, es decir un balance de potencia. Se estima que sin la atmósfera este

balance quedaría estabilizado, dando una temperatura media de $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ en lugar de $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ que es la temperatura actual de la Tierra. (Castro Carranza, 2004)

El aumento de la concentración de los gases que se encuentran en la atmósfera, produce un mayor efecto invernadero, de tal manera que la capacidad de absorción de los gases a la radiación, depende del tipo de gas, de su tiempo de permanencia en la atmósfera, la concentración y la relación con los otros gases. Además, existe otro efecto de los gases sobre el parámetro que influye la porción de la radiación que se refleja directamente de un cuerpo, lo que se le llama albedo⁵.

➤ **Balance energético**

Para analizar el balance energético para el planeta, se estudia en un inicio la forma como se distribuye la radiación que recibe y emite el sistema entre tierra y atmosfera: (Castillo & Jordán, 1999)

a. Radiación de onda corta

Se considera que la energía que llega a la cima de la atmosfera de aproximadamente $2\text{ cal/cm}^2\text{ min}$, es de 100 unidades de radiación de onda corta procedentes del sol.

- 21 unidades son absorbidas por los gases atmosféricos
- 26 unidades inciden en las nubes: 3 son absorbidas y 23 son reflejadas
- 25 unidades son difundidas por las moléculas de aire y las nubes
- 28 unidades llegan al suelo: 24 son absorbidas, 4 son reflejadas

⁵ Albedo: Fracción de radiación solar reflejada por una superficie u objeto. A menudo se expresa como porcentaje. Las superficies cubiertas por nieve tienen un alto nivel de albedo; el albedo de los suelos puede ser alto o bajo; las superficies cubiertas de vegetación y los océanos tienen un bajo nivel de albedo.

b. Radiación de onda larga

Se estima que el suelo emite 113 unidades por su temperatura. Esta cantidad es mayor a aquella que absorbe en onda corta del sol. Esto se da porque también absorbe radiación que proviene de la atmósfera. De estas unidades: 6 salen al espacio exterior por la atmósfera, y 107 son absorbidas en la atmósfera. Aparte de esta radiación, hay un flujo de energía del suelo a la atmósfera por la evaporación del agua y también por conducción turbulenta desde el suelo:

- 23 de flujo de calor latente
- 6 flujo turbulento

Entonces el suelo emite 142 unidades.

La atmosfera radia 160 unidades en onda larga.

- 63 se va al espacio exterior
- 97 son absorbidas por el suelo

4.3 DIÓXIDO DE CARBONO

El dióxido de carbono (CO_2) es el gas de mayor concentración en la atmósfera, es más móvil que el oxígeno, puede permanecer en la atmósfera durante poco tiempo entre horas y años, esto se debe a que se encuentra continuamente inhalado o exhalado.

Además contribuye a que el planeta tenga una temperatura habitable mientras se mantenga dentro de su rango.

De forma natural, el dióxido de carbono se encuentra en la atmósfera por medio de los volcanes, el metamorfismo de las rocas o por acción de la biosfera, luego el gas es removido por la lluvia, disuelto en los océanos, utilizado por los seres vivos y ser parte de las reacciones químicas de la superficie.(Mediavilla Pérez, 2005)

No obstante, el CO₂ es el principal gas de efecto invernadero. La producción del dióxido de carbono va en aumento, debido a las actividades humanas como: la deforestación, el consumo de los combustibles fósiles, la reducción de los ecosistemas naturales, cambio de usos del suelo a lo largo del siglo XX. (IPCC, 2001)

Cabe indicar, que la generación de CO₂ por actividades humanas procede de diferentes fuentes, en su mayoría por la quema de combustibles fósiles empleados en la generación de energía, transporte y proceso industriales. De la misma forma, a escala mundial en el año 2000, el CO₂ aumento a un aproximado de 23,5 gigatoneladas (Gt), es decir 6 Gt de carbono al año. De tal manera, la gran mayoría de fuentes de emisión de CO₂ tienen concentraciones inferiores al 15 %. Sin embargo, un aproximado del 2 % de las fuentes basadas en combustibles fósiles tienen concentraciones de CO₂ superiores al 95 %.(IPCC, 2005a)

Por otra parte, se considera los ecosistemas forestales que absorben el CO₂ de la atmósfera y fijan el carbono en la biomasa de los sistemas forestales. Con el fin de mitigar el CO₂ de la atmósfera se establecieron las siguientes estrategias:(FAO, 2011)

- ✓ Incrementar la tasa de acumulación de carbono por medio de la acumulación y creación de sumideros de carbono.

- ✓ Evitar y disminuir las emisiones de carbono que se encuentran en los sumideros actuales.
- ✓ Disminuir la demanda y consumo de combustibles fósiles.

4.4 CICLO DEL CARBONO

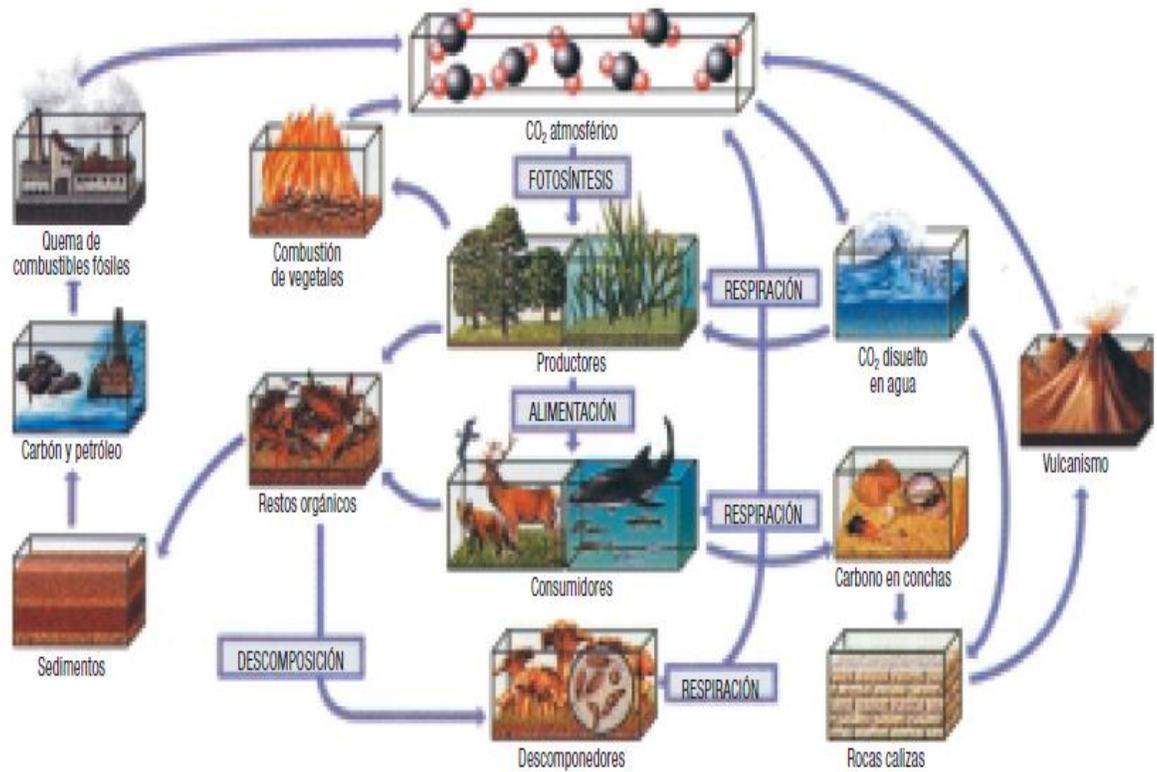
El ciclo del carbono consiste en la fijación del carbono atmosférico por medio de la fotosíntesis de las plantas y su liberación por la respiración, se encuentra en constante circulación, las plantas fijan el carbono de la atmósfera y pasa a formar parte de su biomasa.(Montero, Ruiz-Peinado, & Muñoz, 2006). La *Ilustración 1*, indica los procesos que conforman el ciclo de carbono.

Este ciclo, es un mecanismo regulador compuesto de dos ciclos que pueden darse en diferentes maneras, el más rápido es el ciclo biológico controlado por la actividad fotosintética de las plantas y el fitoplancton marino. El ciclo más lento es el biogeoquímico que es el responsable de regular la transferencia entre los suelos y la atmósfera. (Viñas, 2005)

En la tierra, el carbono se cicla a través de 4 depósitos: atmósfera, los suelos, los océanos y ambientes acuáticos, así como los sedimentos y las rocas. En los organismos, se encuentra principalmente el carbono en las plantas terrestres. Sin embargo, hay más carbono en la materia orgánica muerta que en los organismos vivos. (Frioni, 1999)

No obstante, estos ciclos deben mantenerse en equilibrio para mantener las condiciones de vida como son las condiciones climáticas como respiratorias. El carbono se almacena principalmente en el aire, en forma de CO₂ y en fondo de los océanos en forma de carbonatos, cuantitativamente el fondo de los océanos es el depósito más importante pero si se considera la dinámica del depósito el más abundante es el aire. (Gutiérrez & Albánchez, 2010)

Ilustración 1. Proceso del ciclo de carbono



Fuente: (Pedrinaci, Gil, & Carrión, Biología y Geología: Proyecto de Exosfera 2003)

4.4.1 Carbono

El ser vivo, necesita sustancias orgánicas para obtener la energía para vivir. Estas sustancias, están compuestas de carbono. Durante la respiración, parte del carbono consumido, es eliminado hacia la atmósfera en forma de dióxido de carbono. El resto del

carbono, pasa a formar parte de los organismos, y sirve de alimento para otros organismos.

El carbono está en constante circulación entre la materia muerta y vivas; las plantas fijan el carbono de la atmósfera y pasa a conformar su biomasa. Su tiempo de permanencia es menor cuanto menor es el depósito de carbono y cuanto mayor es el flujo de intercambio entre los distintos depósitos. (Montero et al., 2006) Sin embargo, el tiempo de permanencia en flores, frutos, raicillas oscila entre menos de un año; alrededor de cincuenta años en la madera y hasta miles de años en el humus de los suelos.

En los árboles se encuentra en grandes cantidades de carbono en las hojas, ramas rallo y raíces, además la biomasa de un árbol vivo contiene aproximadamente 25 % de carbono.

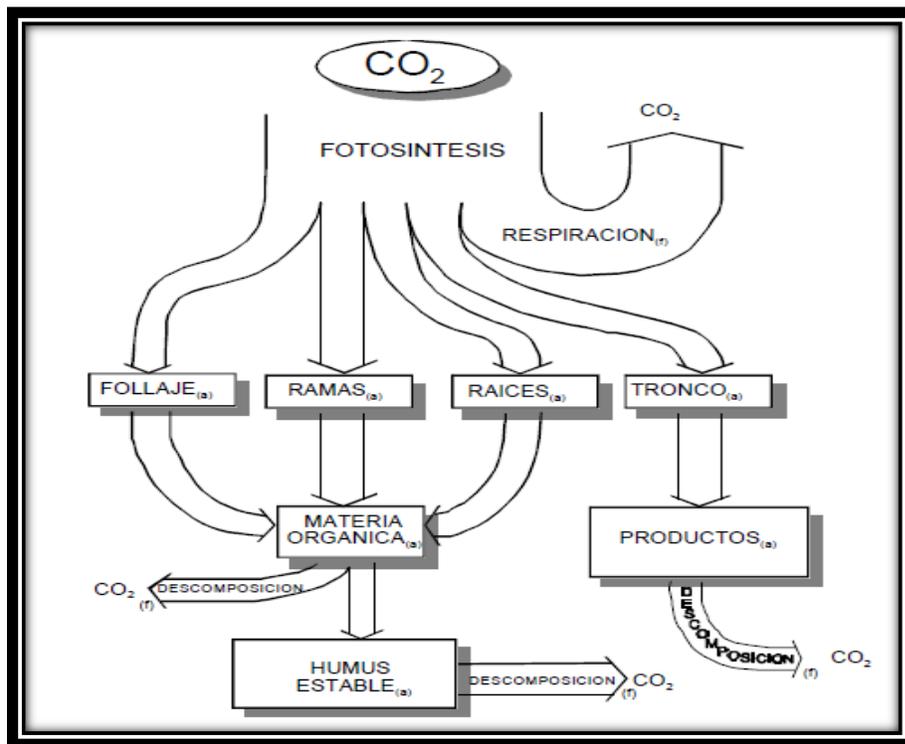
4.4.2 Carbono en ecosistemas forestales

Los ecosistemas forestales, se distribuyen en mayor proporción en los bosques tropicales con 42 %, bosques boreales con 33 % y en bosques templados se encuentran en un 25 %, se considera que los bosques intervienen con el 80 % del flujo del carbono que se da entre la vegetación, suelos con la atmósfera. Los bosques son el ecosistema que captura y conserva más el carbono que cualquier otro.(Pardos Carrión, 2010)

El proceso del carbono en los ecosistemas forestales inicia cuando el dióxido de carbono forma parte de los procesos metabólicos de los árboles mediante la fotosíntesis, dando lugar a que se produzca elementos para el desarrollo del árbol. A su vez el follaje, ramas, raíces, tronco, los productos y el humus se degradan aportando carbono al suelo y CO₂. (Benjamín Ordóñez & Masera, 2001) Es decir, por medio de la fotosíntesis los bosques absorben CO₂ de la atmósfera a medida que van creciendo, almacenando carbono en la biomasa de sus hojas, ramas, tallos y raíces mientras liberan oxígeno hacia la atmósfera.

La Ilustración 2. Presenta como es desarrollo del CO₂ al ingresar al ecosistema forestal.

Ilustración 2. Dinámica de los flujos (f) y almacenes (a) de carbono en un ecosistema forestal



Fuente: (Benjamín Ordóñez & Masera, Captura de carbono ante el cambio climático 2001)

El ecosistema forestal es fundamental debido a que son capaces de capturar y atrapar el CO₂, convirtiéndose en depósitos de carbono dando paso a que se descontamine el ambiente. No obstante, este proceso puede ser afectado por distintos factores negativos, tales como bajas temperaturas, baja luminosidad o la presencia de O₂ en los suelos anaeróbicos. (Jandl, 2003)

La cantidad de carbono en un ecosistema forestal que esta acumulado en el suelo y vegetación, varía entre ecosistemas y tipos de bosque. En otras palabras, en latitudes elevadas, con clima frío la materia orgánica se descompone lentamente; de tal manera, en bosques boreales⁶ el carbono en el suelo llega entre 80 y el 90 %; bosques en el trópico la temperatura acelera su descomposición y el carbono se divide en igual proporción entre suelo y vegetación. (Pardos Carrión, 2010)

4.4.3 Carbono almacenado

El carbono almacenado es la cantidad total de carbono contenido en la biomasa. Se genera cuando en un período de tiempo, el CO₂ se encuentra constituyendo la estructura del árbol hasta que es expulsado a la atmósfera o al suelo. Considera criterios como tipo de bosque o vegetación, densidad de la madera, datos de biomasa calculada por medio del volumen por hectárea de inventarios forestales.(Segura, 1997).

El carbono, por lo general se encuentra en cuatro grandes almacenes: biomasa viva por encima del suelo (vegetación) que tiene la función de incorporar carbono atmosférico por medio de la fotosíntesis; carbono del suelo producto de la desnitrificación y descomposición de materia orgánica; hojarasca y el sistema de las raíces. (Snowdon, Raison, & Heather, 2002).

Schlegel, en un estudio realizado en los bosques del tipo forestal siempre verde en la región centro-sur de Chile sobre cuantificación de la biomasa y el carbono en los bosques, establece que la cantidad de carbono almacenado es muy variable y depende del tipo y estado de desarrollo del bosque. (Schlegel, Gayoso, & Guerra, 2001)

⁶ Bosque boreal: franja de coníferas que se extiende a través de América del Norte, Europa y Asia.

De los tres estados de desarrollo del bosque como son: bosque en regeneración, bosques joven y bosque maduro, la tasa anual de acumulación de carbono encontrada entre la edad del estrato y la biomasa aérea indica que a medida que el bosque aumenta su estado de madurez, la tasa de acumulación de carbono decrece y aumenta a medida que disminuye su edad.(Calderón & Solís, 2012)

No obstante, la deforestación, la degradación y la ordenación forestal deficiente reducen la cantidad del almacenamiento. A nivel mundial entre los años 2005 y 2010, los depósitos de carbono en la biomasa forestal se disminuyeron en 0,5 gigatoneladas cada año debido a la reducción de los bosques.(FAO, 2011)

4.4.4 Carbono fijado

El carbono fijado o capturado, es una medida del flujo dinámico del crecimiento anual de la biomasa. Se toma en cuenta la biomasa total existente al momento de las mediciones iniciales de los árboles y se integra en el futuro con los datos de la tasa anual de crecimiento.(Manson, 2008).

Es decir su cuantificación permite predecir el comportamiento del carbono durante el crecimiento de la población, dependiendo de las características de la especie, tasa de crecimiento y longevidad, como también está basado de las condiciones del sitio, como la localización, clima y rotación.

4.5 BIOMASA ARBÓREA

En general la biomasa se refiere a la masa viva total en un espacio establecido (materia viva, materia orgánica muerta), es decir la biomasa es toda planta o materia que hay sobre la superficie incluyendo los organismos vivos de origen biológico.(Elías Castells, 2012).

La biomasa puede ser aprovechada como fuente de energía obtenida de residuos, sean estos ganaderos, agrícolas industriales, sólidos urbanos orgánicos, industrias, actividades forestales y microorganismos. Sin embargo, su aprovechamiento altera el medio ambiente, pero si se lo hace con moderación, resulta beneficiosa. (Seoáñez Calvo, 2013)

Por otra parte, la biomasa forestal se define como el peso de la materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo de la superficie del suelo, expresado en toneladas por hectárea. La dendrometría mide la biomasa forestal por secciones del árbol. Estimar la biomasa arbórea es fundamental para conocer la estructura, funcionamiento y dinámica en los sistemas forestales. (Montero, Ruiz-Peinado, & Muñoz, 2005)

La biomasa arbórea es un tipo de depósito de carbono muy importante debido a que contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo por medio de la acumulación de la materia orgánica. Además, realizar la medición de la biomasa arbórea permite establecer la cantidad de CO₂ que puede ser removido de la atmósfera por la reforestación. (Manson, 2008)

4.5.1 Tipos de biomasa arbórea

De acuerdo con la Guía de Buenas Prácticas del Uso de la Tierra, cambio del uso de la tierra y bosques (GBP - UTCUTS) del IPCC, son 4 los depósitos de carbono a considerar: 1. biomasa viva que comprende biomasa sobre el suelo, 2. biomasa subterránea, 3. materia orgánica muerta conformada por madera muerta y hojarasca, 4. suelos que la constituye la materia orgánica del suelo. (IPCC, 2005b)

A continuación, se determina como está compuesto cada uno de los tipos de biomasa arbórea y que incluye la medición, definida por las fuentes bibliográficas citadas anteriormente.

- **Biomasa sobre el suelo:** está conformado por toda la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo como los troncos, hojas, ramas y semillas. En la medición luego de calcular la biomasa en toneladas, se multiplica por el contenido de carbono por especie o tipo de bosques, comúnmente se utiliza el factor 0,5 ya que la materia vegetal seca contiene 50 % de carbono.
- **Biomasa subterránea:** se refiere a las raíces del árbol, realizar la medición de este tipo de biomasa es un proceso costoso para lo que se estima con un porcentaje de la biomasa árboles sobre el suelo (biomasa aérea). Se excluyen las raíces finas de menos de 2 mm de diámetro, debido que no se las identifica en la materia orgánica del suelo.
- **Biomasa de árboles muertos y troncos caídos:** es la madera que yace en la superficie, las raíces muertas y los tocones⁷; no se considera la hojarasca. Para la medición se utiliza funciones de biomasa de árboles vivos pero se toma en cuenta un factor de descuento alrededor del 70 % de la biomasa viva. Esto sucede porque los árboles muertos pasan por un estado de pudrición y pierden parte de sus hojas, ramas, corteza y raíces.
- **Biomasa en hojarasca:** la hojarasca se refiere a la materia orgánica que se encuentra en diferentes procesos de descomposición. Toma en cuenta, las capas de detritos y humus.
- **Biomasa en el suelo:** en el suelo la cantidad de carbono se encuentra en sus primeros 30 cm. Para cuantificar carbono en el suelo es necesario definir en el

⁷ Tocones: parte del tronco de un árbol que queda unida a la raíz cuando lo talan

laboratorio su densidad aparente⁸ y el contenido de carbono. La descomposición de los materiales orgánicos aumenta la cantidad de carbono almacenado en el suelo, que es mayor que la cantidad total que hay en la vegetación y la atmósfera.

4.5.2 Importancia de la biomasa arbórea

La biomasa arbórea en los sistemas forestales es muy importante debido a los servicios ambientales que brindan. Es por eso que se realiza la medición de la biomasa arbórea para determinar los almacenes de carbono y otros elementos, además esta medición indicará en los bosques cuanto carbono almacenado, fijado se encuentra en el área analizada y la cantidad potencial de carbono que va ser liberado a la atmósfera. (Schlegel et al., 2001) (Brown & FAO, 1997)

No obstante, con la medición se obtendrá conocimiento del comportamiento de cada tipo de biomasa independientemente de la especie, cabe recalcar que para análisis de compuestos de carbono se debe recurrir a la biomasa forestal ya que constituyen la mayor parte de los compuestos.

4.5.3 Métodos para determinar biomasa

Según, Brown 1997, para estimar la biomasa de un bosque existe los siguientes métodos:(Brown & FAO, 1997)

- **Método directo o destructivo**: consiste en cortar los árboles y pesar la biomasa de los fustes, ramas y hojas para luego secarla; incluyen mediciones en campo, cosecha y toma de muestras de la totalidad de la vegetación. Este método es el más costoso y requiere mayor tiempo.

⁸ Densidad aparente: es el peso secado al horno de un volumen conocido.

- **Método indirectos**: constan de modelos de regresión con variables obtenidas en el campo, se utiliza modelos de biomasa específicos para cada espécimen donde los valores de inventarios forestales como el diámetro a la altura del pecho y la altura, se transforma a biomasa con estos modelos. Es decir, se estima la biomasa por medio de cálculos de volumen a partir de mediciones directas en el campo, donde se cuantifica la densidad del área de estudio, medición de diámetros, altura y se calcula área basal.

En general, en la medición de biomasa, la medición de raíces representa un trabajo más extenso con un nivel no representativo para el estudio; entonces es recomendable utilizar valores reportados en estudios para los bosques.

4.6 MERCADO DE CARBONO

El mercado de carbono, se sintetiza en alcanzar un acuerdo entre un comprador y un vendedor de créditos de carbono. Quienes reducen emisiones o secuestran carbono reciben pagos y quienes tienen que reducir sus emisiones pueden comprar créditos de carbono para retribuir o compensar sus emisiones⁹. La moneda utilizada en los mercados de carbono son los créditos de carbono¹⁰. (FAO, 2010b)

Existen dos tipos de mercados de carbono: los de cumplimiento regulado que son utilizados por empresas y gobiernos que por ley deben rendir cuentas de sus emisiones de GEI; y los mercados voluntarios se produce sobre una base facultativa. En el 2008, se comercializó 119 000 millones de dólares por parte de los de cumplimiento regulado y 704 millones por el mercado voluntario.(Hamilton, Sjardin, Shapiro, & Marcello, 2009)

⁹ Compensación de carbono: implica compensar las emisiones que no pueden evitarse pagando para que alguien ahorre – secuestro – GEI.

¹⁰ Créditos de carbono: moneda para comerciar las emisiones de carbono. La unidad para un crédito de carbono es equivalente a la emisión de una tonelada de CO₂.

En base a los mercados de carbono y con el objetivo de reducir el costo del cumplimiento de reducción de los GEI, en la Tercera Convención COP3 realizada en Japón en el año 1997 se determinaron tres Mecanismos de Flexibilidad: Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), Comercio de emisiones (CE), Implementación conjunta (IC).

Los tres mecanismos de flexibilidad, funcionan de distinta manera. La IC y los MDL son mecanismos “basados en proyectos”, debido a que financian proyectos actuales. IC respalda a los proyectos en Europa del este y la ex Unión Soviética, en cambio los MDL se aplica en países en vía de desarrollo que no cuenten con limitación de emisiones de GEI. (CDM Watch, 2010)

4.6.1 Mecanismo de Desarrollo Limpio

El Artículo 12 del Protocolo de Kioto, establece el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en donde propone a los gobiernos o entidades privadas de países industrializados a implementar proyectos de reducción de emisiones en países en vías de desarrollo. (ONU, 1998). Su objetivo es ayudar a los países en desarrollo a alcanzar un desarrollo sostenible mediante la generación de inversiones ambientalmente amigables por parte de los gobiernos o empresas de los países industrializados para que produzcan “reducciones certificadas de emisiones” (CER) para el uso del inversionista. (PNUMA, 2004)

Como se indica el MDL es un mecanismo basado en desarrollo de proyectos en donde los países en desarrollo deben presentar reducciones reales, medibles y de largo plazo; los proyectos están basados en la implementación de energías renovables, racionalización del uso de la energía, actividades de forestación y reforestación, servicios urbanos eficientes. (Fronidizi & Vergarra, 2009)

Los créditos de carbono en los proyectos MDL, se denominan Certificados de Reducción de Emisiones (CER, por sus siglas en inglés), éstos son medidos en un equivalente a toneladas métricas de CO₂.

Por sectores, los proyectos que se desarrollan en los MDL son los siguientes:(MINAM, 2011)

- **Distribución de energía:** proyectos de eficiencia energética reduciendo la cantidad de combustible fósil.
- **Demanda de energía:** proyectos de eficiencia energética en la producción de vapor o eficiencia energética de tecnologías para edificios, casa o industria agrícola.
- **Industrias de la energía:** proyectos de generación de electricidad provenientes de fuentes renovables como eólica, solar, biomasa, geotérmica, hidroeléctrica y mareomotriz.
- **Industria manufacturera:** proyectos de mejora en el proceso productivo.
- **Industria química:** proyectos de cambio en el proceso productivo y tratamiento de aguas residuales
- **Transporte:** proyectos que promueven el uso de vehículos eficientes o el uso de combustibles alternativos que generen menores emisiones.
- **Minería y producción de minerales:** proyectos para el aprovechamiento de los gases para la generación de electricidad.

- **Forestación y reforestación:** proyectos de forestación y reforestación de los sistemas forestales.
- **Agricultura:** proyectos de combustión controlada de la biomasa, recuperación de las emisiones de aguas residuales y sustitución de las plantas de tratamiento anaeróbicos con procesos aeróbicos.

4.6.1.1 Certificado de reducción de emisiones

Los Certificado de reducción de emisiones (CER) permiten que los países en desarrollo, puedan ganar una cantidad de CER para que sean vendidos en los países industrializados, parte de estos proyectos son instalaciones hidroeléctricas, proyectos de aumento del nivel de eficiencia energética o para reducir los GEI. Luego se adicionaron a los CER proyectos de forestación y reforestación siendo de modelo para el desarrollo del sistema de pago por servicios ambientales¹¹ (PSA). Los proyectos atraviesan un proceso para ser aprobados, este se realiza para comprobar si el proyecto reduce las emisiones reales, medibles y adicionales a las que hubiera sido sin la existencia del proyecto.

4.6.2 Comercio de emisiones

El Comercio de emisiones (CE) permite que los países transfieran unidades de emisión sobrantes para venderlos a los países industrializados que tengan sus derechos de emisión por debajo de los límites permitidos y que han excedido sus niveles en un período de cumplimiento dado.

¹¹ PSA: sistemas mediante los cuales los beneficiarios de servicios generados por un ecosistema pagan a quienes los gestionan, para asegurar la continuidad de los servicios

4.6.3 Implementación conjunta

La implementación conjunta (IC), permite que un país que se haya comprometido a reducir sus emisiones gane unidades de reducciones de las emisiones generados en un proyecto de reducción o eliminación de las emisiones, cada una equivale a una tonelada de CO₂. El IC beneficia a los países un medio flexible y rentable para cumplir sus compromisos de reducción, al mismo tiempo que los países donde se realizan los proyectos se benefician de inversión extranjera y tecnología.

4.6.4 Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación

En los últimos tiempos, se ha presentado niveles muy altos de deforestación y degradación forestal debido a la tala legal e ilegal de los bosques y asignación de bosques para explotación agrícola a gran escala. Como respuesta a que este problema el Programa de las Naciones Unidas crea el programa para la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación (REDD) de los bosques o el acrónimo REDD + que fue creado en el año 2008 con el objetivo de beneficiar a los países en desarrollo a mejorar su capacidad de reducir emisiones y participar en un futuro mecanismo de REDD.(ONU - REDD, 2010).

REDD es el mecanismo de mitigación del cambio climático que integra actividades para reducir la deforestación y degradación, Además de la conservación, manejo sostenible y mejoramiento del stock de carbono¹². El “+” se cita para referirse a actividades de conservación, manejo forestal sostenibles e incremento de reservorios de carbono forestal.

De hecho, REDD + paga por no agregar carbono a la atmósfera a través de la deforestación y mantenerlo captado, la deforestación ayuda con un 20 % del total de

¹² Stock de carbono: reserva de carbono que almacenan los bosques.

emisiones de gases de efecto invernadero más que el total de emisiones del sector de transporte del mundo. Según los métodos de contabilización del carbono, la conservación de los bosques es un elemento principal ante la solución a los problemas del cambio climático. (UNEP, 2007)

El programa abarca las siguientes acciones: reducción de emisiones causadas por la deforestación y degradación de bosques; conservar las reservas existentes de los bosques, es decir manteniendo los bosques en los países que tiene una tasa baja de deforestación; gestión sostenible de los bosques y el aumento de reservas de carbono. De tal manera este mecanismo se suma la importancia que tiene los bosques para mitigar el cambio climático y la conservación de este ecosistema en la vinculación de la riqueza de la biodiversidad, regulación del sistema hídrico y en el soporte de vida de las comunidades.

4.6.4.1 ECUADOR Y REDD +

En el Ecuador, la implementación sobre el mecanismo de reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD +) se inicia en el año 2009, por parte del Ministerio del Ambiente. En el país, REDD + es una oportunidad para conseguir recursos financieros por reducir las emisiones GEI relacionadas a la deforestación y degradación de bosques, además para que se considere el valor que tiene el bosque en pie. Por el contrario, el país no solo busca el financiamiento externo, sino también ha hecho esfuerzos por medio del Programa Socio Bosque para la conservación de ecosistemas nativos, logrando conservar alrededor de un millón de hectáreas en el país. Igualmente, los diferentes ecosistemas se conservan en el Sistema Nacional de Áreas protegidas, la implantación de políticas de conservación, manejo forestal sustentable y REDD +. (MAE, 2012a)

Como parte de las acciones de la implementación del mecanismo REDD + en el Ecuador, la Subsecretaría de Patrimonio Natural (SPN) del MAE, ha desarrollado el Modelo de Gobernanza Forestal (MGF), que busca manejar los recursos forestales con criterios de sostenibilidad social, económica y ecológica. El MGF se basa en cinco puntos principales para el uso sustentable de los recursos forestales del país: sistema de incentivos (Socio Bosque), sistema de información forestal, sistema y administración y control forestal, ordenamiento forestal, investigación, capacitación y difusión. (MAE, 2011)

De la misma manera, en el país se ha implementado actividades como: determinar la tasa actual de deforestación, caracterizar los bosques, determinar las reservas de carbono, asegurar beneficios múltiples sociales y ambientales, diseñar un programa de participación sobre REDD + para la sociedad civil y los pueblos indígenas.

4.7 BOSQUES NATIVOS

En general, el Marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, considera al bosque como un área superior a 0,5 ha, dotadas de árboles con una altura mayor a los 5 m y una cobertura de copas que supera el 10 %. Áreas que se encuentran en proceso de reforestación y que aún deben alcanzar una densidad de copa del 10 % o una altura de 5 m, que ocupan áreas temporáneamente desprovistas de existencias debido a la intervención humana o a causas naturales, las cuales se espera se regeneren. (FAO, 2004a)

La FAO calculó para el año 2012, que el área total de bosque en el mundo cubría 4 000 millones de hectáreas, lo que significa un promedio de 0,6 hectáreas de bosque per cápita. Los cinco países con mayor área de bosque son: Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos y China. En el mundo, los bosques almacenan más de 650 000 millones de toneladas de carbono en un 44 % en la biomasa un 11 % en la madera muerta y hojarasca y un 45 % en el suelo. (FAO, 2010a)

El bosque nativo o de origen natural, es un ecosistema arbóreo primario o secundario, regenerado por sucesión natural que se caracteriza por la presencia de árboles de distintas especies nativas, edades y alturas variadas, con uno o varios estratos.

Las características del bosque nativo, se basan en tener un dosel¹³ completamente cerrado y algunas capas de sotobosque. El suelo se encuentra normalmente libre de vegetación densa, debido a que el dosel permite la penetración de poca luz, lo que es necesaria para el crecimiento de las plantas.

Se calcula que más de un tercio, es decir el 36 % del área total de superficie boscosa en el planeta, corresponde a bosque nativo en donde se puede notar que no existe actividad humana. Cabe destacar, que la mayor extensión de bosque nativo primario, se encuentra en Sudamérica específicamente en la Amazonía. Los bosques nativos primarios, principalmente los bosques tropicales húmedos, contienen la mayor riqueza de especies y diversidad de ecosistemas terrestres. (FAO., 2010)

El bosque nativo, a través del tiempo ha sido utilizado como un aporte para desarrollo de los pueblos, como fuente de materia prima para la generación de calefacción, fabricación de casas, puentes, elaboración de papel, como también, se ha aprovechado para la obtención de medicinas, frutos comestibles y se ha sustituido para cultivos agropecuarios extensivos.

El aprovechamiento de la madera de los bosques nativos, se encuentra regulado por elementos técnicos que abarcan un plan de manejo integral mediante zonificación de uso, la definición de zonas de protección permanente, proporción máxima permitida del área basal de los bosques, diámetros mínimos de corta de individuos para las distintas

¹³ Dosel: parte frondosa de los árboles

especies forestales, determinación de especies de aprovechamiento condicionado. (Grijalva, Galindo, & Añazco, 2012)

4.7.1 Importancia de los bosques ante el cambio climático

Como se indicó en el acápite relacionado al cambio climático y efecto invernadero, el cambio climático se origina por el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Al respecto, son distintos los gases de efecto invernadero cuya concentración está en aumento pero el dióxido de carbono es el gas de mayor concentración.

La importancia de los bosques ante el cambio climático, radica en que los árboles utilizan la fotosíntesis para absorber CO₂ y transformarlo en los distintos compuestos orgánicos que forman parte de la materia vegetal de los árboles como la madera, corteza y las hojas. Esta transformación disminuye la cantidad de CO₂ que debería ser emanada a la atmósfera.

El IPCC, estima que un 25 % de toda la absorción de CO₂ de la atmósfera lo realizan los bosques. Cuando este ecosistema es perturbado y las plantas mueren, la materia vegetal se descompone o se quema y el CO₂ se libera a la atmósfera. Este mismo organismo, reporta que un rango de 10-20 % de todo el CO₂ liberado es de origen de cambios de uso del suelo y específicamente de la degradación y pérdida de los bosques.

De tal manera, el conservar el carbono de los bosques o reducir la tasa con que se emite en forma de CO₂ puede disminuir considerablemente las emisiones globales de GEI. No obstante, la aplicación de proyectos de reforestación y conservación de bosques aumentará la cantidad de absorción de CO₂ y reducirá la concentración total de GEI en la atmósfera.

En el Ecuador las reservas de carbono en la biomasa tiene un total de 1,63 giga toneladas (Gt), más de 1 Gt de este carbono está almacenado en área que son clasificadas como densidad de carbono alto y muy alto. Cabe destacar, que la Amazonía ecuatoriana, cubre aproximadamente un tercio del área continental del Ecuador, almacena el 58 % del carbono de la biomasa total del país, mientras que la regiones: Interandina y Costa, almacenan el 28 % y 13 % respectivamente.(Bertzky et al., 2011)

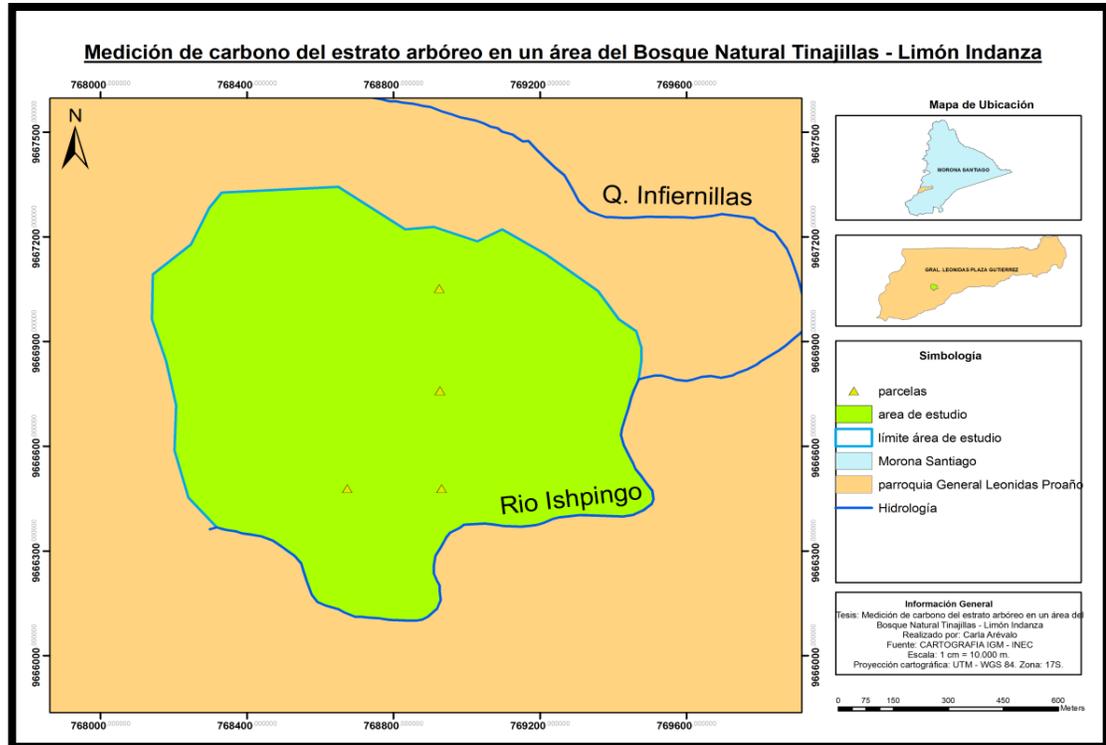
CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO

5.1 ANÁLISIS DE ÁREA DE ESTUDIO

5.1.1 Ubicación del área de estudio

La presente investigación, se realizó en el bosque natural Tinajillas, comprendido entre las parroquias Indanza y General Leónidas Plaza, pertenecientes al cantón Limón Indanza provincia Morona Santiago. La representación del área de estudio, se indica en la *Ilustración 3*:

Ilustración 3. Mapa del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”



Fuente: Cartografía IGM - INEC

Elaboración: La autora

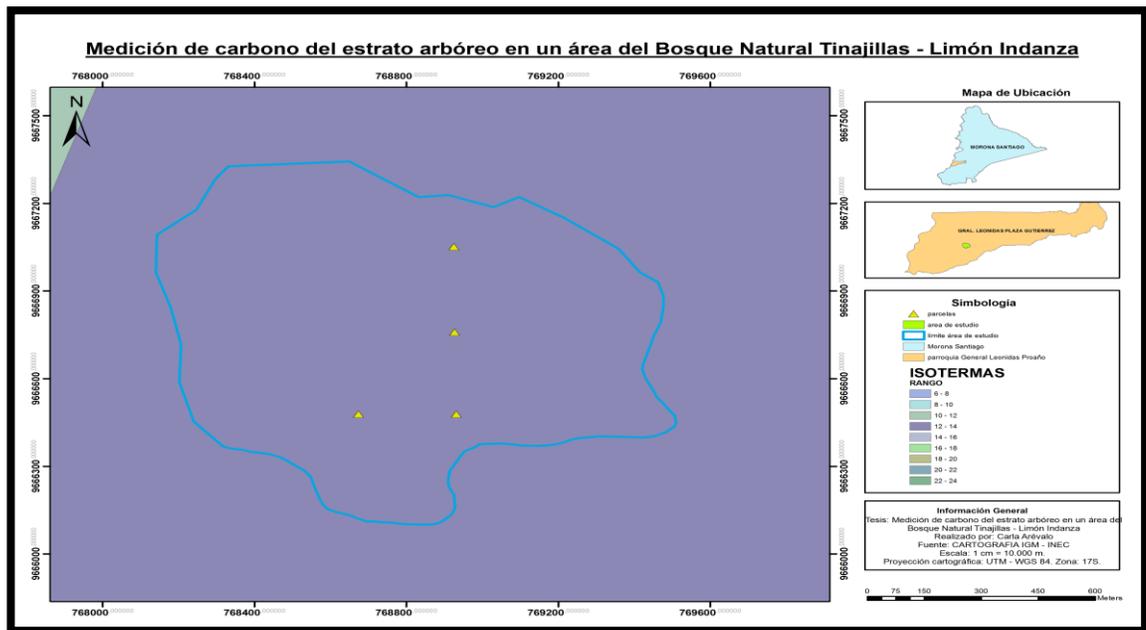
El área de estudio consta de 118 hectáreas y se encuentra limitada al Norte con por la quebrada Infiernillas y al Sur, Este y Oeste por el Río Ishpingo. El bosque en mención forma parte del Área de Conservación Municipal Tinajillas Río Gualaceño (en adelante AECMTRG).

5.1.2 Clima

El clima presente en el área de estudio del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza se presenta de la siguiente forma:

- **Isotermas:** El mapa de isotermas representa la temperatura que se produce en el área de estudio, como indica la *Ilustración 4*. (Ver en mayor detalle Anexo 1).

Ilustración 4. Mapa de Isotermas del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”



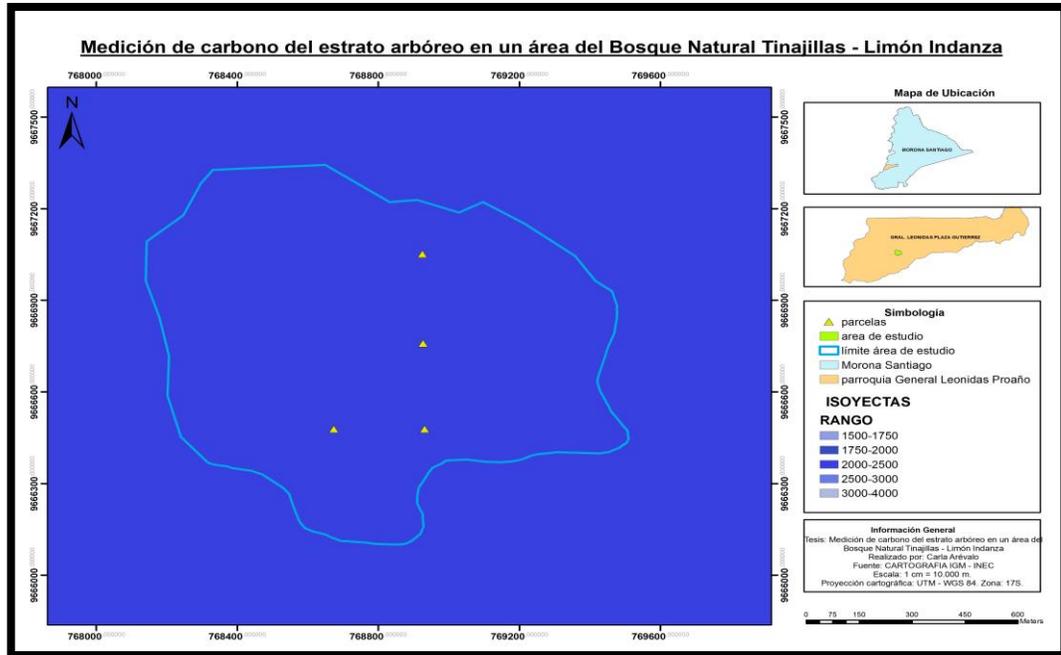
Fuente: Cartografía IGM - INEC

Elaboración: La autora

Como se desprende de la ilustración anterior, la temperatura del área de estudio oscila entre el rango de 12 a 14 °C.

- **Isoyetas:** El mapa de isoyetas, indica el régimen de la precipitación que ocurre en el área de estudio, como se observa en la *Ilustración* siguiente: (Ver en mayor detalle Anexo 2).

Ilustración 5. Mapa de Isoyetas del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”



Fuente: Cartografía IGM - INEC

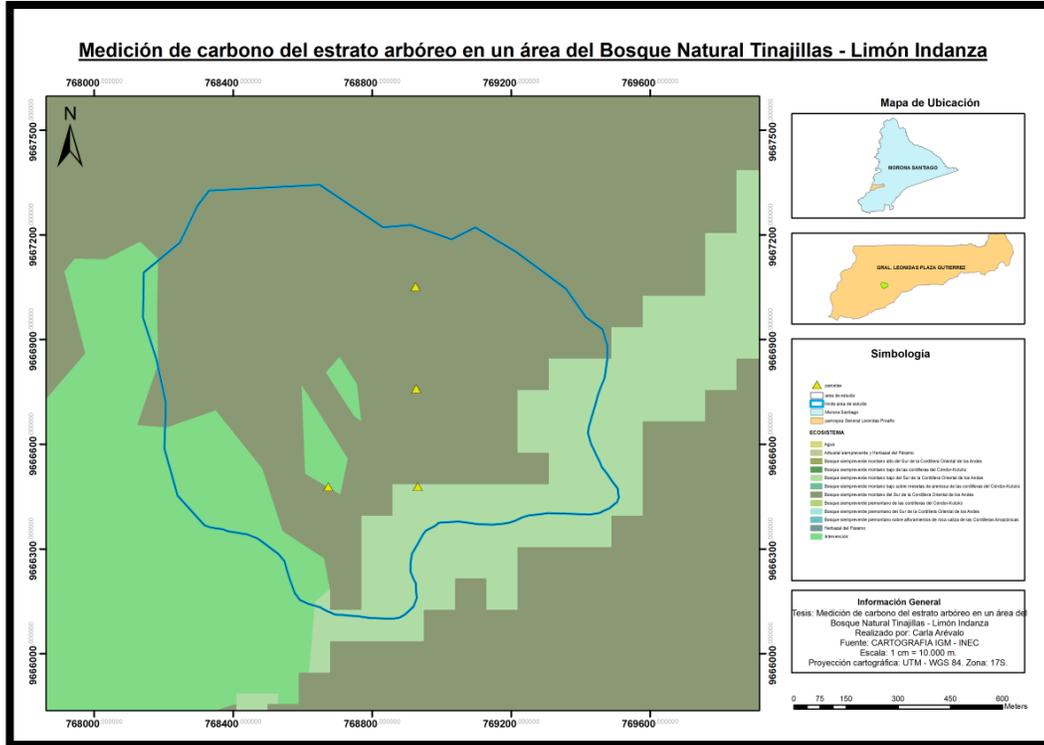
Elaboración: La autora

La precipitación en el área de estudio, se produce un régimen homogéneo en intensidad de precipitaciones con promedios máximos anuales de 2 000 A 2 500 mm.

5.1.3 Ecosistema

El bosque natural Tinajillas, está caracterizado por formaciones vegetales, mismas que se destacan a continuación en la *Ilustración 6*.

Ilustración 6. Mapa de ecosistemas del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”



Fuente: Cartografía IGM - INEC

Elaboración: La autora

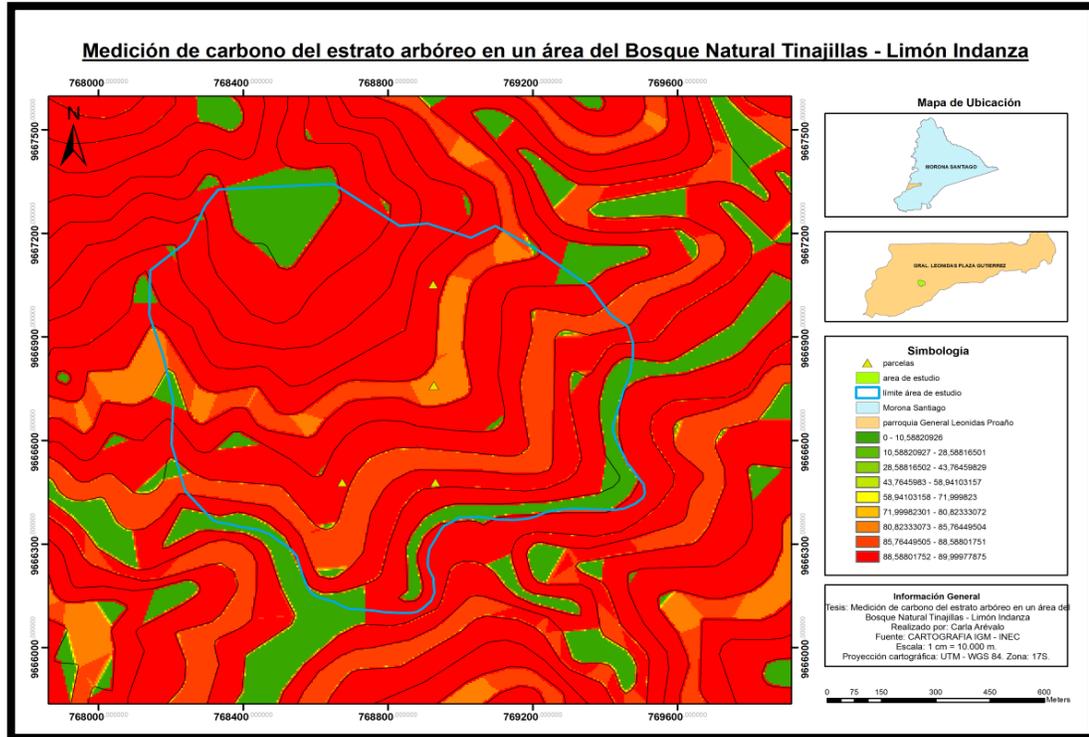
En el área de estudio, se tiene los siguientes ecosistemas:

- 1.- Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes en su mayoría,
- 2.- Bosque siempreverde montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes y una parte con ecosistema de Intervención.

5.1.4 Suelo

- **Pendiente:** La pendiente es una forma de estimar el grado de inclinación del terreno. A mayor inclinación mayor valor de pendiente. En el área de estudio se presenta pendientes fuertes como se observa en la *Ilustración 7*. (Ver en mayor detalle Anexo 3).

Ilustración 7. Mapa de Pendientes del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”



Fuente: Cartografía IGM - INEC

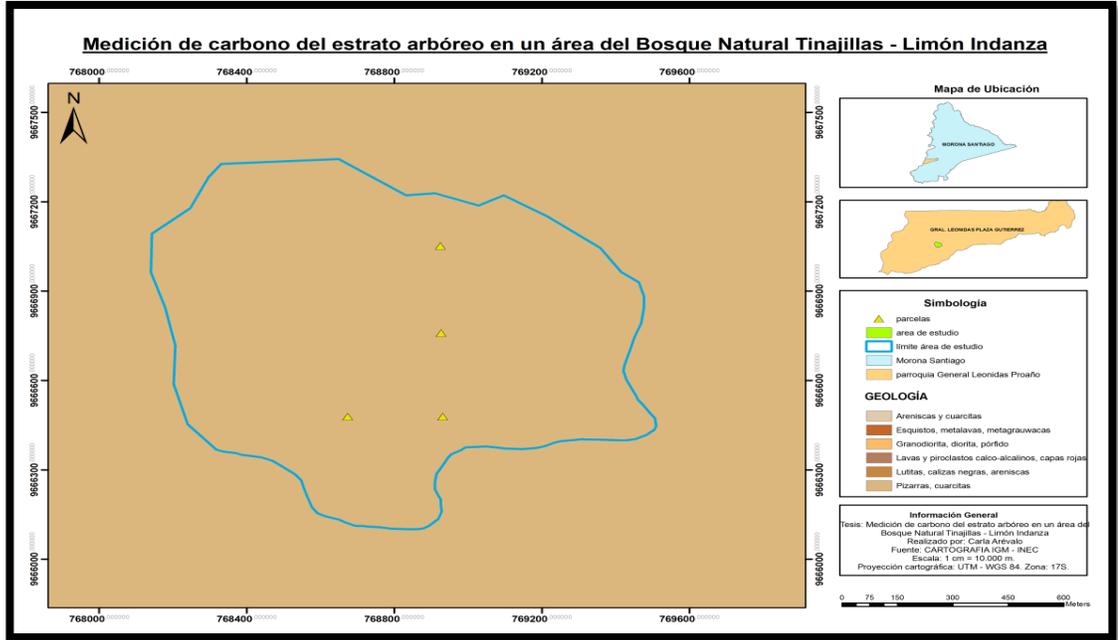
Elaboración: La autora

La pendiente se encuentra en los valores más altos de inclinación, ésta oscila entre 80 % a 90 %, la mayor parte del área está caracterizada por una pendiente que corresponde al 90 %.

5.1.5 Geología

La geología se indica en la ilustración siguiente: (Ver en mayor detalle Anexo 4).

Ilustración 8. Mapa de Geología del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”



Fuente: Cartografía IGM - INEC

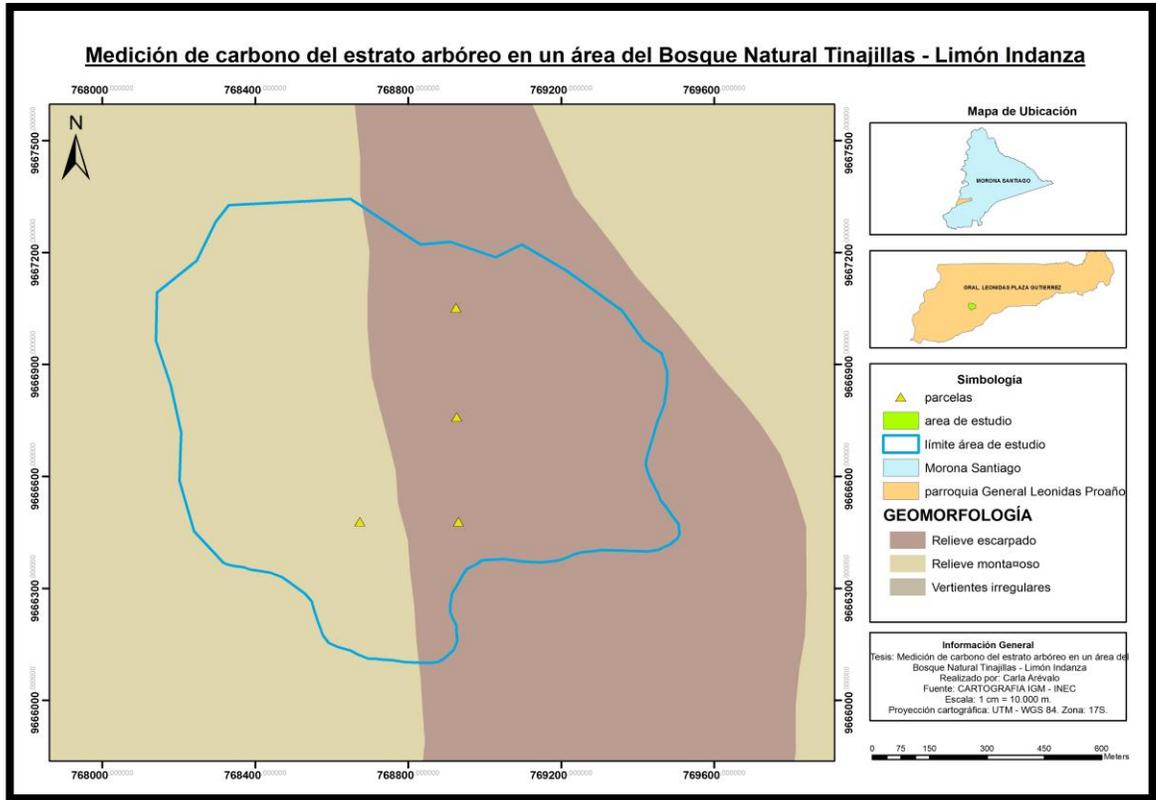
Elaboración: La autora

Como indica la *Ilustración 8*, el área de estudio se encuentra en su totalidad en una zona con geología de pizarras, cuarcitas.

5.1.6 Geomorfología

La geomorfología que se verifica en el área de estudio se muestra en la siguiente ilustración: (Ver en mayor detalle Anexo 5).

Ilustración 9. Mapa de Geomorfología del área de estudio de la “Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza”



Fuente: Cartografía IGM - INEC

Elaboración: La autora

El área de estudio se tiene dos tipos de geomorfología, estos son: relieve montañoso y escarpado.

➤ **Uso actual del suelo**

Esta área pertenece a un Bosque Protector, se encuentra bajo la responsabilidad del Municipio de Limón Indanza, las autoridades tienen un constante control de la zona con vigilantes capacitados para su control. No obstante, existen actividades productivas de alto impacto como la ganadería expansiva desarrollada principalmente en la parte baja del área protegida.(MAE, 2014). Vale destacar que esta zona es la de mayor importancia, debido a que existe mayor presencia del bosque, los árboles alcanzan

alturas que superan los 15 m. Los árboles crecen en forma enmarañada, sobre pendientes que alcanza hasta el 60 %.

5.1.7 Flora y fauna

El Plan de Manejo de Área Ecológica de Conservación Municipal Tinajillas-Río Gualaceño (AECMTRG) del 2014, detalla las especies de flora y fauna actual en el AECMTRG. Con respecto a la fauna existen especies de diferentes clases como: avifauna, mastofauna, reptiles y anfibios. Al respecto, se registraron 284 especie de aves pertenecientes a 41 familias y 17 ordenes; de estas 17 son endémicas y 13 migratorias. Las especies de avifauna más abundantes en AECMTRG son las de la familia Thraupidae y Trochilidae.

En relación a mastofauna, se han registrado 28 especies de mamíferos agrupadas en 20 familias y 9 subordenes. El orden de mayor número de familias son carnívoros como los Cánidos (Lobos de páramo), Felinos (puma, tigrillo, gatos de monte); roedores como la familia Cuniculidae (guanta, sacha cuy). Reptiles y anfibios se han registrado dos especies de anfibios y tres de reptiles, se destaca a la especie de jambato (*Atelopus* sp.) que es la especie símbolo del AECMTRG.

Respecto de la flora, se han registrado 246 especies de plantas grupadas en 56 familias y siete formas de vida (árbol, arboles, arbusto, epifitas, herbácea, subarbusto, trepadora). Con mayor número se encuentra a la familia Pteridophyta con 44 especies y la familia Orchideaceae con 20 especies.

5.2 ESTRATIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Previo a la estratificación del área de estudio, se definió los límites de la investigación. Para el efecto, se requirió mapas topográficos del área objeto de estudio. Luego se

definió el perímetro del área por medio de georeferenciamiento, utilizando herramientas de Sistema de Información Geográfico (SIG) y cartografía.

La “Guía para la determinación de carbono en pequeña propiedades rurales”(Rügnitz Tito, Chacón León, & Porro, 2012), recomienda realizar una pre - caracterización de área de estudio para establecer mayor confianza en la obtención y representación de resultados. De tal manera que para la pre – estratificación y estratificación, se realizaron los siguientes pasos:

Paso 1. Se consideró factores fundamentales en la influencia de la cantidad de carbono en el área de estudio, tales como:

- Área con similares prácticas de manejos e historial del uso de suelo
- Características del suelo
- Microclima
- Pendiente del área
- Especies arbóreas
- Edad del bosque

Paso 2. Se recolectó información local sobre los factores fundamentales del paso anterior, tomando en cuenta las siguientes variables:

- Tipo de uso de suelo
- Tipo de vegetación
- Tipo de suelo
- Historial del área
- Ocurrencia de bosque protector

Paso 3. Se realizó una estratificación preliminar: está encaminada en forma jerárquica de acuerdo a la importancia de los factores fundamentales en relación a los cambios en la cantidad de carbono o el nivel de diferencia de los factores fundamentales en el área de estudio.

Paso 4. Se elaboró un mapa de estratificación del área de estudio.

5.2.1 Determinación del diseño del sitio de muestreo

Para la definición del tipo y diseño de muestreo se procedió de la manera siguiente:

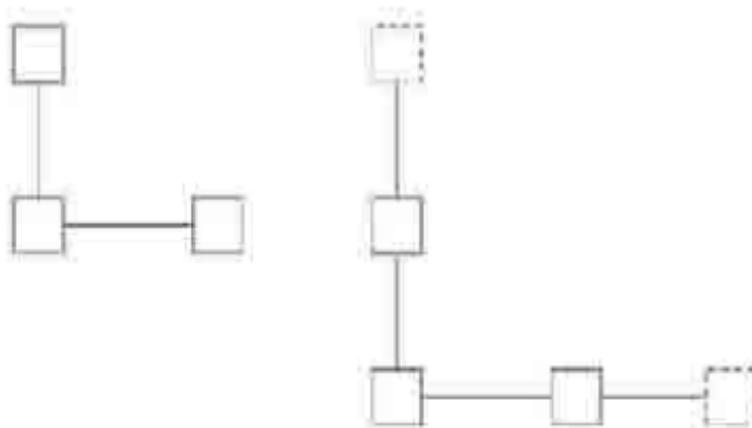
a. Tipo de parcela

Para la determinación de la cantidad de carbono es prácticamente inalcanzable medir toda la biomasa existente, por cuestiones de tiempo, costo y confiabilidad. Por lo tanto, se recurrió a la técnica de muestreo. En donde se aplica un sistema pre establecido de muestras. Es considerado como idóneo para indicar el universo investigado (población). Se trabajó en parcelas tipo permanentes por ser más eficientes y para realizar mediciones posteriores, a fin de determinar la dinámica respecto de la fijación de carbono.

b. Diseño de muestreo

Se instaló 1 conglomerado, conformado de 4 parcelas, cada una de 60 x 60 m, localizadas en forma de “L”. Dicho conglomerado, fue implementado para una superficie de aproximadamente 100 hectáreas, como indica el Manual de Campo para la Evaluación Nacional Forestal 2012:(MAE, 2012b).

Ilustración 10. Ilustración de conglomerado en forma de “L”



Fuente: Manual de Campo, Evaluación Nacional Forestal, MAE 2012, Ecuador

- **Medición para el diseño de la parcela**

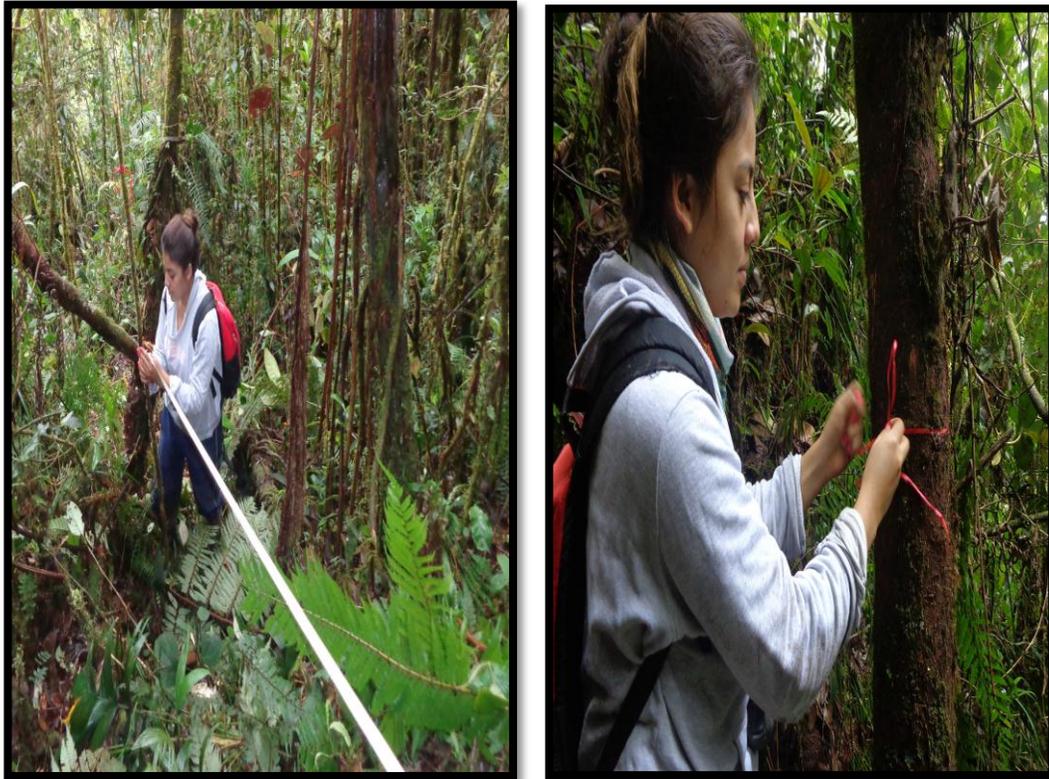
Las parcelas fueron medidas con respecto a un plano horizontal, con dimensión de 60 x 60 m, como el terreno es irregular se consideró los factores de corrección de pendientes establecidas por la FAO. (Ver Anexo 8). Para establecer las parcelas, previamente se identificó mediante el programa Arcgis y GPS la ubicación de las parcelas y se determinó el punto central de cada parcela para que sirva de referencia desde el cual la localización de las esquinas y los límites de cada parcela, fueron determinados en el área de estudio.

- **Instalación de la parcela**

Las parcelas, se proyectaron utilizando el método de faja o carril, estas son cuadradas de tal manera que los extremos de la parcela estén en línea con los cuatro puntos cardinales, para lo cual se utilizó la brújula para determinar la dirección. Se midió las distancias con cinta métrica, en donde cada esquina fue marcada con una estaca. Las parcelas se

componen de 3 carriles de 20 x 60 cada una. Se utilizó la brújula para obtener los ángulos de 90° que confirman que las parcelas están cuadradas.

Ilustración 11. Medición de distancias para implantar las parcelas



Fuente: La Autora

- **Medición de árboles**

Las mediciones de los árboles, en su totalidad en las parcelas fueron medidos los individuos con DAP ≥ 10 cm. El procedimiento de la medición consistió en iniciar desde el carril 1 con una parcela de 20 x 60 m.

- **Efecto de borde de las parcelas**

Se midió los árboles que se ubican dentro de la parcela a los 10 m con su eje central y no se tomó en consideración a los árboles que se ubican a más de 10 m fuera de la parcela con su eje central.

5.2.2 Determinación del depósito de carbono a medir

La determinación del depósito de carbono medido, dependió del costo – beneficio de realizar el muestreo, también se basó en resultados de los estudios de medición de carbono confiables, realizados para las diferentes especies y depósitos de carbono presentes en este tipo de bosque. El principal referente, fue la información proporcionada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

5.3 MENSURACIÓN FORESTAL

La finalidad de la mensuración forestal, fue para obtener la base de datos para la estimación de la cantidad de carbono. Para esto, se empleó el método no destructivo que implicó realizar mediciones directas en el campo, donde se midió los diámetros a la altura del pecho de los árboles, altura del fuste de los árboles, para luego en base a esta mensuración calcular: área basal, volumen, biomasa forestal, carbono almacenado y CO₂ almacenado. (Russo, 2009)

5.3.1 Materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados para la medición forestal en el proceso de levantamiento de la información, son los siguientes:

Equipos

- GPS
- Brújula
- Clinómetro
- Cámara de fotos

Materiales

- Estacas de madera
- Mapas con la ubicación de conglomerados y parcelas
- Formularios de campo
- Tablero para portar formularios
- Cinta vinílica fluorescente no biodegradable
- Cuadro para corrección de pendientes
- Cuadro con clasificación de uso de la tierra
- Mochilas para instrumentos de medición y formularios
- Machetes
- Lápices, lapiceros
- Placas de hojalata de 10 x 10 cm para marcar el punto permanente
- Pintura de caucho en spray color naranja.
- Cinta métricas (de 50 m, 30 m)

5.3.2 Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP)

El diámetro de los árboles es medido con la corteza, a la altura del pecho (1,30 m) determinando a este diámetro como DAP. Es una de las mediciones más comunes y elementales requeridas en mediciones forestales en todo el mundo.

El valor de altura para la medición de 1,30 m sobre el suelo es la medida estándar reconocida internacionalmente. Las mediciones de DAP, son utilizadas para calcular el volumen de madera, área basal, y biomasa sobre el suelo (carbono) de cada árbol y posteriormente el valor de un bosque o un área en estudio. (Imaña, 1998) (Walker et al., 2011). Este valor es utilizado para determinar el diámetro en el tronco de un árbol o también para medir la circunferencia del tronco, es decir, la distancia alrededor del tronco.

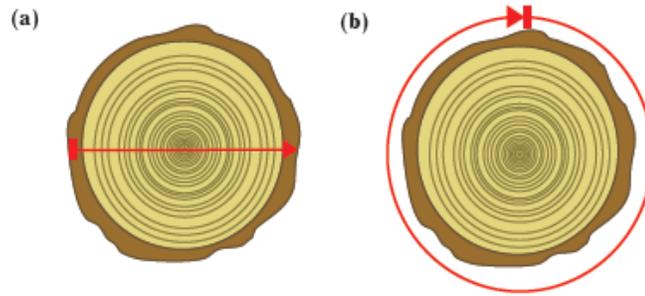
Ilustración 12. Medición del diámetro en el campo y registro de datos



Fuente: La autora

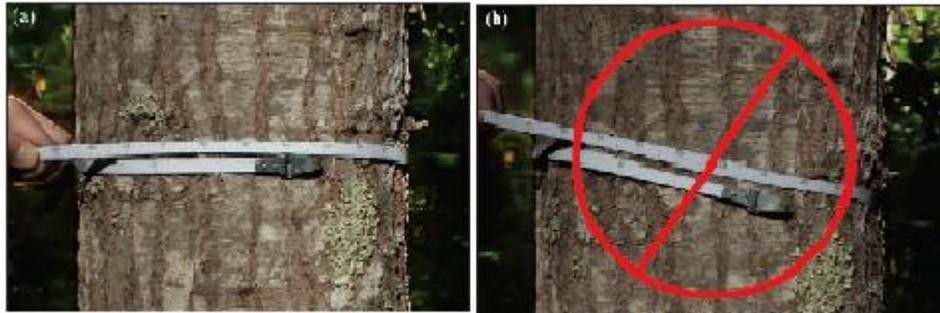
Para la medición del diámetro, se utilizó cinta métrica y se comprobó los datos con cinta diamétrica. Con la cinta métrica se obtuvo datos de la circunferencia a la altura del pecho (CAP) del árbol, posteriormente se convirtió el valor de la circunferencia al DAP. Se tomó en cuenta que al momento de la medición la cinta, este en posición nivelada mientras está alrededor del árbol.

Ilustración 13. Diámetro del tronco (a). Circunferencia del tronco (b)



Fuente: Walker et al., Guía de campo para la Estimación de biomasa y carbono forestal, Massachusetts, USA. 2011

Ilustración 14. Medición correcta de medir DAP (a), Incorrecta (b)



Fuente: Walker et al., Guía de campo para la Estimación de biomasa y carbono forestal, Massachusetts, USA. 2011

La conversión se la realizó por medio de la siguiente formula:

$$DAP = CAP/\pi$$

En donde:

DAP = Diámetro a la altura del pecho

CAP = Circunferencia a la altura del pecho

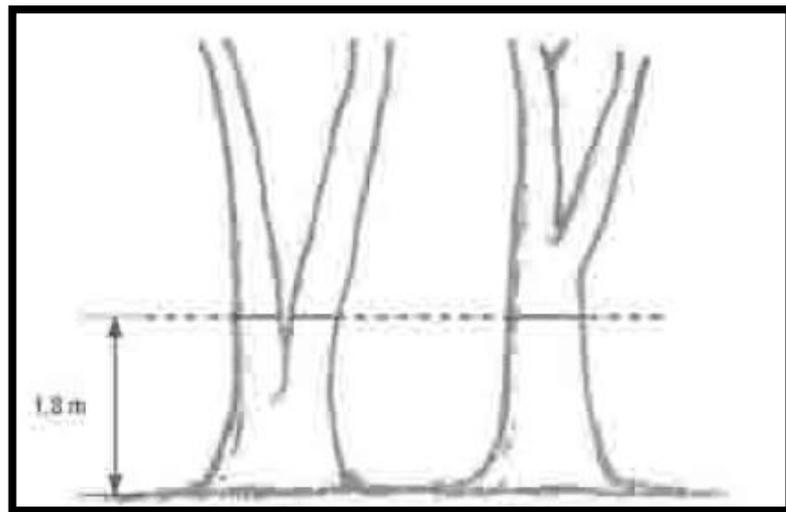
$$\pi (Pi) = 3,1416$$

Cada árbol se registró en orden de numeración en el formulario de recolección (Ver en mayor detalle Anexo 7) según el orden que fue medido en la parcela, así sean árboles individuales, bifurcados, trifurcados o con más divisiones.

Para los árboles bifurcados, trifurcados o con más divisiones, se midió el punto donde el árbol se divide. Los rebrotes de árboles también fueron considerados como árboles y aplica las mismas condiciones.

Si la bifurcación estuvo arriba de 1,3 m, el árbol fue considerado como uno solo, sin embargo, la medición del diámetro se realizó debajo de la bifurcación si se encontraba a 1,3 m de altura. (MAE, 2012b)

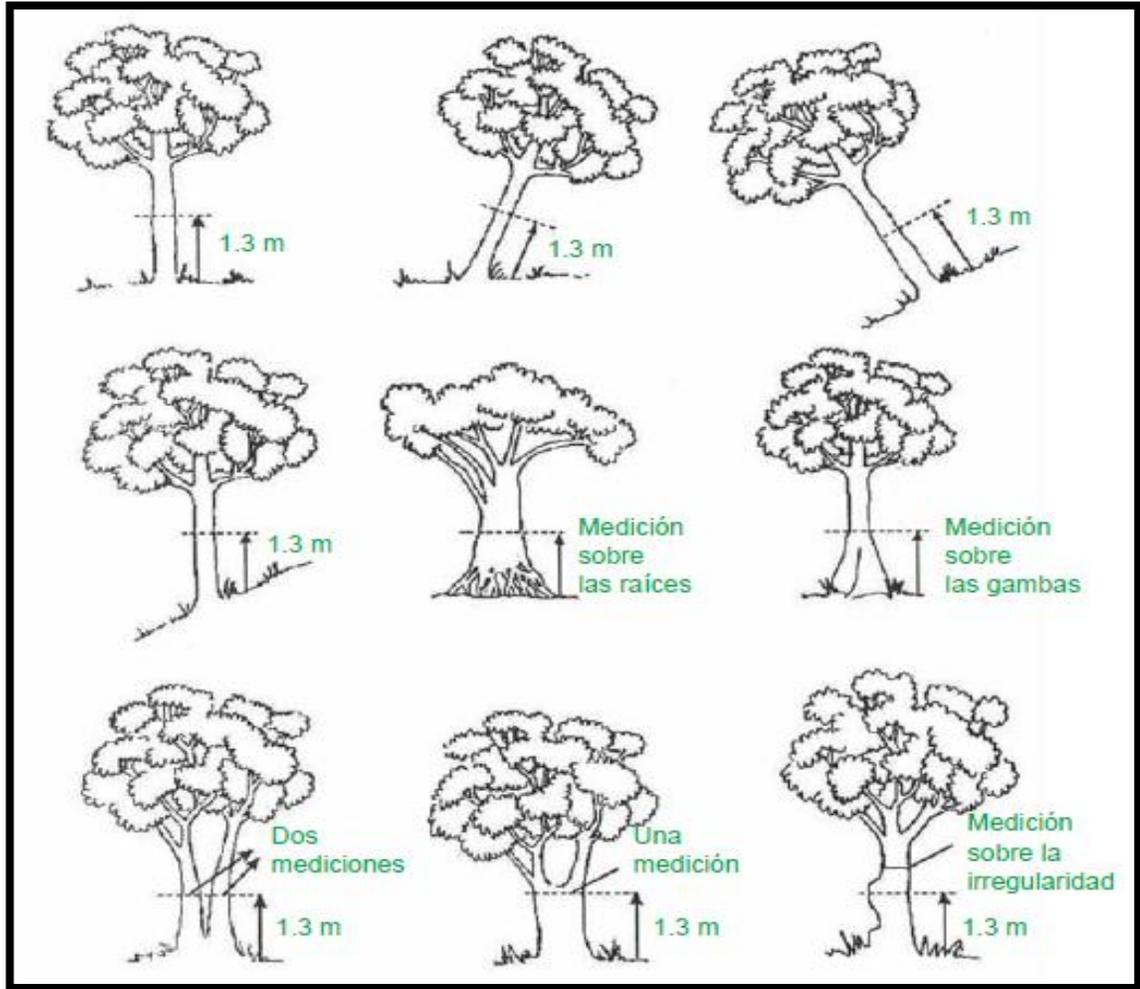
Ilustración 15. Medición de DAP con bifurcación de los árboles



Fuente: Manual de Campo, Evaluación Nacional Forestal, MAE. Ecuador. 2012

La forma adecuada para la medición de diámetros en terrenos irregulares y planos, se indica en la siguiente ilustración. El diámetro se lo registró en forma perpendicular al eje central del tronco y en áreas inclinadas, el punto de medición se ubicó en la parte superior de la pendiente.

Ilustración 16. Medición del diámetro de los árboles en distintas situaciones del terreno



Fuente: Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. CATIE. Costa Rica. 2012

5.3.3 Medición de la altura total del fuste

La altura, es la longitud de línea recta desde la base del fuste hasta algún punto del árbol. Existen cinco alturas distintas pero en este caso para la obtención de los valores de altura se realizó la medición de la altura total del fuste de los árboles en pie.

La altura total es la distancia vertical entre el nivel del suelo y el extremo superior del árbol. Esta medición se la desarrolló paralelamente con el inventario de árboles y la medición de DAP.

Ilustración 17. Medición altura de los árboles



Fuente: La autora

La medición se realizó con un clinómetro graduador de 180°, tiene la forma de un semicírculo con los ángulos en el borde, un peso o plomada que pende de una cuerda en el centro del graduador, este indicó el valor en grados y un tubo en el extremo para mirar a través de este el ápice del árbol. (Romahn & Ramírez, 2010). Son tres las partes que conforman el clinómetro: sistema de apuntamiento, semicírculo graduado, peso o plomada. La medición de altura se verificó con un clinómetro.

El clinómetro está basado en tangentes de ángulos, la lectura del ápice¹⁴ del árbol, realizada a una distancia específica D , comprende que la $\tan \alpha_1 = H_1/D$. Por consiguiente, la fracción de altura sobre la horizontal es $H_1 = D \tan \alpha_1$.

Igualmente, la fracción de altura bajo la horizontal es $H_2 = D \tan \alpha_2$. De esta manera, la altura total del árbol, que corresponde a $H_1 - (-H_2)$, resulta de la siguiente relación:(Cancino, 2006)

$$H = D(\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2)$$

Donde:

$$H = \text{Altura total del árbol}$$

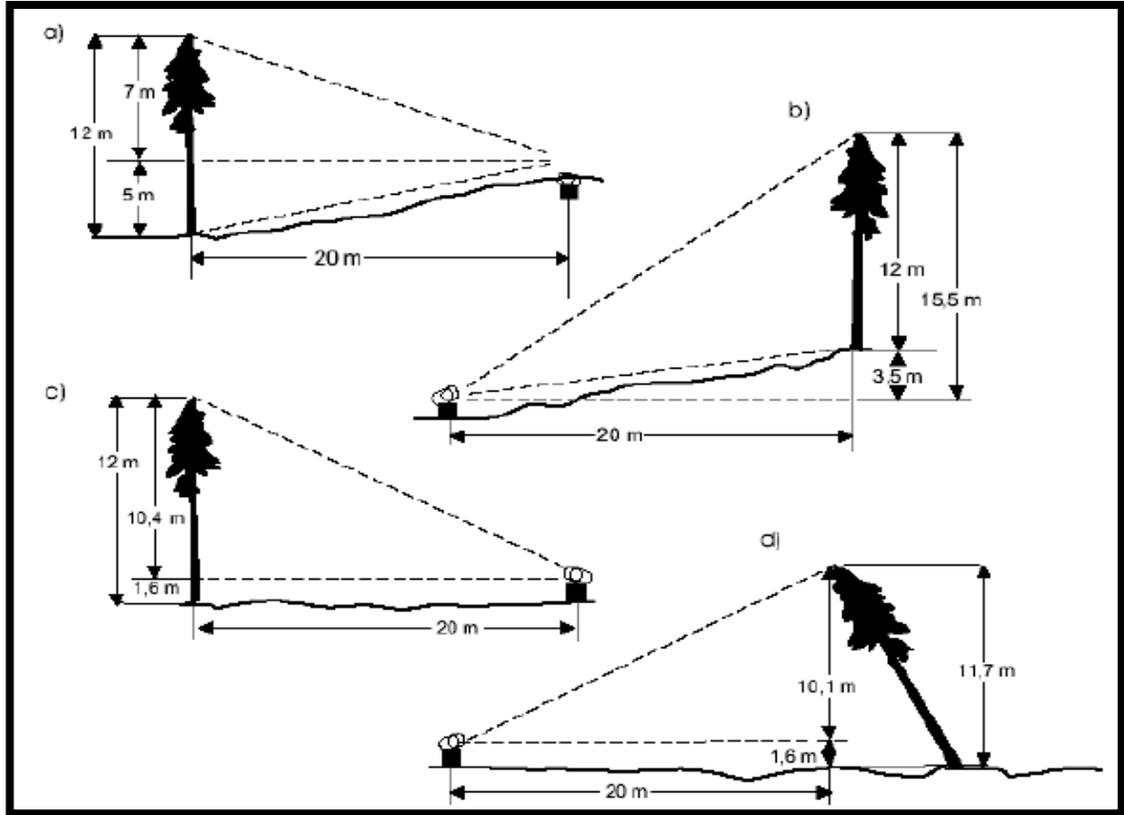
$$D = \text{Distancia horizontal hasta el eje del fuste del árbol, m}$$

$$\alpha_1 = \text{Ángulo al ápice del árbol, grados}$$

Durante la medición se tiene situaciones diferentes de pendientes, para lo cual la medición en los distintos casos se los realizó en la forma como se ilustra a continuación:

Ilustración 18. Medición de altura de los árboles en diferentes pendiente. Corrección de la inclinación de árboles.

¹⁴ Ápice: extremo superior o punta



Fuente: FAO. Manual de campo: Inventario Forestal Nacional. 2004

- (a) añadir los resultados por encima y debajo de la medición horizontal.
- (b) restar del total la distancia entre la base del árbol y la línea horizontal
- (c) adicionar a la altura del instrumento sobre el suelo, la distancia medida por encima de la línea horizontal. En ese caso se adiciona la altura del suelo a la altura del ojo de la persona que mide la altura.
- (d) agregar la medición del instrumento desde el terreno a la distancia medida desde la copa del árbol hasta un punto situado justo por debajo, en la horizontal.

5.4 CÁLCULOS

Para determinar la cantidad de biomasa, carbono y toneladas de CO₂ del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza, se realizó las siguientes estimaciones:

5.4.1 Estimación del área basal

El área basal comprende a la suma de la sección transversal del fuste a la altura del DAP de los árboles por unidad de superficie.(Cancino, 2006). El área basal se calculó aplicando la siguiente fórmula: (Imaña, 1998)(Bentes & Andrade, 2004)(Picos & Cogolludo, 2007)

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

Donde:

$$AB = \text{área basal, } m^2$$

$$\frac{\pi}{4} = \text{constante } \pi = \frac{3,1416}{4} = 0,7854$$

$$DAP^2 = \text{diámetro a la altura el pecho, } m$$

5.4.2 Estimación del volumen

El volumen por unidad de muestreo, se obtuvo por medio de la medición del DAP y la altura total del fuste de los árboles, evitando el efecto de borde. Posteriormente, se expandió a la unidad de superficie utilizando el factor de forma definido por el tamaño de la unidad muestral (Alvarez, 2005). (Cancino, 2006).

El valor del volumen del área de estudio se determinó mediante la siguiente fórmula: (Imaña, 1998)(Bentes & Andrade, 2004)(Picos & Cogolludo, 2007)

$$Volumen = AB * H * ff$$

Donde:

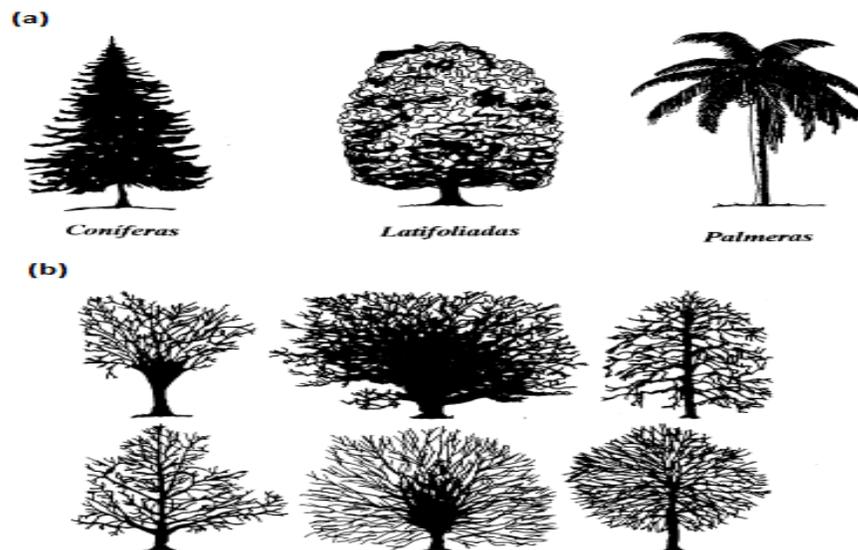
$$AB = \text{área basal, } m^2$$

$$H = \text{altura total del árbol, } m$$

$$ff = \text{factor de forma (Latifoliadas: 0,5)}$$

Debido a que en el área de estudio, casi en su totalidad las especies son latifoliadas, se aplicó el factor de forma de 0,5. En el área la única conífera es *Podocarpus oleifolius*. (IPCC, 1996a) (Brown, 1989)(Orozco Vilchez, Brumér, & CATIE, 2002) Para temas dendrométricos los árboles por su forma se clasificaron en coníferas, latifoliadas y palmeras, como indica la *Ilustración 19*.(Imaña, 1998)

Ilustración 19. (a) Clasificación de árboles por su forma. (b) Formas latifoliadas de los árboles



Fuente: Imaña José. Dasometría práctica. Universidad de Brasilia. Brasil. 1998.

5.4.3 Estimación de la biomasa forestal

La biomasa en general, es considerada como la masa total de organismos vivos en una zona o volumen determinado. No obstante, la FAO (1998) considera que la biomasa es un elemento principal para determinar la cantidad de carbono almacenado en el bosque.(FAO, 2004c). La biomasa forestal da a conocer sobre el ciclo del carbono a nivel global, siendo un elemento importante para los estudios del cambio climático.

La biomasa forestal se obtuvo de la multiplicación del volumen del bosque, la densidad de la madera, el factor de expansión de biomasa aérea y factor de expansión de biomasa subterránea. El factor de expansión de la biomasa es un coeficiente que permite agregar a la biomasa de los fustes, a partir, del volumen calculado y la biomasa de las ramas, hojas y raíces.(Russo, 2009).

En las Directrices del IPCC, 2006, indica distintos valores para el factor de expansión de biomasa en este caso se aplicó el valor de 1,20 para la biomasa aérea y subterránea. (IPCC, 1996a) . El valor recomendado de densidad de madera por el IPCC para estudios de biomasa es de 0,5. (Brown & FAO, 1997) (IPCC, 1996a)

El valor de la biomasa del área de estudio se obtuvo mediante la siguiente fórmula: (IPCC, 1996a) (Brown & FAO, 1997)(Andrade & Muhammed, 2003) (Russo, 2009).

$$Bf = Volumen * GE * FEBa * FEBS$$

En donde:

$$Bf = biomasa forestal, t$$

$$GE = densidad de la madera, t/m^3 [0,5]$$

$FEBa = \text{factor de expansión de biomasa aérea (ramas, hojas)}$ [1,20]

$FEBs = \text{factor de expansión de biomasa subterránea (raíces)}$ [1,20]

5.4.4 Estimación del carbono almacenado en el bosque

Para la estimación del carbono almacenado en el área de estudio se calculó a partir de los datos de biomasa forestal del área, además, se utilizó la fracción de carbono de 0,5, la cual indica el porcentaje de carbono presente en dicha biomasa.

La fracción de carbono representa, las toneladas de carbono por tonelada de materia seca de la biomasa. En este estudio se aplicó el valor indicado por el IPCC de 0,5, lo significa un 50 % del peso de los individuos es carbono. (IPCC, 1996a)(MacDicken, 1997)(Cancino, 2006)

La fórmula para la obtención del valor de carbono almacenado es la siguiente:(IPCC, 1996a) (Russo, 2009)

$$C = B * Fc$$

En donde:

$C = \text{carbono en toneladas de carbono}$

$B = \text{biomasa}$

$Fc = \text{fracción de carbono [0,5]}$

5.4.5 Estimación del CO₂ almacenado en el bosque

Una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO₂, este valor es adquirido en función de los pesos moleculares del carbono del CO₂, de 12/44. Para conocer la

cantidad de CO₂ emitido o almacenado a partir de la cantidad de carbono de un determinado depósito, se multiplicó por el valor de 3,67. No obstante, una tonelada de biomasa forestal tiene aproximadamente 0,5 toneladas de carbono. (Rügnitz Tito et al., 2012) (Russo, 2009)

Es decir, una tonelada de carbono almacenado en la biomasa forestal es equivalente al secuestro de 3,67 toneladas de CO₂ atmosférico.

$$CO_2 = C * 3,67$$

En donde:

CO₂ = cantidad de dióxido de carbono capturado en toneladas de CO₂

*3,67 = fracción que se utiliza para convertir carbono en toneladas de CO₂
es un valor constante*

5.5 IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

En las unidades de medición, al momento de efectuar el registro de la mensuración forestal del diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total de fuste, se realizó el inventario de la flora existente.

1. Recolección de muestras

Las especies fueron recolectadas en el campo por separado y se colocó una etiqueta con código, nombre común y especificaciones, para ello fue necesario recolectar muestras que se encuentren en estado fértil con flores o frutos para así

facilitar la identificación. Como parte de la recolección se desarrolló un registro fotográfico de las especies.

Ilustración 20. Recolección de las muestras



Fuente: La autora

2. Tratamiento de muestras

Para la conservación de las muestras, estas fueron colocadas en una prensa. Cada muestra se instaló dentro de un periódico seguida por una plancha de cartón que la mantiene firme y posteriormente, se colocó en la prensa correctamente asegurada. Además, fue necesario registrar las distintas muestras con un código, número de inventario, fecha de recolección y el nombre común. Finalmente, la prensa fue llevada a la cámara de secado, el tiempo de secado depende de las características de las muestras.

Ilustración 21. Tratamiento de muestras



Fuente: La autora

3. Determinación de muestras

Para la determinación de las muestras, se utilizó bases de datos de los herbarios ([trópico.org](http://tropicos.org), fieldmuseum.org, plants.jstor.org) libros de botánica del Ecuador y se analizó detalladamente cada muestra observando sus características,

distribución, ubicación de elevación de cada especie y comparando con las muestras recolectadas.

5.6 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

En los párrafos siguientes, se da a conocer los distintos procesos y técnicas para la evaluación estadística de la presente investigación.

5.6.1 ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA

El índice de valor de importancia (IVI), es un índice sintético estructural, desarrollado fundamentalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mixtos, este se calculó con la siguiente formula:(Zarco, Valdez, Ángeles, & Castillo, 2010)

$$IVI = Ar + Fr + Dr$$

En donde:

$$Ar \% = \textit{Abundancia relativa}$$

$$Fr \% = \textit{Frecuencia relativa}$$

$$Dr \% = \textit{Dominancia relativa}$$

➤ **Abundancia relativa, Ar %**

$$Ar \% = \frac{\textit{Abundancia absoluta por cada especie}}{\textit{Abundancia absoluta de todas las especies}} * 100$$

En donde:

$$\text{Abundancia absoluta, } Aa = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

➤ **Frecuencia relativa, Fr %**

$$Fr \% = \frac{\text{Frecuencia absoluta por cada especie}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} * 100$$

En donde:

$$\begin{aligned} \text{Frecuencia absoluta, } Fa \\ = \frac{\text{Número de cuadros en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de cuadros muestreados}} \end{aligned}$$

➤ **Dominancia relativa, Dr %**

$$Dr \% = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} * 100$$

En donde:

$$\text{Dominancia absoluta, } Da = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

5.6.2 ANÁLISIS DE BIODIVERSIDAD

El análisis de la biodiversidad de las unidades de medición, se realizó para determinar la variedad de las especies forestales. Para el efecto, se aplicaron los siguientes parámetros: el índice de Shannon – Weinner que cuantifica la biodiversidad específica de las especies; el índice de Simpson que apunta a la misma cuantificación pero con tendencia a comunidades más pequeñas y diversas; el índice de Margalef estima la riqueza

específica, en base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existente en el área de estudio.

5.6.2.1 Índice de Shannon – Weinner

Toma en cuenta, que todas las especies están presentadas en las muestras y que todos los individuos fueron muestreados al azar. Puede tener valores entre cero cuando existe una solo especie y el logaritmo es S cuando todas las especies se encuentran por el mismo número de individuos. (Villarreal, Alvarez, Córdoba, Fagua, & Umaña, 2006)

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i$$

$$H' = \sum p_i = 1$$

En donde:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i = Número de individuos

N = Número total de individuos

S = Número total de especies

5.6.2.2 Índice de Simpson

Muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie.(Villarreal et al., 2006)

$$\lambda = \sum p_i^2$$

p_i

= abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra

5.6.2.3 Índice de Margalef

Considera una relación entre el número de especies y el número de individuos. Si esto no fuera cierto entonces el índice varía con el tamaño de la muestra en forma desconocida. (Villarreal et al., 2006)

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

S= Número de especies

N= Número total de individuos

5.6.2.4 Coefficiente de correlación lineal de Pearson

Por tratarse de que el coeficiente de correlación de Pearson consiste en una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, en la presente investigación se utilizó este coeficiente, en razón que se considera las variables diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total del fuste.

$$\rho_{X,Y} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y},$$

σ_{xy} : Es la covarianza de, x,y

σ_x : Es la desviación típica de la variable X

σ_y : Es la desviación típica de la variable Y

5.6.3 ANÁLISIS DE VARIANZAS (ANOVA)

ANOVA es el acrónimo del análisis de la varianza. Es un procedimiento estadístico que utiliza el ratio F para probar el promedio de ajuste de un modelo lineal. En investigación experimental este modelo lineal tiende a ser definido en término de grupo de medias y el ANOVA resultante es por lo tanto una prueba promedio de si los grupos de las medias son diferentes.(Alvarado Verdín, 2014)

➤ TUKEY (HSD)

El Test HSD (honestly significant difference) de Tukey es un test de comparaciones múltiples, permite comparar las medias de los t niveles de un factor después de haber rechazado la hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA.

5.6.4 ÁRBOLES DE CLASIFICACIÓN Y REGRESIÓN CART

Los árboles de clasificación y regresión (CART- Classification and regression trees), es un método que emplea datos históricos para generar árboles de clasificación o de regresión, los cuales son empleados para clasificar o predecir nuevos datos. Estos árboles CART, pueden manejar fácilmente variables numéricas y/o categóricas. Entre otras

ventajas esta su fortaleza a outliers¹⁵, la invarianza en la estructura de sus árboles de clasificación o de regresión a transformaciones uniformes de las variables independientes.(Díaz, 2012).

¹⁵ Outliers: outliers o valor atípico, es una observación que es numéricamente distante del resto de los datos.

En general, lo que resulta de CART, es un árbol de decisión, las ramas representan conjuntos de decisiones y cada decisión genera reglas sucesivas para continuar la clasificación, generando así grupos homogéneos respecto a la variable que se desea discriminar. El CART, es un algoritmo recursivo de partición binaria que divide la muestra en dos nodos hijos y cada vez en base a una medida de impureza. La medida de impureza está vinculada con la homogeneidad de los nodos hijos y el método de partición busca maximizar la homogeneidad de los mismos. (Serna, 2009) (Kovalevski & Macat, 2012)

En CART, la variable dependiente “Y”, puede ser cualitativa y cuantitativa, dependiendo de esto se generan distintos árboles con diferentes objetivos, como se indica en la *Tabla 2*:

Tabla 2. CART. “Y” cualitativa, cuantitativa

CUANDO “Y” ES	ÁRBOL	OBJETIVO
Cualitativa	Árbol de clasificación	Predecir clasificación que le correspondería a un individuo con algún perfil de valores en las variables explicativas
Cuantitativa	Árbol de regresión	Es similar al modelo lineal, obtiene una estimación del valor de Y asociado a cada nicho o perfil de predictores

Fuente: Kovaleski y Macar, Alternativas no paramétricas de la clasificación multivariada, 2012

Elaboración: La autora

Cuando la variable dependiente “Y” es cualitativa, en el CART es un árbol de clasificación, en cambio, si “Y” es cuantitativa, CART es llamado árbol de regresión. En tal sentido, en la presente investigación se aplicó cuando “Y” es cualitativa.

CAPITULO III: RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 COMPOSICIÓN DEL ESTRATO ARBÓREO

La composición del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza, se caracteriza por tener un dosel en proceso de sucesión permanente, debido a las constantes perturbaciones de carácter tanto natural como antropogénico. En el primer caso, las razones obedecen a que estos tipos de bosques que se encuentran en grandes estribaciones de los andes, están sujetos a frecuentes deslizamientos. El carácter antropogénico, se debe a que en estos ecosistemas hay fuertes presiones por procesos de colonización.

Por las razones indicadas, el dosel arbóreo del bosque se caracteriza por contar con individuos que están superando la fase de latizales (árboles pequeños), hacia arbolitos, como se reflejará más adelante, a partir de las mediciones realizadas a propósito de la presente investigación.

La siguiente tabla, indica la composición general del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza, en relación a los valores de familias, géneros y especies de las unidades de medición:

Tabla 3. Composición del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas - Limón Indanza, en relación a familia, género y especie

Nº FAMILIAS	Nº GÉNEROS	Nº ESPECIES	Nº INDIVIDUOS
22	27	27	925

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Como se indica en la *Tabla 3*, en las unidades de medición, fueron determinados 925 individuos, agrupados en 27 especies, 27 géneros y 22 familias.

Las familias y especies existentes en el área de estudio están representadas en la siguiente tabla:

Tabla 4. Especies existentes por familia

ESPECIES EXISTENTES POR FAMILIA		
FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Araliaceae	Pumamaqui	<i>Schefflera morotoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerm. & Frodin
Asteraceae	Negrillo	<i>Critoniopsis</i> sp.
Brunelliaceae	Bella maría	<i>Brunellia</i> sp.
Chloranthaceae	Pururu	<i>Hedyosmum cuatrecazanum</i> Occhioni.
Clusiaceae	Achotillo	<i>Vismia acuminata</i> (Lam.) Pers.
	Duco	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana.
Cunoniaceae	Sarar	<i>Weinmannia pinnata</i> Linnaeus.
Ericaceae	Joyapa	<i>Cavendishia bracteata</i> Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold
Escalionacea	Capulí	<i>Escallonia paniculata</i> (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult.
Euphorbiaceae	Motilón	<i>Hyeronima alchornoides</i> Allemão

ESPECIES EXISTENTES POR FAMILIA		
	Palo del diablo	<i>Alchornea latifolia</i> Swartz.
Humiriaceae	Chanul	<i>Humiriastrum</i> sp.
FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Lauraceae	Canelo	<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier
	Jigua	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez
Melastomataceae	Flor rosada	<i>Tibouchina lepidota</i> Cogniaux
	Palo de agua	<i>Miconia</i> sp.
Melastomataceae	Poma rosa	<i>Blakea grandulosa</i> Gleason.
Rutaceae	Limoncillo	<i>Zanthoxylum ekmanii</i> (Urb.) Alain
Meliaceae	Sacha coco	<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.
Moraceae	Guarumbo	<i>Cecropia sciadophylla</i> Martius
Myricaceae	Laurel	<i>Myrica pubescens</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
Myrsinaceae	Jiripe	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly
Myrtaceae	Chimulo	<i>Eugenia</i> sp.
Podocarpaceae	Guabisay	<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.
Rubiaceae	Cebolla	<i>Elaeagia</i> sp
Staphyleaceae	Facte	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don
Bombacaceae	Higeron	<i>Matisia</i> sp.

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Como se indica en la *Tabla 4*, existen 22 familias en las unidades de medición, la familia Clusiaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Melastomataceae son familias con más de una especie.

6.1.1 ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA POR FAMILIA

El índice de valor de importancia (IVI) por familia que se obtuvo de las unidades de medición se presenta en la *Tabla 5*.

Tabla 5. Índice de valor de importancia (IVI) por familia

ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI) POR FAMILIA								
FAMILIA	Aa	Ar %	Fa	Fr %	Da	Dr %	IVI 300 %	IVI 100 %
Melastomataceae	358	38,70	3	5,36	8,40	31,72	76	25
Clusiaceae	96	10,38	3	5,36	2,87	10,85	27	9
Euphorbiaceae	59	6,38	3	5,36	2,78	10,49	22	7
Cunoniaceae	86	9,30	3	5,36	1,95	7,35	22	7
Lauraceae	67	7,24	3	5,36	2,45	9,25	22	7
Rutaceae	52	5,62	3	5,36	1,82	6,86	18	6
Rubiaceae	43	4,65	3	5,36	0,71	2,67	13	4
Staphyleaceae	31	3,35	3	5,36	0,93	3,53	12	4
Araliaceae	30	3,24	3	5,36	0,85	3,21	12	4
Asteraceae	18	1,95	3	5,36	0,69	2,60	10	3
Chloranthaceae	26	2,81	3	5,36	0,31	1,17	9	3

Myricaceae	9	0,97	3	5,36	0,40	1,50	8	3
Podocarpaceae	7	0,76	3	5,36	0,42	1,59	8	3
ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI) POR FAMILIA								
FAMILIA	Aa	Ar %	Fa	Fr %	Da	Dr %	IVI 300 %	IVI 100 %
Myrsinaceae	13	1,41	3	5,36	0,24	0,90	8	3
Meliaceae	7	0,76	3	5,36	0,29	1,10	7	2
Moraceae	9	0,97	2	3,57	0,61	2,31	7	2
Humiriaceae	4	0,43	2	3,57	0,37	1,41	5	2
Myrtaceae	4	0,43	2	3,57	0,05	0,18	4	1
Ericaceae	2	0,22	2	3,57	0,06	0,22	4	1
Brunelliaceae	2	0,22	1	1,79	0,14	0,54	3	1
Escalionacea	1	0,11	1	1,79	0,12	0,47	2	1
Bombacaceae	1	0,11	1	1,79	0,02	0,08	2	1
TOTAL	925	100	56	100	26,48	100	300	100
Abundancia absoluta (Aa), Abundancia relativa (Ar %), Frecuencia absoluta (Fa), Frecuencia relativa (Fr %), Dominancia absoluta (Da), Dominancia relativa (Dr %)								

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Como se desprende de la *Tabla 5*, de las 22 familias determinadas en las unidades de medición, aquellas que cuentan con mayor frecuencia constan: *Melastomataceae* con 358 individuos, lo que representa el 39 % del total. Luego en orden están: *Clusiaceae* con 96 individuos, *Cunoniaceae* 86 individuos, *Lauraceae* 67 individuos,

Euphorbiaceae con 59 individuos; *Rutaceae* con 52 individuos, *Rubiaceae* con 43 individuos. Con respecto al índice de valor de importancia (IVI), la familia más importante es *Melastomataceae* con 25 % le sigue *Clusiaceae* con 9 %, *Euphorbiaceae*, *Cunoniaceae*, *Lauraceae* con un IVI del 7 % y *Rutaceae* con el 6 %. Las demás familias se encuentran en IVI menor a 4 %.

6.1.2 ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA POR GÉNERO

El índice de valor de importancia (IVI), en relación a los géneros presentes en las unidades de medición se muestra en la *Tabla 6*.

Tabla 6. Índice de valor de importancia (IVI) por género.

ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI) POR GÉNERO								
GÉNERO	Aa	Ar %	Fa	Fr %	Da	Dr %	IVI 300 %	IVI 100 %
Miconia	323	34,92	3	4,35	6,15	23,22	62	21
Weinmannia	86	9,30	3	4,35	1,95	7,35	21	7
Clusia	72	7,78	3	4,35	2,27	8,57	21	7
Ocotea	56	6,05	3	4,35	2,27	8,57	19	6
Zanthoxylum	52	5,62	3	4,35	1,82	6,86	17	6
Tibouchina	34	3,68	3	4,35	2,24	8,47	16	5
Hyeronima	33	3,57	3	4,35	1,79	6,77	15	5
Elaeagia	43	4,65	3	4,35	0,71	2,67	12	4
Turpinia	31	3,35	3	4,35	0,93	3,53	11	4
Alchornea	26	2,81	3	4,35	0,99	3,72	11	4
Schefflera	30	3,24	3	4,35	0,85	3,21	11	4

Vismia	24	2,59	3	4,35	0,60	2,28	9	3
Critoniopsis	18	1,95	3	4,35	0,69	2,60	9	3
Hedyosmum	26	2,81	3	4,35	0,31	1,17	8	3
ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI) POR GÉNERO								
GÉNERO	Aa	Ar %	Fa	Fr %	Da	Dr %	IVI 300 %	IVI 100 %
Hedyosmum	26	2,81	3	4,35	0,31	1,17	8	3
Myrica	9	0,97	3	4,35	0,40	1,50	7	2
Podocarpus	7	0,76	3	4,35	0,42	1,59	7	2
Myrsine	13	1,41	3	4,35	0,24	0,90	7	2
Nectandra	11	1,19	3	4,35	0,18	0,68	6	2
Guarea	7	0,76	3	4,35	0,29	1,10	6	2
Cecropia	9	0,97	2	2,90	0,61	2,31	6	2
Humiriastrum	4	0,43	2	2,90	0,37	1,41	5	2
Eugenia	4	0,43	2	2,90	0,05	0,18	4	1
Cavendishia	2	0,22	2	2,90	0,06	0,22	3	1
Brunellia	2	0,22	1	1,45	0,14	0,54	2	1
Escallonia	1	0,11	1	1,45	0,12	0,47	2	1
Matisia	1	0,11	1	1,45	0,02	0,08	2	1
Blakea	1	0,11	1	1,45	0,01	0,03	2	1
TOTAL	925	100	69	100	26,48	100	300	100
Abundancia absoluta (Aa), Abundancia relativa (Ar %), Frecuencia absoluta (Fa), Frecuencia relativa (Fr %), Dominancia absoluta (Da), Dominancia relativa (Dr %)								

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Con respecto a género, *Miconia* es el género más abundante ya que tiene 323 individuos *Weinmannia* con 86 individuos, *Clusia* con 72 individuos, *Ocotea* 56 individuos, *Zanthoxylum* con 52 individuos. *Elaeagia* con 43 individuos. Los demás géneros tienen menos de 34 individuos. Como resultado se obtiene un valor mayor de IVI en el género *Miconia* con 21 %, *Weinmannia* y *Clusia* con el 7 %, *Ocotea*, *Zanthoxylum* con el 6 %. Los demás géneros son menores de 5 %.

6.1.3 ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA POR ESPECIES

Las distintas especies que resulta del análisis de las unidades de medición y el valor de importancia de cada una de ellas indica la *Tabla 7*.

Tabla 7. Índice de valor de importancia (IVI) por especie.

ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI) POR ESPECIE								
ESPECIE	Aa	Ar %	Fa	Fr %	Da	Dr %	IVI 300 %	IVI 100 %
<i>Miconia sp.</i>	323	34,92	3	4,35	6,15	23,22	62	21
<i>Weinmannia pinnata</i> Linnaeus.	86	9,30	3	4,35	1,95	7,35	21	7
<i>Clusia latipes</i> Planchon. & Triana	72	7,78	3	4,35	2,27	8,57	21	7
<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier	56	6,05	3	4,35	2,27	8,57	19	6

<i>Zanthoxylum ekmanii</i> (Urb.) Alain	52	5,62	3	4,35	1,82	6,86	17	6
<i>Tibouchina lepidota</i> Cogniaux	34	3,68	3	4,35	2,24	8,47	16	5
ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI) POR ESPECIE								
ESPECIE	Aa	Ar %	Fa	Fr %	Da	Dr %	IVI 300 %	IVI 100 %
<i>Hyeronima alchornoides</i> Allemão	33	3,57	3	4,35	1,79	6,77	15	5
<i>Elaeagia sp</i>	43	4,65	3	4,35	0,71	2,67	12	4
<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	31	3,35	3	4,35	0,93	3,53	11	4
<i>Alchornea latifolia</i> Swartz	26	2,81	3	4,35	0,99	3,72	11	4
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyer. & Frodin	30	3,24	3	4,35	0,85	3,21	11	4
<i>Vismia acuminata</i> (Lam.) Pers.	24	2,59	3	4,35	0,60	2,28	9	3
<i>Critoniopsis sp</i>	18	1,95	3	4,35	0,69	2,60	9	3
<i>Hedyosmum cuatrecazanum</i> Occhioni	26	2,81	3	4,35	0,31	1,17	8	3
<i>Myrica pubescens</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	9	0,97	3	4,35	0,40	1,50	7	2
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.	7	0,76	3	4,35	0,42	1,59	7	2
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	13	1,41	3	4,35	0,24	0,90	7	2
<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	11	1,19	3	4,35	0,18	0,68	6	2
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	7	0,76	3	4,35	0,29	1,10	6	2

<i>Cecropia sciadophylla</i> Martius	9	0,97	2	2,90	0,61	2,31	6	2
<i>Humiriastrum sp.</i>	4	0,43	2	2,90	0,37	1,41	5	2
ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI) POR ESPECIE								
ESPECIE	Aa	Ar %	Fa	Fr %	Da	Dr %	IVI 300 %	IVI 100 %
<i>Eugenia sp.</i>	4	0,43	2	2,90	0,05	0,18	4	1
<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold	2	0,22	2	2,90	0,06	0,22	3	1
<i>Brunellia sp</i>	2	0,22	1	1,45	0,14	0,54	2	1
<i>Escallonia paniculata</i> (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult	1	0,11	1	1,45	0,12	0,47	2	1
<i>Matisia sp.</i>	1	0,11	1	1,45	0,02	0,08	2	1
<i>Blakea grandulosa</i> Gleason	1	0,11	1	1,45	0,01	0,03	2	1
TOTAL	925	100	69	100	26,48	100	300	100
Abundancia absoluta (Aa), Abundancia relativa (Ar %), Frecuencia absoluta (Fa), Frecuencia relativa (Fr %), Dominancia absoluta (Da), Dominancia relativa (Dr %)								

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

En las unidades de medición, las especies más abundantes son: *Miconia sp* con 323 individuos, *Weinmannia pinnata* con 86 individuos, *Clusia latipes* con 72 individuos, *Ocotea javitensis* con 56 individuos y *Zanthoxylum ekmanii* con 52 individuos. *Elaeagia sp* con 43 individuos, *Tibouchina lepidota* 34 individuos, *Hyeronima alchornoides* con 33 individuos, *Turpinia occidentalis* con 31 individuos, *Schefflera morototoni* con 30 individuos. El resto de especies integran menos de 30 individuos.

Considerando el índice de valor de importancia (IVI) la especie más dominante es *Miconia sp* con un valor de IVI igual al 21 %, *Weinmannia pinnata* y *Clusia latipes* con un IVI igual al 7 %, *Ocotea javitensis* y *Zanthoxylum ekmanii* con un IVI del 6 %. Las demás especies no superan el 5 % de IVI. La especie con mayor área basal es *Miconia sp* con 6,15 m² lo que representa un 24 % del área basal de las unidades de medición que corresponde a 26 m².

6.1.4 DIVERSIDAD

El área de estudio cuenta con una superficie de 118 ha, en la cual en las unidades de medición se determinaron 925 árboles pertenecen a 27 especies, 27 géneros y 22 familias; lo que demuestra que existe una alta diversidad en estos tipos de bosques.

El bosque en estudio, se caracteriza por contar un amplio rango de individuos por especie; tal es el caso de *Miconia sp*, que cuenta con 323 individuos, que representa el 35 % del total, mientras que 3 especies como son *Blakea grandulosa*, *Escallonia paniculata*, *Matisia sp*, cuentan con un solo individuo y 2 especies que comprenden 2 individuos (*Brunellia sp* y *Cavendishia bracteata*, esto significa un indicador de rareza.

6.1.5 ANÁLISIS POR VARIABLE

➤ Área basal, m²

El área basal del área de estudio del bosque en su totalidad es de 2 131 m², lo que representa un valor de 18 m²/ha. A nivel de familia, las especies que mayor área basal pertenecen a *Melastomataceae* con un valor de 8,40 m² el 32 % del total de las unidades de medición. De la misma forma la especie con mayor área basal es *Miconia sp* con un valor de 6,15 m², lo que representa el 24 %.

➤ **Volumen, m³**

El volumen total del área de estudio tiene un valor de 13 521 m³, por hectárea el volumen se presenta con 115 m³/ha. Las familia con mayor volumen es *Melastomataceae* con un valor de 49,70 m³ lo que representa un 30 %, la especie con mayor volumen es *Miconia sp.* 33,60 m³ representando el 20 % del total de las unidades de medición.

➤ **Biomasa forestal, t**

La biomasa forestal total es de 9 751 t, resultando un valor de 83 t/ha. La familia con mayor biomasa forestal es *Melastomataceae* con un valor de 36 t lo que equivale el 30 % de la superficie analizada, la especie con una cantidad importante de biomasa forestal es *Miconia sp.* con 24 t indicando un 20 % de las unidades de medición.

➤ **Carbono almacenado, t**

El total del carbono almacenado abarca 4 835 t, por hectárea el carbono almacenado es de 41 t/ha. La familia con una considerable cantidad es *Melastomataceae* con una cantidad de 18 t lo que corresponde el 31 %. La especie con mayor cantidad de carbono almacenado es *Miconia sp.* con un valor de 12 t resultando el 20 % de las unidades de medición del carbono almacenado.

➤ **CO₂ almacenado, t CO₂**

En el área de estudio el CO₂ almacenado total es de 17 864 t, indicando una cantidad de 151 t/ha. La familia con más cantidad de CO₂ almacenado es *Melastomataceae* con 66 t representando el 30 % del área de estudio. La especie con un alto contenido de CO₂ almacenado es *Miconia sp*, con un valor de 44 t lo que significa un 20 % de las unidades de medición de CO₂.

6.1.6 ESTRUCTURA DEL BOSQUE

Para la clasificación diamétrica, se consideraron los 925 individuos registrados en las unidades de medición. Los diámetros fueron distribuidos en intervalos de amplitud de 5 cm generando 9 categorías, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla y gráfico:

Tabla 8. Clases diamétricas del estudio del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza

CLASES DIAMÉTRICA			
CLASE	RANGO	INDIVIDUOS	VOLUMEN, m ³
I	≥ 10 - 15 cm	514	26,94
II	≥ 15,1 - 20 cm	191	25,02
III	≥ 20,1 - 25 cm	98	25,34
IV	≥ 25,1 - 30 cm	52	20,81
V	≥ 30,1 - 35 cm	36	20,88
VI	≥ 35,1 - 40 cm	15	12,17
VII	≥ 40,1 - 45 cm	8	9,30
VIII	≥ 45,1 - 50 cm	5	8,22
IX	≥ 50,1 cm	6	16,42
TOTAL		925	165

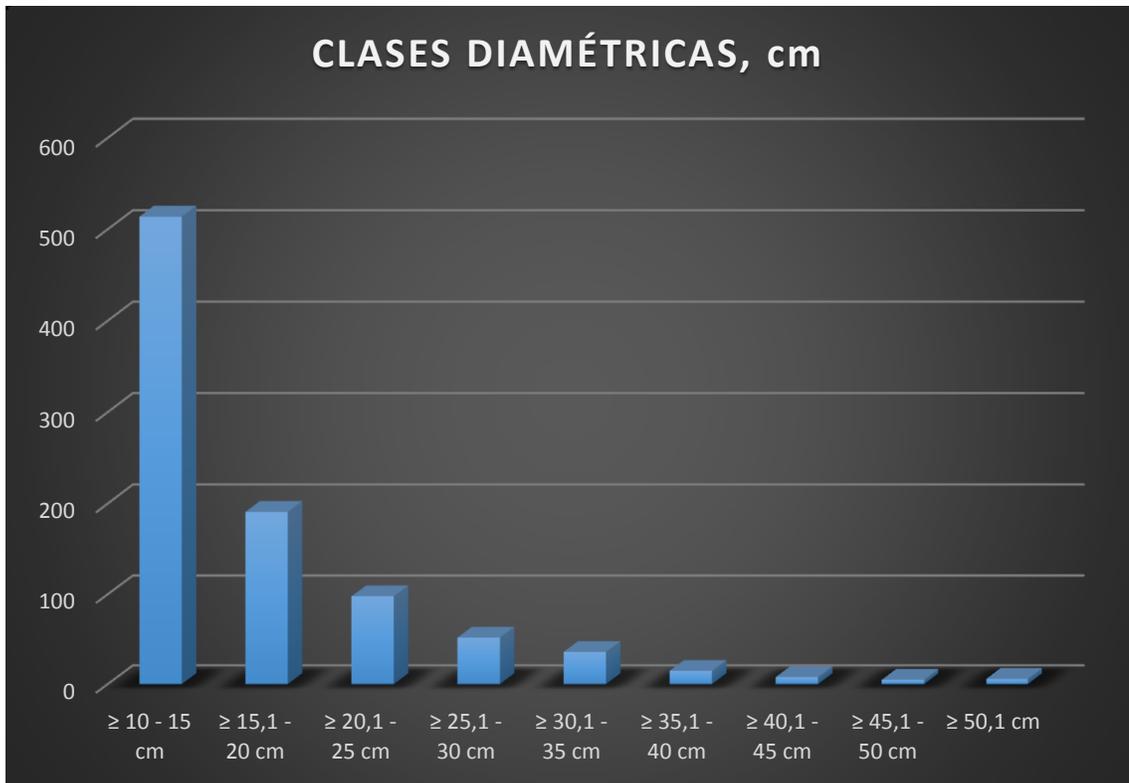
Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Como indica la *Tabla 8*, la mayor cantidad de individuos se encuentra en la clase I con 514 individuos lo que representa el 56 % de los árboles de las unidades de medición tiene un DAP entre el rango de $\geq 10 - 15$ cm. La clase II en un rango de $\geq 15,1 - 20$ cm engloba 191 individuos con este DAP. Resulta que existe una cantidad considerable de árboles entre un DAP $\geq 10 - 20$ cm, es decir 705 árboles un 76 % de las unidades de medición.

Con respecto al volumen, la clase I es la de mayor volumen con 26,94 m³ la menor es la clase IX con 16,42 m³. Entre el rango de DAP $\geq 10 - 20$ cm se tiene un volumen de 51,96 m³, es decir 32 % de las unidades de medición.

Gráfico 1. Clases diamétricas del estudio del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza



Fuente: Base de datos

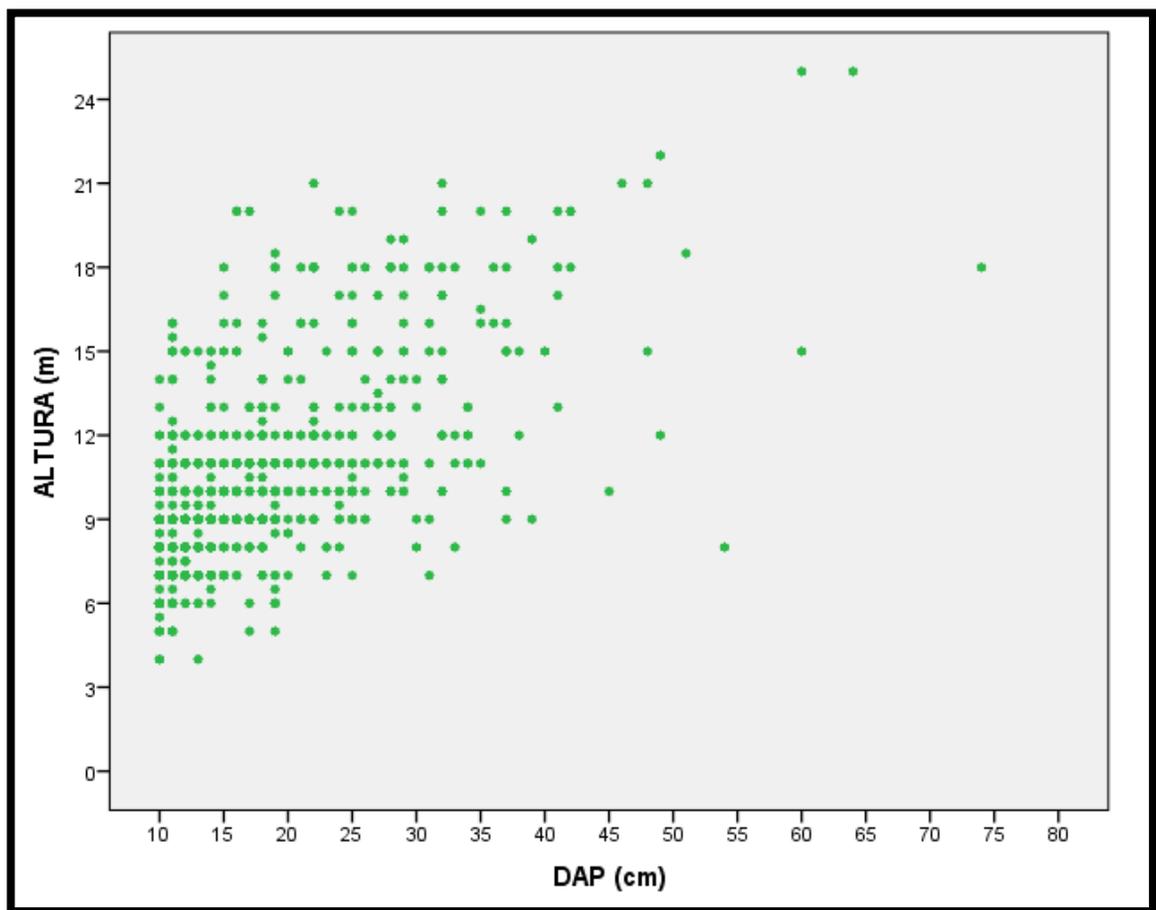
Elaboración: La autora

6.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

6.2.1 RELACIÓN ENTRE DAP Y ALTURA

Se realizó un análisis de relación entre las variables DAP y la altura total del fuste de los árboles, mediante el coeficiente de correlación lineal de Pearson para cuantificar la magnitud de relación entre dichas variables.

Gráfico 2. Relación entre DAP y altura. Coeficiente de correlación de Pearson.



Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desviación estándar	N
ALTURA, m	10,28108	3,190374	925
DAP, cm	17,30	8,108	925

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Correlaciones		
	ALTURA m	DAP cm
ALTURA, m	1	,620**
Correlación de Pearson		
Sig. (bilateral)		,000
N	925	925
DAP, cm	,620**	1
Correlación de Pearson		
Sig. (bilateral)	,000	
N	925	925

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

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Existe una relación positiva entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura del fuste, es decir, a medida que aumentan los valores de DAP, se incrementan los valores de altura de fuste.

6.2.2 ÍNDICES - ANÁLISIS DE BIODIVERSIDAD

Los índices utilizados en el análisis de la medición de la biodiversidad son: Shannon – Wiener, Margalef, Simpson. Este análisis se indica en la tabla siguiente:

Tabla 9. Análisis estadístico para biodiversidad de especies

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA BIODIVERSIDAD DE ESPECIES				
ESPECIE	INDIVIDUOS	ÍNDICES		
		SHANNON - WIENNER	MARGALEF	SIMPSON
<i>Miconia sp.</i>	323	0,53	109	8
<i>Weinmannia pinnata</i> Linnaeus.	86	0,32	29	116
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	72	0,29	24	165
<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier	56	0,24	19	273
<i>Zanthoxylum ekmanii</i> (Urb.) Alain	52	0,23	17	316
<i>Elaeagia sp</i>	43	0,21	14	463
<i>Tibouchina lepidota</i> Cogniaux	34	0,18	11	740
<i>Hyeronima alchornoides</i> Allemão	33	0,17	11	786
<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	31	0,16	10	890
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerem. & Frodin	30	0,16	10	951
<i>Alchornea latifolia</i> Swartz	26	0,14	8	1266
<i>Hedyosmum cuatrecazanum</i>	26	0,14	8	1266

Occhioni				
<i>Vismia acuminata</i> (Lam.) Pers.	24	0,14	8	1485
<i>Critoniopsis sp</i>	18	0,11	6	2641
ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA BIODIVERSIDAD DE ESPECIES				
ESPECIE	INDIVIDUOS	ÍNDICES		
		SHANNON - WIENNER	MARGALEF	SIMPSON
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	13	0,09	4	5063
<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	11	0,08	3	7071
<i>Cecropia sciadophylla</i> Martius	9	0,07	3	10563
<i>Myrica pubescens</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	9	0,07	3	10563
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.	7	0,05	2	17462
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	7	0,05	2	17462
<i>Humiriastrum sp.</i>	4	0,03	1	53477
<i>Eugenia sp.</i>	4	0,03	1	53477
<i>Brunellia sp</i>	2	0,02	0	213906
<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav.) ex J. St.-Hil.) Hoerold	2	0,02	0	213906
<i>Blakea granulosa</i> Gleason	1	0,01	0	855625
<i>Escallonia paniculata</i> (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult.	1	0,01	0	855625
<i>Matisia sp.</i>	1	0,01	0	855625

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Se registró un total de 925 individuos agrupados en 22 familias, 27 géneros y 27 especies.

De acuerdo a los valores obtenidos del análisis de los tres índices existe una relación entre ellos, ya que el resultado de mayor biodiversidad y riqueza coincide entre los índices. Las 3 especies con los índices más abundantes de diversidad son *Miconia sp*, *Weinmannia pinnata*, *Clusia latipes*.

6.3 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Los resultados obtenidos son analizados por la estadística descriptiva mediante histogramas, barras de error, análisis de la varianza (ANOVA), mismos que a su vez son complementados con Tukey.

6.3.1 HISTOGRAMAS

Se aplicaron histogramas de barras simples en el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores indicando la distribución de la población respecto a las variables: altura total del fuste, diámetro a la altura del pecho (DAP), área basal, volumen, biomasa forestal, carbono almacenado, dióxido de carbono almacenado (CO₂).

La tabla siguiente indica la estadística descriptiva de cada variable:

TOTAL ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Tabla 10. Total de estadística descriptiva

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS						
VARIABLES	N	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA		DESVIACIÓN ESTÁNDAR
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico
ALTURA, m	925	4,00	25,00	10,28	0,10	3,19
DAP, cm	925	10	74	17,30	0,267	8,11
ÁREA BASAL, m²	925	0,007	0,432	0,029	0,001	0,035
VOLUMEN, m³	925	0,015	3,979	0,178	0,010	0,318
BIOMASA FORESTAL, t	925	0,011	2,865	0,128	0,008	0,229
CO₂ ALMACENADO, t	925	0,020	5,257	0,236	0,014	0,420
CO₂						
N válido (por lista)	925					

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Se analizaron 925 individuos, pertenecientes a 22 familias, 27 géneros y 27 especies; teniendo mayor presencia la familia Melastomataceae. El género predominante es *Miconia*, mientras que a nivel de especies, la más representativa es *Miconia sp.*

El rango relacionado a la altura total del fuste, oscila entre los 4 a 25 m, siendo la media de 10 m, con un error estándar del 10 %, el resultado del estadístico de la desviación estándar es 3,19.

El DAP, se encuentra en un rango de 10 a 74 cm, el valor promedio de DAP es de 17 cm, con un error estándar del 27 %, obteniendo el estadístico de la desviación estándar de 8,11.

Por su parte, el área basal tiene un rango de 0,007 a 0,432 m², su valor promedio es 0,029 m² con un error estándar de 0,1 %, el estadístico de la desviación estándar es de 0,035.

El volumen de los individuos se encuentra en un rango de 0,015 a 3,98 m³, su valor promedio es de 0,178 m³ y un error estándar del 1 %. El estadístico de la desviación estándar es 0,318.

La biomasa forestal tiene un rango de 0,011 a 2,87 t, con un promedio de 0,128 t con error estándar de 0,8 %. El estadístico de la desviación estándar es de 0,229.

El rango del carbono almacenado, varía de 0,006 a 1,432 t, su promedio es de 0,064 t con un error estándar del 0,4 %, el estadístico de la desviación estándar es de 0,114.

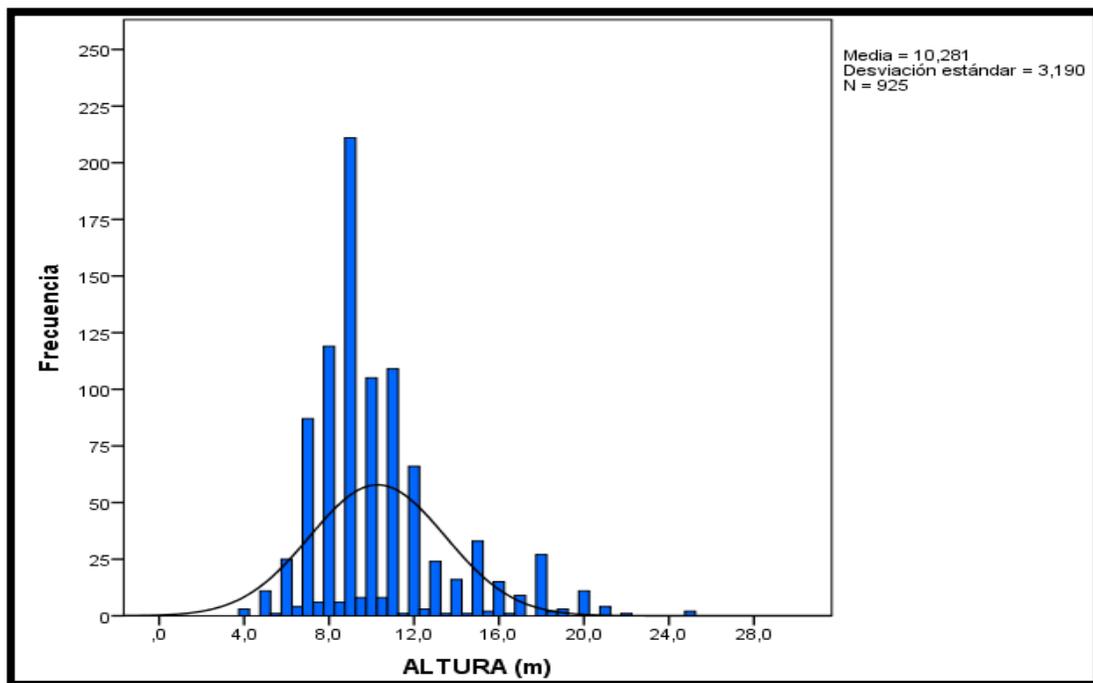
En relación al CO₂ almacenado, su rango oscila entre 0,020 a 5,3 t de CO₂, siendo el promedio por individuo de 0,236 t CO₂, el valor estándar es de 1,40 %. El estadístico de la desviación estándar es de 0,42.

HISTOGRAMAS

6.3.1.1 HISTOGRAMA ALTURA TOTAL DEL FUSTE

El histograma de la altura total del fuste se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 3. Histograma de altura total de fuste



Fuente: Base de datos

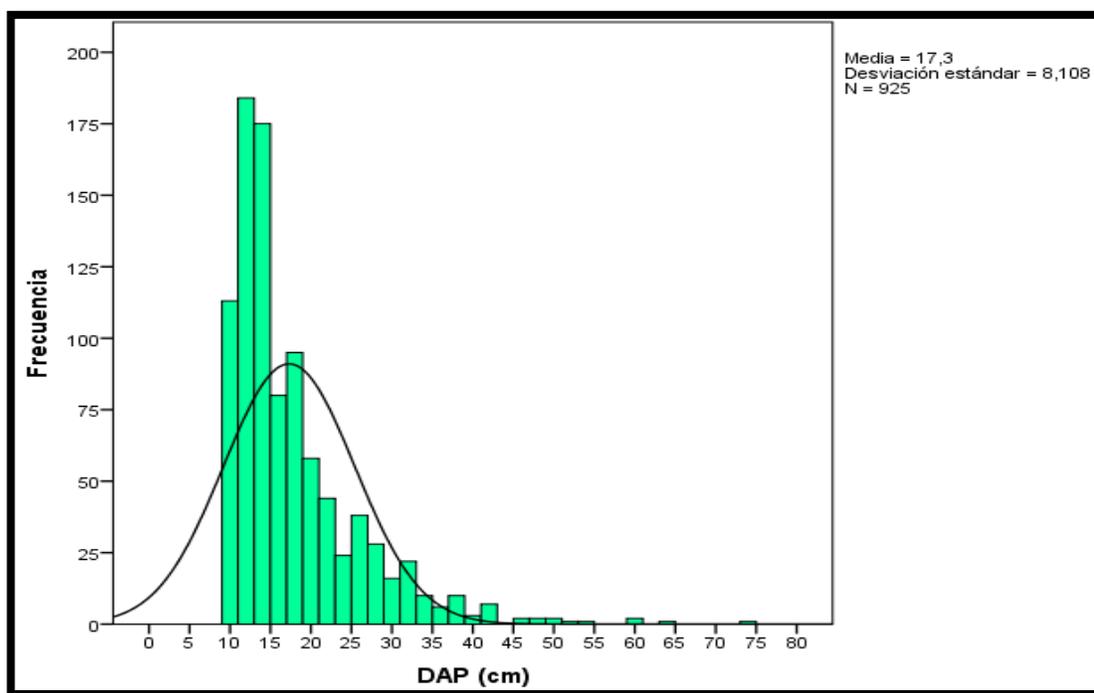
Elaboración: La autora

Del análisis estadístico de los 925 individuos se determinó una altura media de 10,3 m con una desviación de 3,2. La mayor concentración de individuos está entre los 7 a 12 m de altura, valor que representa el 71 % de las unidades de medición. La mayor frecuencia equivale a 221 individuos con una altura de 9 m. Esto expresa que es un bosque joven en proceso de sucesión y a su vez pone de manifiesto que se trata de un bosque intervenido.

6.3.1.2 HISTOGRAMA DEL DAP

El histograma del diámetro a la altura del pecho se muestra en el *Gráfico 4*.

Gráfico 4. Histograma diámetro a la altura del pecho (DAP)



Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

El resultado del análisis estadístico de los 925 datos de DAP de los individuos, se obtuvo una media de 17 cm y una desviación estándar de 8,11. El DAP del bosque en su mayoría se encuentra entre un rango de 10 a 32 cm, con un total de 887 individuos del área, es decir un 96 % de los individuos tiene este rango de DAP.

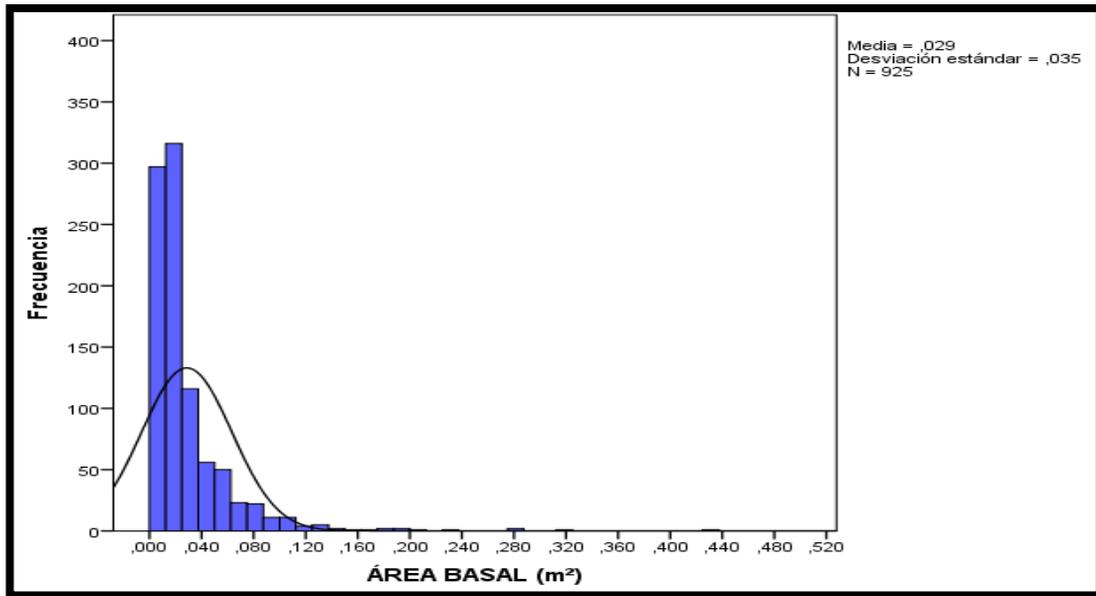
Del total de individuos, 705 árboles tienen un DAP que se encuentran entre el rango de 10 a 20 cm, lo que representó el 76 % del área del estudio. Lo que justifica contemplar el DAP en estas medidas, contrario a lo que dice el “Manual de Campo de la Evaluación

Nacional Forestal de 2012” que recomienda medir los árboles con un DAP superior a 20 cm. Cabe indicar, que en las unidades de medición, se tiene el 76 % del total de los individuos que se encuentran entre 10 cm a 20 cm de DAP con una cantidad de carbono del 32 t que va en desmedro del valor real de los bosques.

6.3.1.3 HISTOGRAMA ÁREA BASAL

El histograma del área basal se muestra en el gráfico siguiente.

Gráfico 5. Histograma de área basal



Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

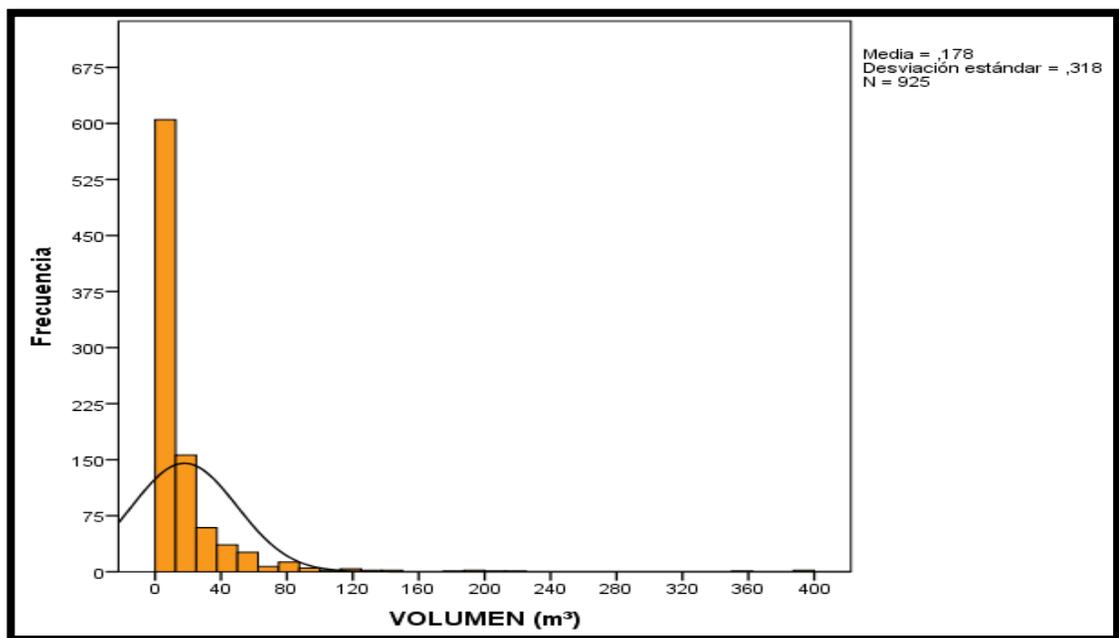
La media de los 925 datos de área basal del total de las unidades de medición es de 0,029 m² con una desviación estándar de 0,035.

El área basal tiene una relación directa con el DAP, debido a que la mayor concentración está entre 0,01 a 0,04, existe una frecuencia del 59 % de los individuos en este rango con un total de 543 árboles. El 41 % del área basal total, está representada por los individuos con un DAP de 10 a 20 cm.

6.3.1.4 HISTOGRAMA VOLUMEN FORESTAL

Los datos registrados del volumen forestal se analizan en el siguiente gráfico de histograma:

Gráfico 6. Histograma volumen



Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

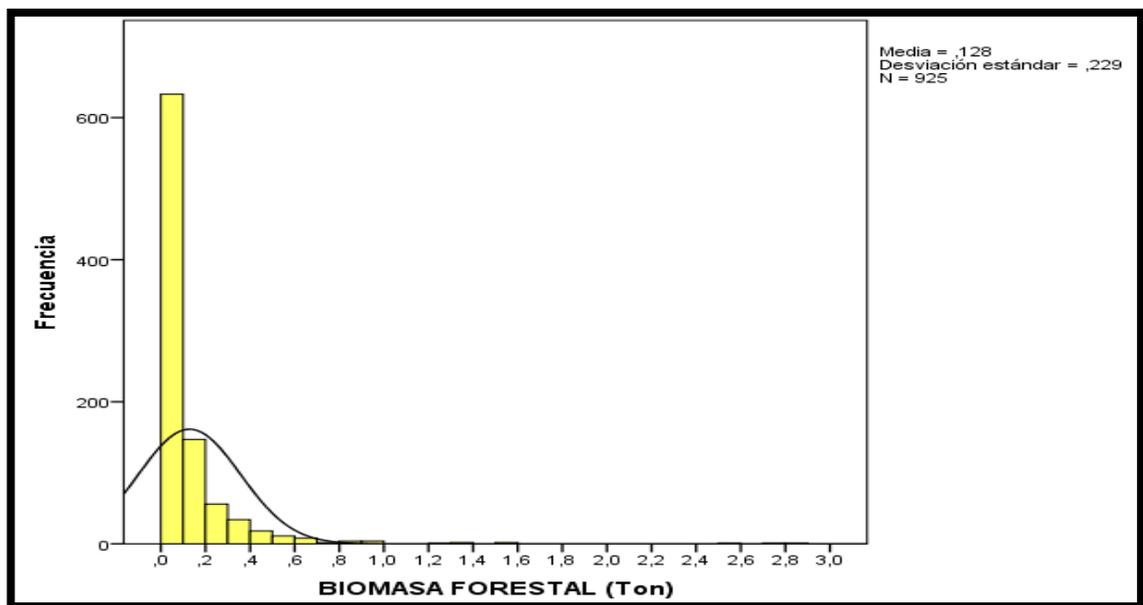
Los 925 individuos, tienen un valor medio de 0,178 m³ con una desviación estándar de 0,318. El volumen en su mayoría se encuentra en un rango de 0,01 a 0,12 m³ lo que indica un total de 594 individuos un total del 64 % de los 925 individuos.

Entre el rango de 10 a 20 cm de DAP, existe un total de 705 individuos con un volumen entre 0,015 a 0,265 m³ y un área basal de 0,007 a 0,033 m², situación que justifica la incorporación entre este rango de DAP con las anteriores variables para el estudio.

6.3.1.5 HISTOGRAMA BIOMASA FORESTAL

Los registros de la biomasa forestal se comportan como indica el *Gráfico de histograma* 7.

Gráfico 7. Histograma biomasa forestal



Fuente: Base de datos

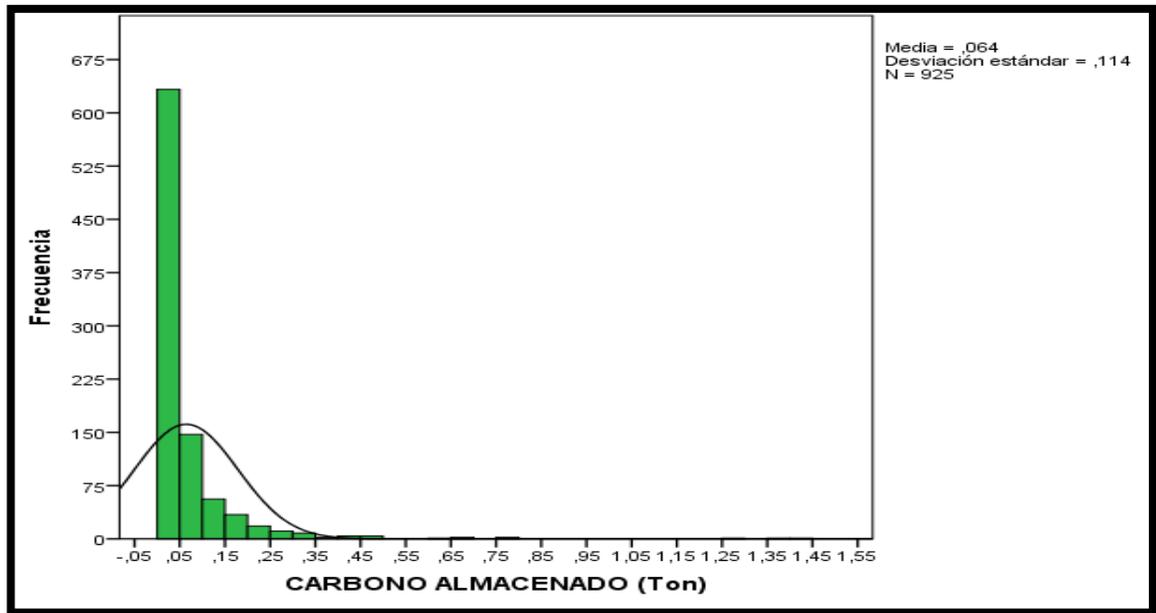
Elaboración: La autora

Se alcanzó un promedio de 0,128 t de biomasa forestal en las unidades de medición con una desviación estándar de 0,229 para los 925 individuos. La biomasa forestal, presenta un rango de 0,04 a 0,16 t lo que indica un 46 % del área del estudio. Entre el rango de 10-20 cm de DAP se obtiene un valor de 37 t del total de las unidades de estudio y 81 t de los árboles mayores a 20 cm.

6.3.1.6 HISTOGRAMA CARBONO ALMACENADO

El carbono almacenado en el *Gráfico de histograma 8* resulta de la siguiente forma.

Gráfico 8. Histograma carbono almacenado



Fuente: Base de datos

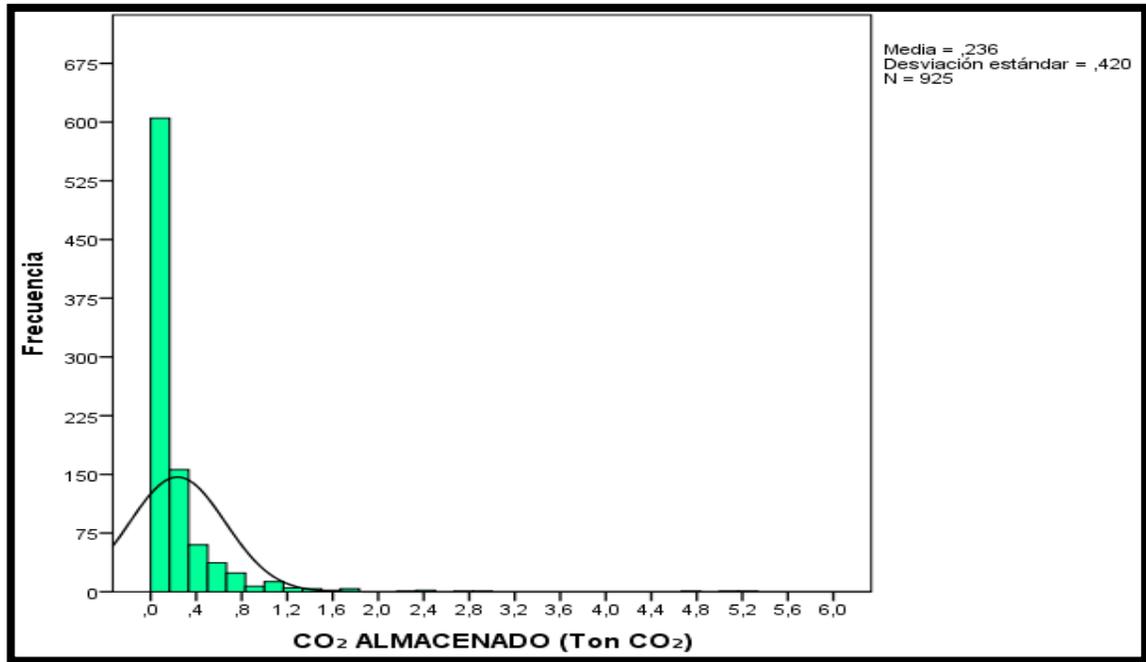
Elaboración: La autora

El carbono almacenado promedio en las unidades de medición es de 0,064 t con una desviación de 0,114 por los 925 individuos. Se obtuvo una considerable cantidad de carbono entre los rangos de 0,009 a 0,05 t de carbono almacenado, con una cantidad de 615 individuos, es decir el 67 % de las unidades de medición dentro de este rango. Entre los rangos de 10 a 20 cm de DAP, existe 19 t, es decir el 32 % del total del carbono almacenado, el 68 % restante pertenece a 41 t de carbono almacenado.

6.3.1.7 HISTOGRAMA CO₂ ALMACENADO

El histograma del CO₂ almacenado se muestra en el gráfico siguiente.

Gráfico 9. Histograma CO₂ almacenado



Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

La media de los 925 datos de CO₂ almacenado de las unidades de medición, es de 0,236 t CO₂ con una desviación estándar de 0,420. El CO₂ almacenado es más abundante entre los rangos de 0,02 a 0,18 t de CO₂ con 636 individuos, un porcentaje del 69 % de las unidades de medición. La cantidad de CO₂ almacenado es de 218 t de CO₂, de las cuales, el 32 % corresponde a los árboles con DAP entre 10 a 20 cm, es decir, 69 t de CO₂. A su vez, los árboles mayores a 20 cm de DAP contienen 149 t CO₂, lo que representa el 68 % de las unidades de medición.

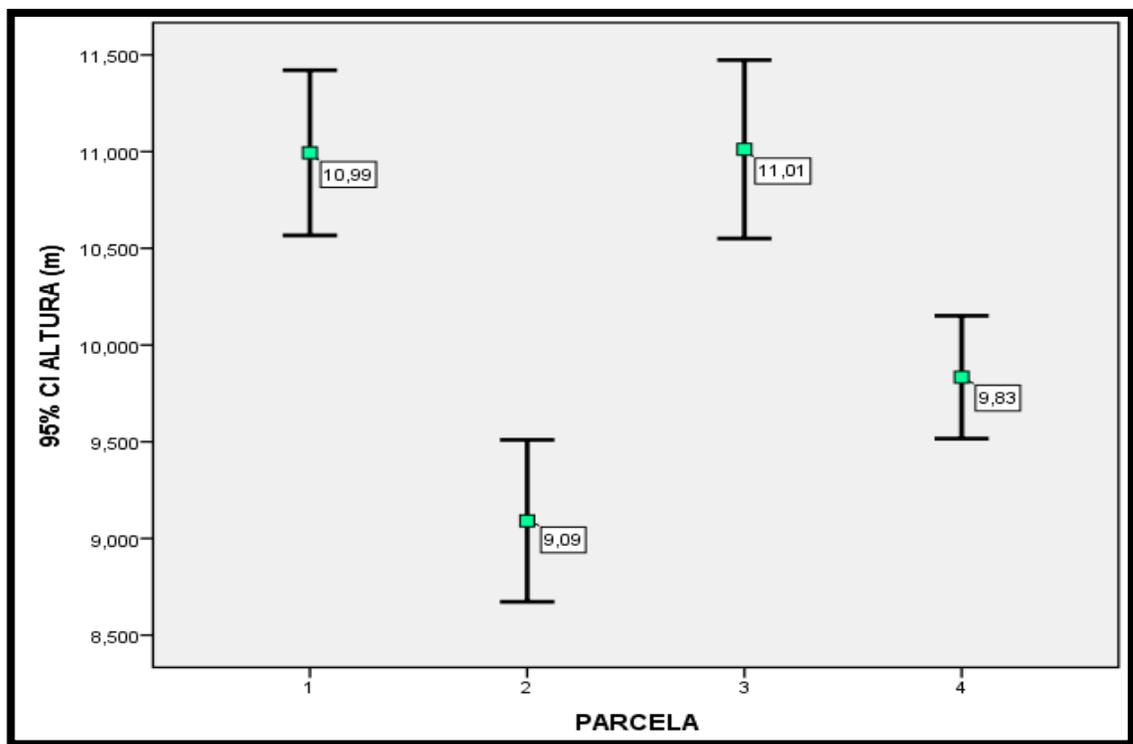
6.3.2 BARRAS DE ERROR

Los gráficos de barra de error, indican el comportamiento de las variables de escala a través de la media. Esta se basa en un punto central que presenta el valor de la media y la distribución de los individuos con respecto a la misma.

6.3.2.1 BARRAS DE ERROR ALTURA TOTAL DEL FUSTE

A continuación se indica la gráfica de barras de error para la altura total del fuste.

Gráfico 10. Barras de error altura total del fuste



Fuente: Base de datos

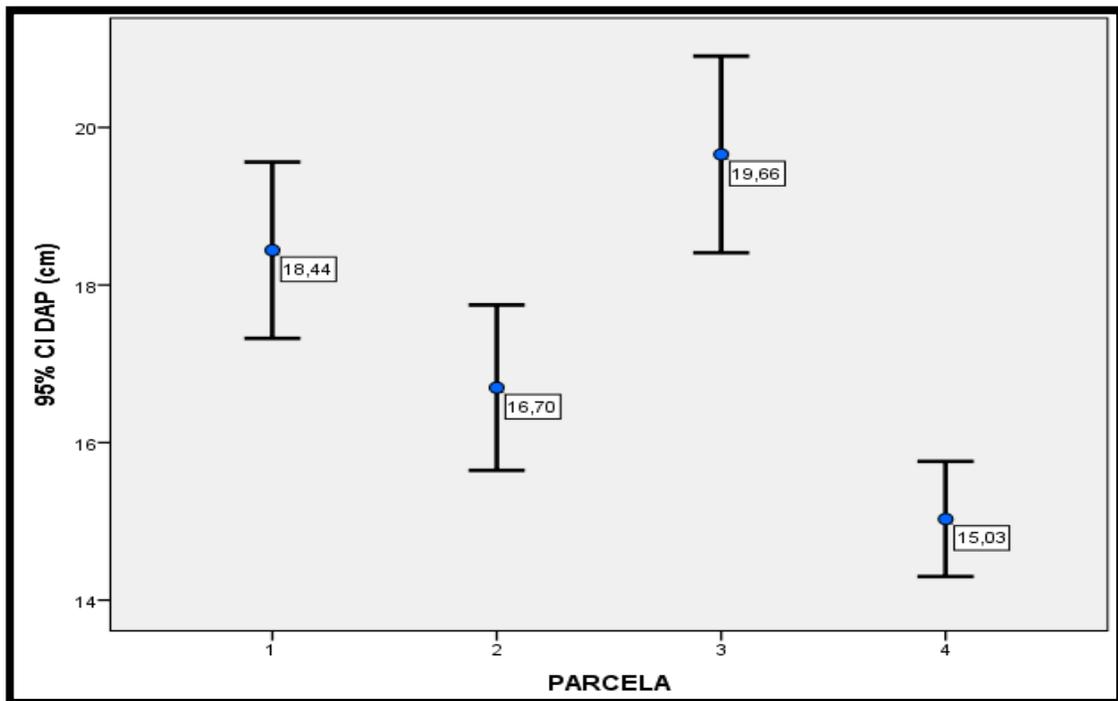
Elaboración: La autora

El valor de la media en la Parcela I con respecto a la altura es de 11 m. En la Parcela II la altura media es de 9 m; en la Parcela III el valor medio de altura es 11 m; la Parcela IV tiene una altura media de 10 m. Además, a nivel de parcelas se puede apreciar que no se observan cambios importantes en la distribución de la variable altura en las distintas parcelas a excepción de la parcela IV, su distribución es menor.

6.3.2.2 BARRAS DE ERROR DEL DAP

La variabilidad de la media se indica en el *Gráfico de barras de error 11*.

Gráfico 11. Barras de error diámetro a la altura del pecho (DAP)



Fuente: Base de datos

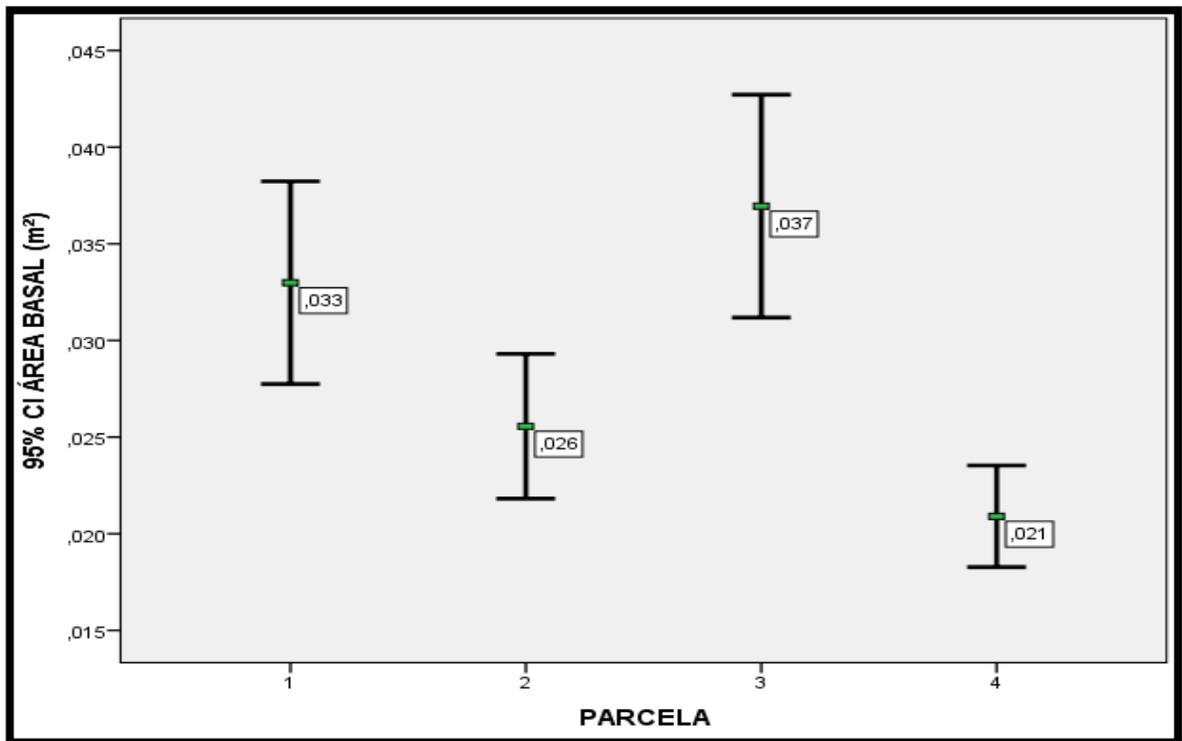
Elaboración: La autora

La media del DAP de la Parcela I es de 18 cm; en la Parcela II es de 17 cm; la Parcela III 20 cm; la Parcela IV tiene un valor de DAP medio de 15 cm. Sin embargo, a nivel de parcelas se puede determinar que no ocurren cambios en la distribución del DAP en las parcelas I, II, III pero la altura en la Parcela IV se percibe una distribución menor en relación al valor medio.

6.3.2.3 BARRAS DE ERROR ÁREA BASAL

Las barras de error del área basal se muestran en el *Gráfico 12*.

Gráfico 12. Barras de error área basal



Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

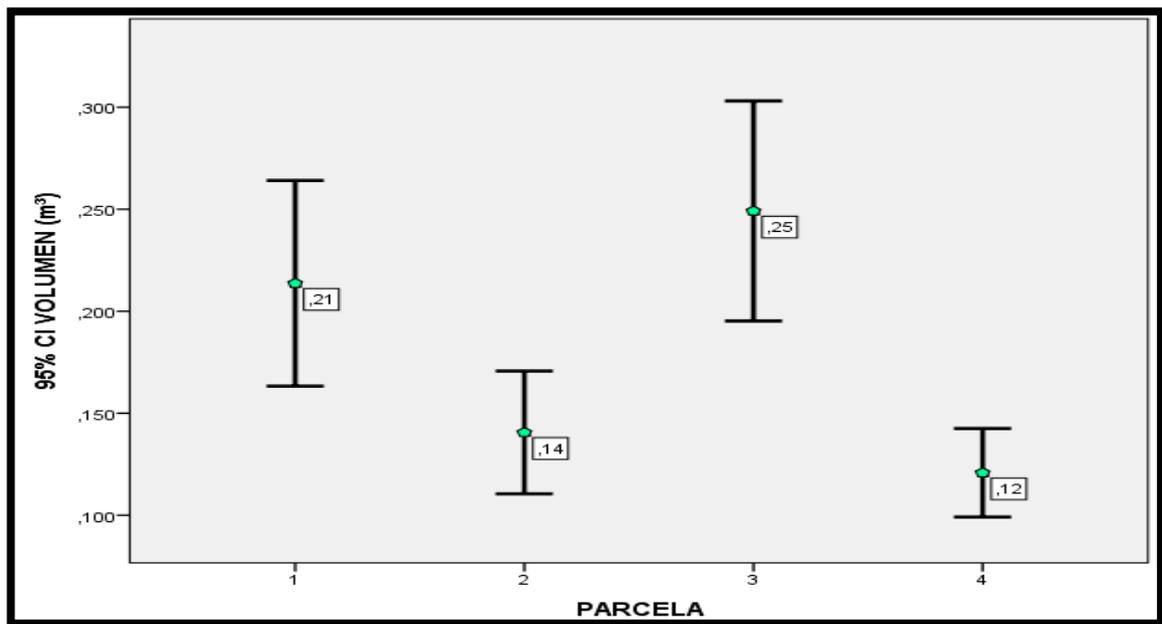
Los valores medios del área basal en el estudio se muestran de la siguiente manera:

La Parcela I con 0,033 m²; en la Parcela II el área basal es de 0,026 m²; en la Parcela III 0,037 m². La Parcela IV tiene un valor medio de 0,021 m². A nivel de conjunto de las parcelas, se establece que no existen mayores cambios en la distribución del DAP en la Parcela I, II, III pero en la Parcela IV se observa una distribución menor con respecto al valor medio.

6.3.2.4 BARRAS DE ERROR VOLUMEN

El volumen de los árboles en las cuatro parcelas se presenta de la siguiente forma:

Gráfico 13. Barras de error volumen



Fuente: Base de datos

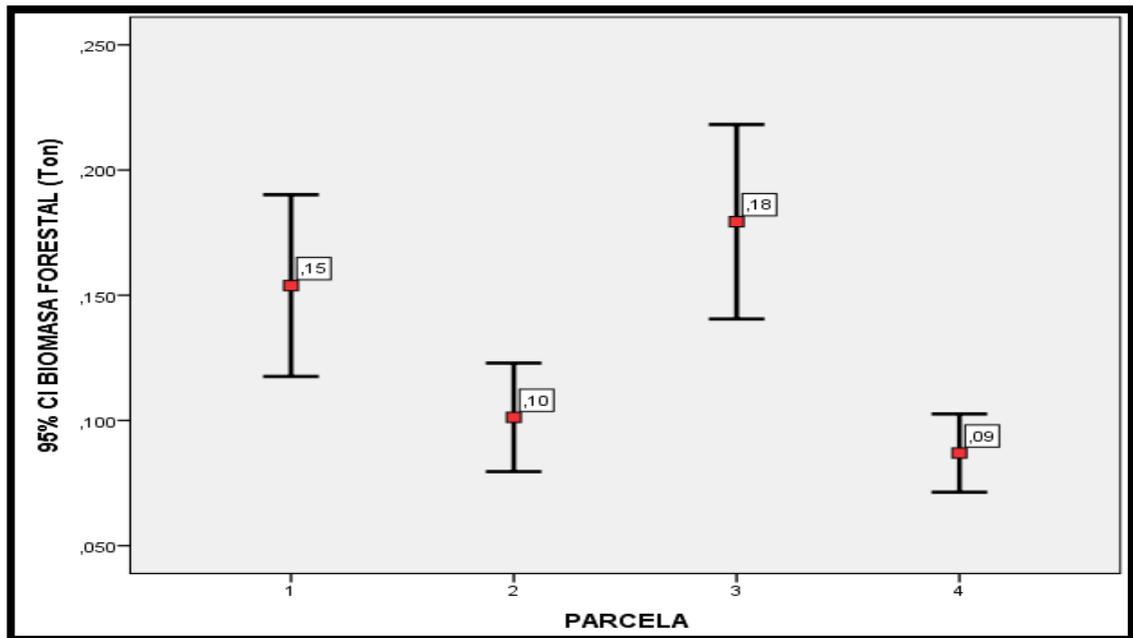
Elaboración: La autora

La Parcela I con una media de 0,21 m³; la Parcela II es 0,14 m³; en la Parcela III es 0,25 m³; la Parcela IV tiene un valor medio de 0,12 m². A nivel de conjunto de parcelas, se puede establecer que no existen cambios en la distribución del volumen en la Parcela I, II, III pero en la Parcela IV se indica una distribución menor con respecto a la media.

6.3.2.5 BARRAS DE ERROR BIOMASA FORESTAL

La variabilidad de la biomasa forestal se indica en el *Gráfico de barras de error 14*.

Gráfico 14. Barras de error biomasa forestal



Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

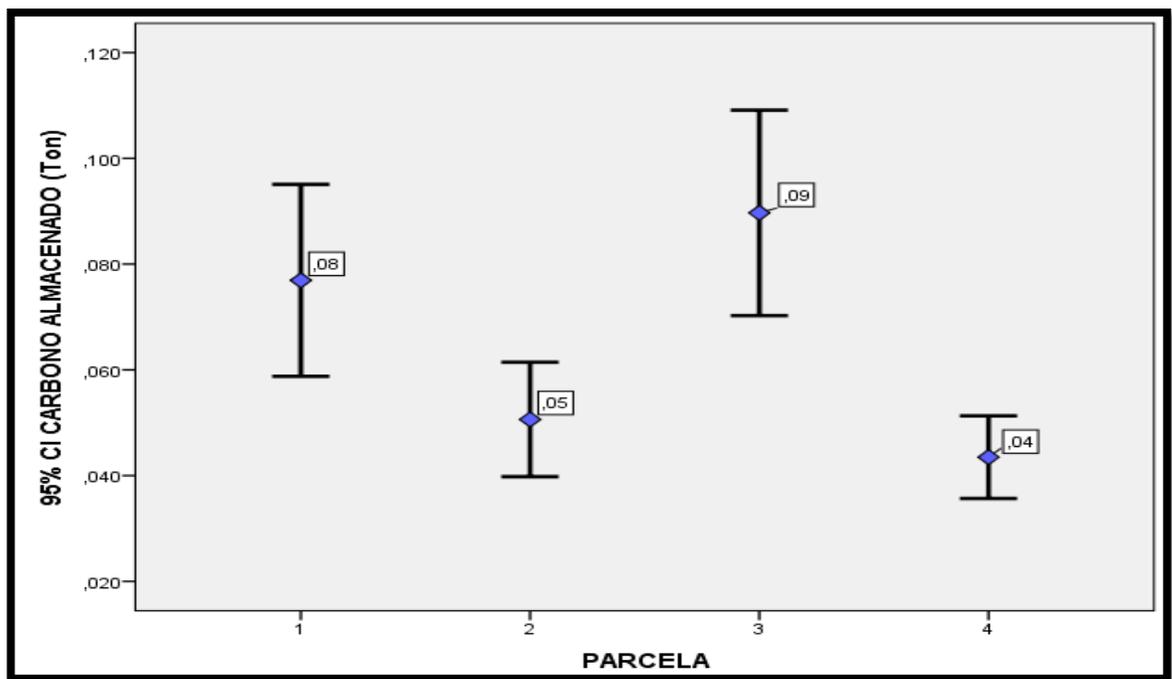
La biomasa forestal se comporta de la siguiente manera: La Parcela I tiene su valor promedio de 0,15 t; en la Parcela II es de 0,10 t; la Parcela III con una media de 0,18 t; la Parcela IV tiene un valor de biomasa forestal medio de 0,09 t. A nivel del conjunto de

parcelas, se muestra que no constan cambios en la distribución de la biomasa forestal en la parcela I, II, III pero altura en la parcela 4 se percibe una distribución menor con respecto al valor medio.

6.3.2.6 BARRAS DE ERROR CARBONO ALMACENADO

Las barras de error del carbono almacenado se indican en el *Gráfico 15*.

Gráfico 15. Barras de error carbono almacenado



Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

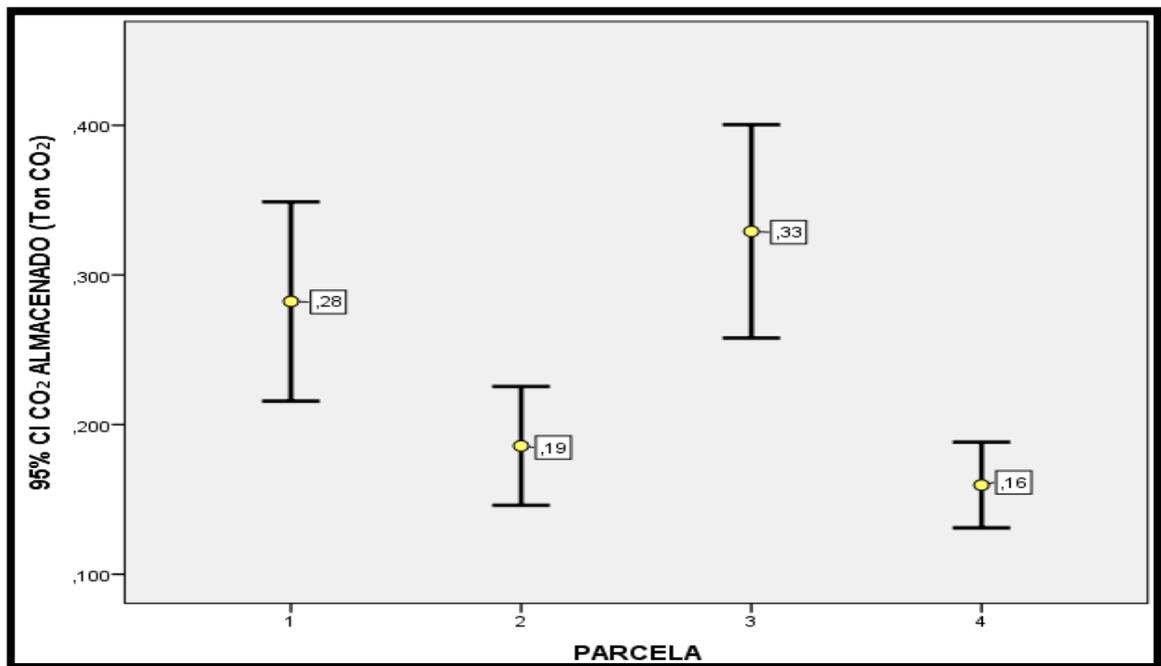
El carbono almacenado la Parcela I tiene su valor promedio de 0,08; en la Parcela II es de 0,05 t; la Parcela III con una media de 0,09 t; la Parcela IV tiene un valor de biomasa forestal medio de 0,04 t. A nivel del conjunto de parcelas, se observó que no existen

cambios en la distribución de la biomasa forestal en la Parcela I, II, III, pero altura en la Parcela IV se percibe una distribución menor con respecto al valor medio.

6.3.2.7 BARRAS DE ERROR CO₂ ALMACENADO

Las barras de error del CO₂ se observan en el *Gráfico 16*.

Gráfico 16. Barras de error CO₂ almacenado



Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

La Parcela I tiene su valor promedio de 0,28 t CO₂; en la Parcela II es de 0,19 t CO₂; la Parcela III con una media de 0,33 t CO₂; la Parcela IV tiene un valor de biomasa forestal medio de 0,16 t CO₂. A nivel del conjunto de parcelas, se observa que no existen cambios en la distribución de la biomasa forestal en la Parcela I, II, III pero altura en la Parcela IV se observa una distribución menor con respecto al valor medio.

6.3.3 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) con los 925 datos, correspondientes a las 4 parcelas del área de estudio.

6.3.3.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA ALTURA TOTAL DEL FUSTE

En la *Tabla 11* se realiza el análisis descriptivo de los datos registrados en las unidades de medición de la altura total del fuste.

Tabla 11. Análisis descriptivo altura total del fuste

DESCRIPTIVO ALTURA, m								
Parcela	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95 % del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
I	249	11	3,42	0,22	10,57	11,42	4,00	25,00
II	165	9	2,72	0,21	8,67	9,51	5,00	19,00
III	210	11	3,39	0,23	10,55	11,47	6,00	22,00
IV	301	10	2,80	0,16	9,52	10,15	4,00	20,00
Total	925	10,28	3,19	0,10	10,08	10,49	4,00	25,00

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

La *Tabla 11*, muestra que la Parcela I, contiene 249 árboles, con una altura mínima de 4 m y un máximo de 25 m. La altura media de los árboles en esta unidad de medición, es de 11 m con una desviación de 3,42 y un error estándar de 22 %. Cabe indicar que con un intervalo de confianza del 95 %, el promedio de la altura de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 10,57 m a 11,42 m

La Parcela II, comprende 165 árboles con un rango de altura de 5 – 19 m, la altura media en esta parcela es de 9 m con una desviación estándar de 2,72 y un error estándar de 21 %. Con un intervalo de confianza del 95 % el promedio de la altura de los árboles del bosque natural Tinajillas, está entre 8,67 a 9,51.

La Parcela III, contiene 210 árboles con una altura mínima de 6 m y una máxima de 22 m, dentro de la parcela la altura media es de 11 m con una desviación de 3,4 con un error estándar de 23 %. Mientras que, con un intervalo de confianza del 95 % el promedio de la altura de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 10,55 a 11,47.

La Parcela IV, engloba las mediciones de la mayoría de individuos que caracterizan a las otras parcelas. Abarca 301 árboles con una altura media de 10 m, una desviación estándar de 2,80, con un error estándar del 16 %. El rango de altura de la Parcela IV, es de una altura mínima de 4 m y una altura máxima de 20 m. El intervalo de confianza del 95 % el promedio de la altura de los árboles del bosque natural Tinajillas, está entre 9,52 a 10,15.

El promedio de la altura de los árboles de las cuatro parcelas es de 10,28 con una desviación estándar de 3,19, un valor mínimo de 4 m y un máximo de 25 m de altura. Con un intervalo de confianza del 95 %, el promedio es de 10,08 – 10,49. Implica que la altura de los árboles en el bosque natural Tinajillas con un 95 % de confianza está entre

10,08 y 10,49 m de altura existiendo un 5 % de probabilidad de que la altura de los árboles esté fuera de este intervalo.

En la siguiente tabla, se desarrolla el ANOVA de la altura total de fuste con las siguientes hipótesis planteadas:

H₀= La media del promedio de las alturas de los árboles en la parcela I, II, III, IV son iguales

H₁= La media del promedio de las alturas de los árboles en la parcela I, II, III, IV son diferentes

Tabla 12. ANOVA altura total del fuste

ANOVA ALTURA, m					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	532,63	3	177,54	18,430	0,000
Dentro de grupos	8872,29	921	9,63		
Total	9404,92	924			

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

De acuerdo al análisis de ANOVA, se encontró una diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$; lo cual nos indica que el promedio de altura de los árboles de cada una de las parcelas es diferente, rechazando la H₀ de igualdad. En relación a la altura, las

mejores parcelas fueron la I y III, debido a que hipotéticamente cuentan con mejores condiciones microclimáticas (posición topográfica favorable).

La prueba de comparación múltiple Tukey, complementa el análisis de ANOVA para cada variable, para identificar si son significativamente diferentes, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 13. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para la altura total del fuste

Variable dependiente: ALTURA, m						
HSD Tukey						
PARCELA		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
I	II	1,903067*	0,311564	0,000	1,10119	2,70495
	III	-0,017929	0,290794	1,000	-0,76635	0,73050
	IV	1,160089*	0,265881	0,000	0,47578	1,84439
II	III	-1,920996*	0,322888	0,000	-2,75202	-1,08997
	IV	-0,742978	0,300646	0,065	-1,51676	0,03080
III	IV	1,178018*	0,279065	0,000	0,45978	1,89626

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Una vez que se estableció la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las parcelas, se determinó las mejores parcelas y aquellas que son iguales entre sí o diferentes según la altura. Para ello, se realizó pruebas post hoc con el estadístico de Tukey. Se observó que la Parcela I comparada con las parcelas II y IV son diferentes por la altura, valor $p=0,000$ y comparado con la Parcela III no son diferentes, valor $p=1,000$. Por otra parte, la Parcela II con la III son diferentes pero la Parcela IV son iguales, valor $p=0,065$. La Parcela III comparada con la IV es diferente.

6.3.3.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL DAP

En la siguiente tabla, se indica cual es el comportamiento del DAP en las 4 parcelas.

Tabla 14. Análisis descriptivo del diámetro a la altura del pecho (DAP)

DESCRIPTIVO DAP, cm								
Parcela	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95 % del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
I	249	18,44	8,97	0,57	17,32	19,56	10	64
II	165	16,70	6,83	0,53	15,65	17,75	10	41
III	210	19,66	9,17	0,63	18,41	20,91	10	74
IV	301	15,03	6,44	0,37	14,30	15,76	10	49
Total	925	17,30	8,11	0,27	16,77	17,82	10	74

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

La Parcela I, alcanzó un DAP promedio de 18,44 cm con una desviación estándar de 8,97 con un error estándar del 57 %. El valor mínimo de DAP que comprende la Parcela I es de 10 cm y valor máximo de 64 cm. No obstante, con un intervalo de confianza del 95 % el promedio de DAP de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 17,32 a 19,56.

La Parcela II, tiene un DAP promedio de 16,70 cm con una desviación estándar de 6,83 con un error estándar del 53 %. El valor mínimo de DAP que tiene la Parcela II, es de 10 cm y valor máximo de 41 cm. Por otra parte, con un intervalo de confianza del 95 % el promedio de DAP de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 15,65 a 17,75.

La Parcela III, obtuvo un DAP promedio de 19,66 cm con una desviación estándar de 9,17 con un error estándar del 63 %. El valor mínimo de DAP que alcanza la Parcela III, es de 10 cm y valor máximo de 74 cm. El intervalo de confianza del 95 % el promedio de DAP de los árboles del bosque natural Tinajillas, está entre 18,41 a 20,91.

La Parcela IV, alcanzó un DAP promedio de 15,03 cm con una desviación estándar de 6,44 con un error estándar del 37 %. El valor mínimo de DAP que abarca la Parcela IV es de 10 cm y valor máximo de 49 cm. En cambio, con un intervalo de confianza del 95 % el promedio de DAP de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 14,30 a 15,76.

El promedio del DAP de los árboles de las cuatro parcelas, es de 17,30 cm con una desviación estándar de 8,11, un valor mínimo de 10 cm y un máximo de 74 cm de DAP. Con un intervalo de confianza del 95 % el promedio es de 16,77 – 17,82. Esto quiere decir, que el DAP de los árboles en el bosque natural Tinajillas con un 95 % de confianza estaría entre 16,77 y 17,82 cm de DAP, existiendo un 5 % de probabilidad de que el DAP de los árboles esté fuera de este intervalo.

El ANOVA estudiado del DAP, se presenta en la *Tabla 15*, las hipótesis planteadas son las siguientes:

H₀= La media del promedio del DAP en la parcela I, II, III, IV son iguales

H₁= La media del promedio del DAP en la parcela I, II, III, IV son diferentes

Tabla 15. ANOVA diámetro a la altura del pecho (DAP)

ANOVA DAP cm					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3102,537	3	1034,179	16,525	0,000
Dentro de grupos	57640,299	921	62,584		
Total	60742,837	924			

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Conforme al análisis de ANOVA, se encontró una diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$; lo cual indica que el promedio de DAP de los árboles de cada una de las parcelas es diferente y se rechaza la H_0 de igualdad. En lo que se refiere al DAP, las parcelas más productivas son Parcela I y la Parcela III.

En la siguiente tabla se indica la prueba de comparación múltiple Tukey para el DAP.

Tabla 16. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para DAP

Variable dependiente: DAP, cm						
HSD Tukey						
(I) PARCELA	(J) PARCELA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	II	1,745	0,794	0,125	-0,3	3,79
I	III	-1,215	0,741	0,357	-3,12	0,69
	IV	3,412*	0,678	0	1,67	5,16
II	III	-2,960*	0,823	0,002	-5,08	-0,84
	IV	1,667	0,766	0,131	-0,31	3,64
III	IV	4,627*	0,711	0	2,8	6,46

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Al realizar un análisis comparativo de las parcelas, se observó que la Parcela I comparada con la Parcela IV son diferentes por la altura, valor $p=0,000$ y comparado con la parcela II y III son iguales, valor $p=0,125$ y $p=0,357$, respectivamente. La Parcela II comparada con la III es diferente, no así con la Parcela IV que son iguales, valor $p=0,131$. Las Parcelas III y IV, son diferentes.

6.3.3.3 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL ÁREA BASAL

En la *Tabla 17*, se realiza el análisis descriptivo de las unidades de medición del área basal.

Tabla 17. Análisis descriptivo del área basal

DESCRIPTIVO ÁREA BASAL, m ²								
Parcela	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95 % del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
I	249	0,033	0,042	0,003	0,028	0,038	0,007	0,318
II	165	0,026	0,024	0,002	0,022	0,029	0,007	0,134
III	210	0,037	0,042	0,003	0,031	0,043	0,007	0,432
IV	301	0,021	0,023	0,001	0,018	0,024	0,007	0,189
Total	925	0,029	0,035	0,001	0,026	0,031	0,007	0,432

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

En la Parcela I, se obtiene un área basal promedio de 0,033 m² con una desviación estándar de 0,042 con un error estándar del 0,3 %. El valor mínimo del área basal que tiene la Parcela I es de 0,007 m² y valor máximo de 0,318 m². El intervalo de confianza del 95 % el promedio del área basal de los árboles del bosque natural Tinajillas, está entre 0,028 a 0,038.

La Parcela II, alcanza un área basal promedio de 0,026 m² con una desviación estándar de 0,024 con un error estándar del 0,2 %. El valor mínimo del área basal que abarca la

Parcela II es de 0,007 m² y valor máximo de 0,134 m². El intervalo de confianza del 95 % el promedio del área basal de los árboles del bosque natural Tinajillas, está entre 0,022 a 0,029.

La Parcela III, tiene un área basal promedio de 0,037 m² con una desviación estándar de 0,042 con un error estándar del 0,3 %. El valor mínimo del área basal que comprende la Parcela III es de 0,007 m² y valor máximo de 0,432 m². El intervalo de confianza del 95 % el promedio del área basal de los árboles del bosque natural Tinajillas, está entre 0,031 a 0,043.

La Parcela IV, rinde un área basal promedio de 0,021 m² con una desviación estándar de 0,023 con un error estándar del 0,1 %. El valor mínimo de DAP que alcanza la Parcela IV es de 0,007 m² y valor máximo de 0,189 m². El intervalo de confianza del 95 % el promedio del área basal de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,018 a 0,024.

El promedio del área basal de los árboles de las cuatro parcelas, es de 0,029 m² con una desviación estándar de 0,035, un valor mínimo de 0,007 y un máximo de 0,432 m² de área basal. El intervalo de confianza del 95 % el promedio es de 0,026 – 0,031. Esto quiere decir, que el área basal de los árboles en el bosque natural Tinajillas con un 95 % de confianza estaría entre 0,026 y 0,031 m² de área basal, existiendo un 5 % de probabilidad de que el área basal de los árboles estén fuera de este intervalo.

El ANOVA investigado del área basal se detalla en la *Tabla 18*, las hipótesis planteadas son:

H₀= La media del promedio del área basal en la parcela I, II, III, IV son iguales

H₁= La media del promedio del área basal en la parcela I, II, III, IV son diferentes

Tabla 18. ANOVA área basal

ANOVA ÁREA BASAL, m ²					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,039	3	0,013	11,116	0,000
Dentro de grupos	1,071	921	0,001		
Total	1,110	924			

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Acorde al análisis de ANOVA, se encontró una diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$; lo cual indica que el promedio de área basal de los árboles de cada una de las parcelas es diferente y se rechaza la H_0 de igualdad. Al igual que la altura total del fuste y el DAP, las parcelas más productivas son la I y III.

La prueba de comparación múltiple para área basal se indica en la *Tabla 19*:

Tabla 19. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para área basal

Variable dependiente: ÁREA BASAL, m ²						
HSD Tukey						
(I) PARCELA	(J) PARCELA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
I	II	0,007427	0,003424	0,133	-0,00139	0,01624

	III	-0,003961	0,003196	0,602	-0,01219	0,00426
Variable dependiente: ÁREA BASAL, m²						
HSD Tukey						
(I) PARCELA	(J) PARCELA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
I	IV	0,012087*	0,002922	0	0,00457	0,01961
II	III	-0,011388*	0,003548	0,008	-0,02052	-0,00226
	IV	0,00466	0,003304	0,493	-0,00384	0,01316
III	IV	0,016048*	0,003067	0	0,00815	0,02394
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Entre las parcelas, se analizó qué parcelas son las mejores e iguales o diferentes según el área basal. Se realizó pruebas post hoc con el estadístico de Tukey. Se examinó que la Parcela I comparada con la parcela IV, son diferentes por el área basal, valor $p=0,000$ y comparado con la parcela II y III no son diferentes, valor $p=0,133$ y $p=0,602$, respectivamente. En cambio la Parcela II comparada con la III es diferente pero comparada con la Parcela IV no son diferentes, valor $p=0,493$. Por su parte, la Parcela III con la Parcela IV son diferentes.

6.3.3.4 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL VOLUMEN FORESTAL

El volumen forestal se presenta de la siguiente forma:

Tabla 20. Análisis descriptivo volumen forestal

DESCRIPTIVO VOLUMEN, m ³								
Parcela	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95 % del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
I	249	0,21	0,40	0,03	0,16	0,26	0,02	3,98
II	165	0,14	0,20	0,02	0,11	0,17	0,02	1,19
III	210	0,25	0,40	0,03	0,20	0,30	0,03	3,89
IV	301	0,12	0,19	0,01	0,10	0,14	0,02	1,39
Total	925	0,18	0,32	0,01	0,16	0,20	0,02	3,98

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

La Parcela I, corresponde a un volumen promedio de 0,21 m³ con una desviación estándar de 0,40 con un error estándar del 3 %. El valor mínimo de volumen que contiene la Parcela I es de 0,02 m³ y valor máximo de 3,98 m³. El intervalo de confianza del 95 % el promedio de volumen de los árboles del bosque natural Tinajillas, está entre 0,16 a 0,26.

La Parcela II, comprende un volumen promedio de 0,14 m³ con una desviación estándar de 0,20 con un error estándar del 2 %. El valor mínimo del volumen que tiene la Parcela

II es de 0,02 m³ y valor máximo de 1,19 m³. El intervalo de confianza del 95 % el promedio de volumen de los árboles del bosque natural Tinajillas, está entre 0,11 a 0,17.

La Parcela III, abarca un área basal promedio de 0,25 m³ con una desviación estándar de 0,40 con un error estándar del 0,3 %. El valor mínimo del volumen que abarca la Parcela III es de 0,03 m³ y valor máximo de 3,89 m³. El intervalo de confianza del 95 % el promedio de volumen de los árboles del bosque natural Tinajillas, está entre 0,20 a 0,30.

La Parcela IV, contiene un volumen promedio de 0,12 m² con una desviación estándar de 0,19 con un error estándar del 1 %. El valor mínimo del volumen que abarca la Parcela IV es de 0,02 m³ y valor máximo de 1,39 m³. El intervalo de confianza del 95 % el promedio de volumen de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,10 a 0,14.

El promedio del volumen de los árboles de las cuatro parcelas, es de 0,18 m³ con una desviación estándar de 0,32, un valor mínimo de 0,02 y un máximo de 3,98 m³ de volumen. Con un intervalo de confianza del 95 % el promedio es de 0,16 – 0,20 m³. Esto quiere decir, que el volumen de los árboles en el bosque natural Tinajillas con un 95 % de confianza estaría entre 0,16 y 0,20 m³ de volumen existiendo un 5 % de probabilidad de que el volumen de los árboles estén fuera de este intervalo.

El ANOVA analizado del volumen se indica en la *Tabla 21*, las hipótesis planteadas son las siguientes:

H₀= La media del promedio del volumen en la parcela I, II, III, IV son iguales

H₁= La media del promedio del volumen en la parcela I, II, III, IV son diferentes

Tabla 21. ANOVA volumen forestal

ANOVA VOLUMEN, m ³					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,595	3	0,865	8,795	0,000
Dentro de grupos	90,567	921	0,098		
Total	93,162	924			

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Conforme al análisis de ANOVA, se encontró una diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$; lo cual nos indica que el promedio de volumen de los árboles de cada una de las parcelas es diferente, rechazando la H_0 de igualdad.

La prueba de comparación múltiple para volumen se indica en la *Tabla 22*:

Tabla 22. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para volumen forestal

Variable dependiente: VOLUMEN, m ³						
HSD Tukey						
(I) PARCELA	(J) PARCELA	Diferencia de medias (I-J)	de	Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza

					Límite inferior	Límite superior
I	II	0,073081	0,031479	0,094	-0,00794	0,1541
	III	-0,035454	0,02938	0,623	-0,11107	0,04016
Variable dependiente: VOLUMEN, m³						
HSD Tukey						
(I) PARCELA	(J) PARCELA	Diferencia de medias (I-J)	de Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
I	IV	0,092867*	0,026863	0,003	0,02373	0,16201
II	III	-0,108534*	0,032623	0,005	-0,1925	-0,02457
	IV	0,019787	0,030376	0,915	-0,05839	0,09796
III	IV	0,128321*	0,028195	0	0,05575	0,20089
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

A la par del cálculo realizado sobre la existencia de diferencias estadísticamente significativas, se estableció un análisis comparativo del volumen entre parcelas. Para lo cual, se realizaron pruebas post hoc con el estadístico de Tukey. Se observó que la Parcela I comparada con la Parcela IV son diferentes por el volumen, valor $p=0,003$ y comparado con la parcela II y III no son diferentes, valor $p=0,094$ y $p=0,623$, respectivamente. En cambio la Parcela II comparada con la III es diferente pero comparada con la Parcela IV no son diferentes, valor $p=0,915$. La Parcela III con la Parcela IV son diferentes.

6.3.3.5 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA BIOMASA FORESTAL

La biomasa forestal se muestra de la siguiente forma:

Tabla 23. Análisis descriptivo biomasa forestal

DESCRIPTIVO BIOMASA FORESTAL, t								
Parcela	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95 % del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
I	249	0,15	0,29	0,02	0,12	0,19	0,01	2,86
II	165	0,10	0,14	0,01	0,08	0,12	0,01	0,86
III	210	0,18	0,29	0,02	0,14	0,22	0,02	2,80
IV	301	0,09	0,14	0,01	0,07	0,10	0,01	1,00
Total	925	0,13	0,23	0,01	0,11	0,14	0,01	2,86

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

La Parcela I, alcanzó una biomasa forestal promedio de 0,15 t con una desviación estándar de 0,29 con un error estándar del 2 %. El valor mínimo de la biomasa forestal que abarca la Parcela I es de 0,01 t y valor máximo de 2,86 t. El intervalo de confianza del 95 % el promedio de la biomasa forestal de los árboles del bosque natural Tinajillas, está entre 0,12 a 0,19.

La Parcela II, obtuvo una biomasa forestal promedio de 0,10 t con una desviación estándar de 0,14 con un error estándar del 1 %. El valor mínimo de la biomasa forestal que tiene la Parcela II es de 0,01 t y valor máximo de 0,86 t. Mientras que con un intervalo de confianza del 95 %, el promedio de la biomasa forestal de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,08 a 0,12.

La Parcela III, adquirió una biomasa forestal promedio de 0,18 t con una desviación estándar de 0,29 con un error estándar del 2 %. El valor mínimo de la biomasa forestal que comprende la Parcela III es de 0,02 t y valor máximo de 2,80 t. El intervalo de confianza del 95 % el promedio de la biomasa forestal de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,14 a 0,22.

La Parcela IV, rindió una biomasa forestal promedio de 0,09 t con una desviación estándar de 0,14 con un error estándar del 1 %. El valor mínimo de la biomasa forestal que alcanza la Parcela IV es de 0,01 t y valor máximo de 1,00 t. No obstante, con un intervalo de confianza del 95 % el promedio de la biomasa forestal de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,07 a 0,10.

El promedio de la biomasa forestal de los árboles de las cuatro parcelas es de 0,13 t con una desviación estándar de 0,23, un valor mínimo de 0,01 y un máximo de 2,86 m³ de biomasa forestal. Con un intervalo de confianza del 95 % el promedio es de 0,11 – 0,14 t. Esto quiere decir, que la biomasa forestal de los árboles en el bosque natural Tinajillas con un 95 % de confianza estaría entre 0,11 y 0,14 t de biomasa forestal existiendo un 5 % de probabilidad de que el volumen de los árboles esté fuera de este intervalo.

El ANOVA estudiado de la biomasa forestal, se presenta en la *Tabla 24*, las hipótesis planteadas son las siguientes:

H₀= La media del promedio de la biomasa forestal en la parcela I, II, III, IV son iguales

H₁= La media del promedio de la biomasa forestal en la parcela I, II, III, IV son diferentes

Tabla 24. ANOVA biomasa forestal

ANOVA BIOMASA FORESTAL, t					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,345	3	0,448	8,795	0,000
Dentro de grupos	46,950	921	0,051		
Total	48,295	924			

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

De acuerdo al análisis de ANOVA, se encontró una diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$; lo cual indica que el promedio de la biomasa forestal de los árboles de cada una de las parcelas es diferente, rechazando la H_0 de igualdad.

Tabla 25. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para biomasa forestal

Variable dependiente: BIOMASA FORESTAL, t						
HSD Tukey						
(I) PARCELA	(J) PARCELA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
I	II	0,052618	0,022665	0,094	-0,00571	0,11095

	III	-0,025527	0,021154	0,623	-0,07997	0,02892
	IV	0,066864*	0,019341	0,003	0,01709	0,11664
Variable dependiente: BIOMASA FORESTAL, t						
HSD Tukey						
	(I) PARCELA	(J) PARCELA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza
						Límite inferior
						Límite superior
	II	III	-0,078145*	0,023488	0,005	-0,1386
		IV	0,014246	0,02187	0,915	-0,04204
	III	IV	0,092391*	0,0203	0	0,04014
						0,14464
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Al realizar un análisis comparativo de la biomasa forestal entre parcelas, aplicando las pruebas post hoc con el estadístico de Tukey, se observó que la Parcela I comparada con la Parcela IV son diferentes por el biomasa forestal, valor $p = 0,003$ y comparado con la parcela II y III no son diferentes, valor $p = 0,094$ y $p = 0,623$, respectivamente. En cambio la Parcela II comparada con la III es diferente pero comparada con la Parcela IV no son diferentes, valor $p = 0,915$. Entre las Parcelas III y IV existen diferencias.

6.3.3.6 ANÁLISIS DESCRIPTIVO CARBONO ALMACENADO

Tabla 26. Análisis descriptivo carbono almacenado

DESCRIPTIVO CARBONO ALMACENADO, t								
Parcela	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95 % del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
I	249	0,08	0,15	0,01	0,06	0,10	0,01	1,43
II	165	0,05	0,07	0,01	0,04	0,06	0,01	0,43
III	210	0,09	0,14	0,01	0,07	0,11	0,01	1,40
IV	301	0,04	0,07	0,004	0,04	0,05	0,01	0,50
Total	925	0,06	0,11	0,004	0,06	0,07	0,01	1,43

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

La Parcela I, contiene un carbono almacenado promedio de 0,08 t con una desviación estándar de 0,15 con un error estándar del 1 %. El valor mínimo del carbono almacenado que abarca la Parcela I es de 0,01 t y valor máximo de 1,43 t. Sin embargo, con un intervalo de confianza del 95 % el promedio del carbono almacenado de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,06 a 0,10.

La Parcela II, corresponde a un carbono almacenado promedio de 0,05 t con una desviación estándar de 0,07 con un error estándar del 1 %. El valor mínimo de carbono almacenado que contiene la Parcela II es de 0,01 t y valor máximo de 0,43 t. Mientras que, con un intervalo de confianza del 95 % el promedio del carbono almacenado de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,04 a 0,06.

La Parcela III, abarca un carbono almacenado promedio de 0,09 t con una desviación estándar de 0,14 con un error estándar del 1 %. El valor mínimo del carbono almacenado que abarca la Parcela III es de 0,01 t y valor máximo de 1,40 t. El intervalo de confianza del 95 % el promedio del carbono almacenado de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,07 a 0,11.

La Parcela IV, comprende un carbono almacenado promedio de 0,04 t con una desviación estándar de 0,07 con un error estándar del 0,4 %. El valor mínimo del carbono almacenado que tiene la Parcela IV es de 0,01 t y valor máximo de 0,50 t. El intervalo de confianza del 95 % el promedio del carbono almacenado de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,04 a 0,05.

El promedio el carbono almacenado de los árboles de las cuatro parcelas es de 0,06 t con una desviación estándar de 0,11, un valor mínimo de 0,01 y un máximo de 1,43 t de carbono almacenado. Con un intervalo de confianza del 95 % el promedio es de 0,06 – 0,07 t. Esto quiere decir, que el carbono almacenado de los árboles en el bosque natural Tinajillas con un 95 % de confianza estaría entre 0,06 y 0,07 t de carbono almacenado existiendo un 5 % de probabilidad de que el volumen de los árboles esté fuera de este intervalo.

El ANOVA estudiado del carbono almacenado se presenta en la *Tabla 27*, las hipótesis planteadas son las siguientes:

H₀= La media del promedio del carbono almacenado en la parcela I, II, III, IV son iguales

H₁= La media del promedio del carbono almacenado en la parcela I, II, III, IV son diferentes

Tabla 27. ANOVA carbono almacenado

ANOVA CARBONO ALMACENADO, t					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,336	3	0,112	8,795	0,000
Dentro de grupos	11,738	921	0,013		
Total	12,074	924			

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Conforme al análisis de ANOVA, se encontró una diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$; lo cual indica que el promedio del carbono almacenado de los árboles de cada una de las parcelas es diferente, rechazando la H₀ de igualdad.

Tabla 28. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para carbono almacenado

Variable dependiente: CARBONO ALMACENADO, t						
HSD Tukey						
(I) PARCELA	(J) PARCELA	Diferencia de medias (I-J)	de Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
I	II	0,026309	0,011332	0,094	-0,00286	0,05548
	III	-0,012763	0,010577	0,623	-0,03999	0,01446
	IV	0,033432*	0,009671	0,003	0,00854	0,05832
II	III	-0,039072*	0,011744	0,005	-0,0693	-0,00885
	IV	0,007123	0,010935	0,915	-0,02102	0,03527
III	IV	0,046196*	0,01015	0	0,02007	0,07232

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

El análisis comparativo del carbono almacenado entre parcelas, aplicando las pruebas post hoc con el estadístico de Tukey, se determina que la Parcela I comparada con la parcela IV son diferentes por el carbono almacenado, valor $p=0,003$ y comparado con la parcela II y III no son diferentes, valor $p=0,094$ y $p=0,623$, respectivamente. En cambio la Parcela II comparada con la III es diferente pero comparada con la parcela IV no son diferentes, valor $p=0,915$. La Parcela III con la Parcela IV son diferentes.

6.3.3.7 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL CO₂ ALMACENADO

Tabla 29. Análisis descriptivo CO₂ almacenado

DESCRIPTIVO CO ₂ ALMACENADO, t CO ₂								
Parcela	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95 % del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
I	249	0,28	0,53	0,03	0,22	0,35	0,02	5,26
II	165	0,19	0,26	0,02	0,15	0,23	0,02	1,57
III	210	0,33	0,52	0,04	0,26	0,40	0,04	5,14
IV	301	0,16	0,25	0,01	0,13	0,19	0,02	1,83
Total	925	0,24	0,42	0,01	0,21	0,26	0,02	5,26

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

La Parcela I, alcanzó un CO₂ almacenado promedio de 0,28 t con una desviación estándar de 0,53 con un error estándar del 3 %. El valor mínimo de CO₂ almacenado que contiene la Parcela I es de 0,02 t y valor máximo de 5,26 t, mientras que con un intervalo de confianza del 95 %, el promedio de CO₂ almacenado de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,22 a 0,35.

La Parcela II, consideró un CO₂ almacenado promedio de 0,19 t con una desviación estándar de 0,26 con un error estándar del 2 %. El valor mínimo de CO₂ almacenado que comprende la Parcela II es de 0,02 t y valor máximo de 1,57 t. El intervalo de confianza del 95 % el promedio CO₂ almacenado de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,15 a 0,23.

La Parcela III, resultó con un CO₂ almacenado promedio de 0,33 t con una desviación estándar de 0,52 con un error estándar del 4 %. El valor mínimo de CO₂ almacenado que engloba la Parcela IV es de 0,04 t y valor máximo de 5,14 t. El intervalo de confianza del 95 % el promedio de CO₂ almacenado de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,26 a 0,40.

La Parcela IV, se obtuvo un CO₂ almacenado promedio de 0,16 t con una desviación estándar de 0,25 con un error estándar del 1 %. El valor mínimo de CO₂ almacenado que tiene la Parcela IV es de 0,02 t y valor máximo de 1,83 t. El intervalo de confianza del 95 % el promedio de CO₂ almacenado de los árboles del bosque natural Tinajillas está entre 0,13 a 0,19.

El promedio del CO₂ almacenado de los árboles de las cuatro parcelas es de 0,24 t con una desviación estándar de 0,42, un valor mínimo de 0,02 y un máximo de 5,26 t de CO₂ almacenado. Con un intervalo de confianza del 95 % el promedio es de 0,21 – 0,26 t. Esto quiere decir, que el CO₂ almacenado de los árboles en el bosque natural Tinajillas con un 95 % de confianza estaría entre 0,21 y 0,26 t de carbono almacenado existiendo un 5 % de probabilidad de que el volumen de los árboles esté fuera de este intervalo.

El ANOVA estudiado del CO₂ almacenado se presenta en la *Tabla 30*, las hipótesis planteadas son las siguientes:

H₀= La media del promedio del CO₂ almacenado en la parcela I, II, III, IV son iguales

H₁= La media del promedio del CO₂ almacenado en la parcela I, II, III, IV son diferentes

Tabla 30. ANOVA CO₂ almacenado

ANOVA CO ₂ ALMACENADO, t CO ₂					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4,529	3	1,510	8,795	0,000
Dentro de grupos	158,092	921	,172		
Total	162,621	924			

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Acorde al análisis de ANOVA, se encontró una diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$; lo cual indica que el promedio de la CO₂ almacenado de los árboles de cada una de las parcelas es diferente se rechaza la H₀ de igualdad. De igual manera, por la altura, DAP, área basal, volumen, biomasa forestal, carbono almacenado, CO₂ almacenado la mejor parcela fue la Parcela I y la Parcela III debido a que tienen mejores condiciones de almacenamiento.

La prueba de comparación múltiple del CO₂ almacenado indica la siguiente *Tabla 31*:

Tabla 31. Prueba de comparación múltiple HSD Tukey para CO₂ almacenado

Variable dependiente: CO ₂ ALMACENADO, t CO ₂						
HSD Tukey						
(I) PARCELA	(J) PARCELA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
I	II	0,096554	0,041589	0,094	-0,01049	0,20359
	III	-0,046841	0,038817	0,623	-0,14675	0,05306
	IV	0,122696*	0,035491	0,003	0,03135	0,21404
II	III	-0,143396*	0,043101	0,005	-0,25433	-0,03246
	IV	0,026142	0,040132	0,915	-0,07715	0,12943
III	IV	0,169538*	0,037251	0	0,07366	0,26541

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

El análisis comparativo del CO₂ almacenado entre parcelas, aplicando las pruebas post hoc con el estadístico de Tukey, expresa que la Parcela I comparada con la Parcela IV son diferentes por el CO₂ almacenado, valor p =0,003 y comparado con la parcela II y III no son diferentes, valor p=0,094 y p=0,623, respectivamente. En cambio la Parcela II comparada con la III es diferente pero comparada con la Parcela IV no son diferentes, valor p=0,915. La Parcela III con la Parcela IV son diferentes.

6.3.4 ANÁLISIS DE ÁRBOL DE REGRESIÓN CART

Para este análisis estadístico de los datos en base a CART, se utilizó el programa informático ScanWin. La *Tabla 32* indica la matriz de confusión para este caso.

Tabla 32. Matriz de confusión

		Clases asignadas				ng
		Clases	A'	B'	C'	
Clases verdaderas	A	306	2	0	308	
	B	2	305	1	308	
	C	0	1	308	309	
	ng'	308	308	309	n=925	

Elaboración: La autora

Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

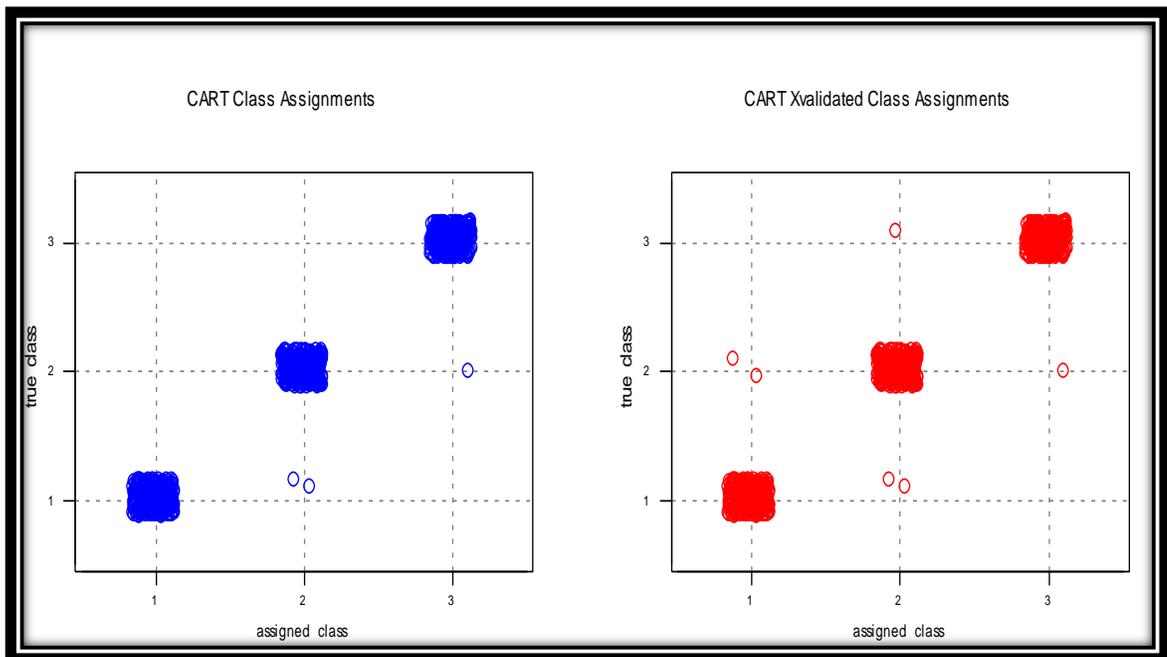
En la diagonal principal de la matriz de confusión de la *Tabla 32* se indica los objetos correctamente clasificados. En este caso la clase A contiene treientos seis, la clase B treientos cinco, la clase C treientos ocho.

Los valores que se encuentran fuera de las celdas de la diagonal son aquellos objetos que son asignados erróneamente a otras clases y en donde se calcula el error del modelo. Así pues, dos objetos de la clase A son asignados a la clase B, dos objetos de B son asignados a la clase A y uno objeto a la clase C y un objeto de la clase C es asignado a la clase B.

La columna que indica (**ng**), representa el número de objetos distribuidos en las clases originales. La línea de la tabla (**ng'**) reporta el total de los objetos redistribuidos en las tres clases en base del modelo calculado.

6.3.4.1 MATRIZ DE CONFUSIÓN

Gráfico 17. Matriz de confusión



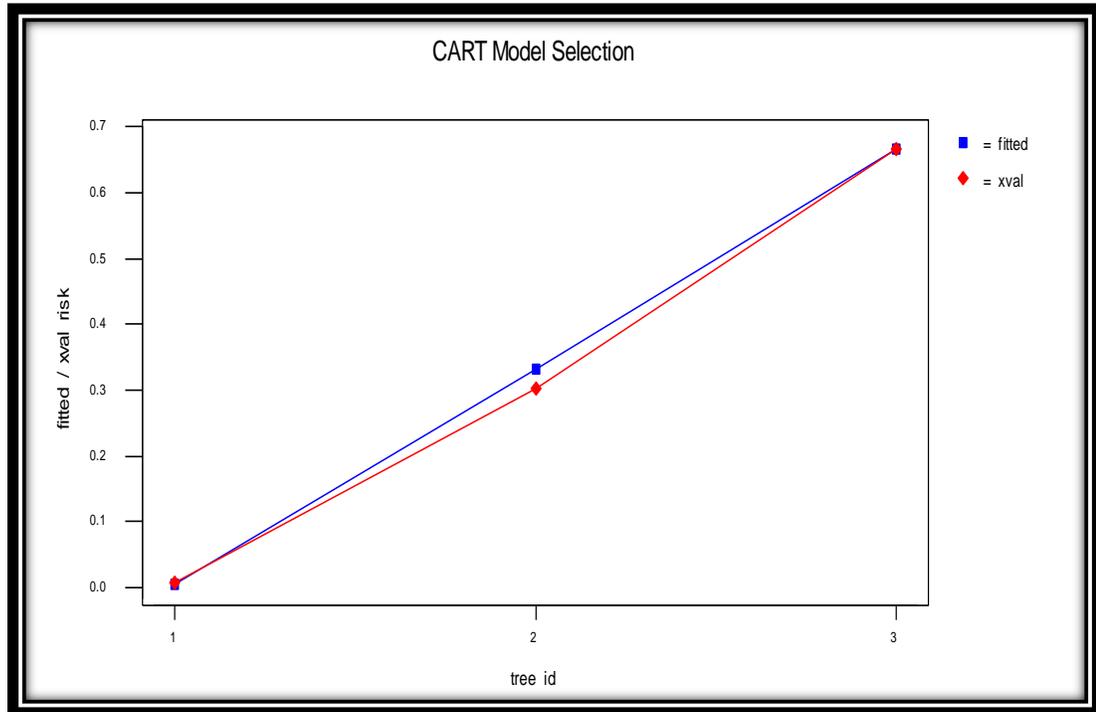
Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

El *Gráfico 17*, es una representación gráfica de dos matrices de confusión, en donde se obtiene a lado derecho es la predicción del modelo y la línea roja lo que resulta en la realidad.

6.3.4.2 VALIDACIÓN DEL MODELO

Gráfico 18. Validación del modelo



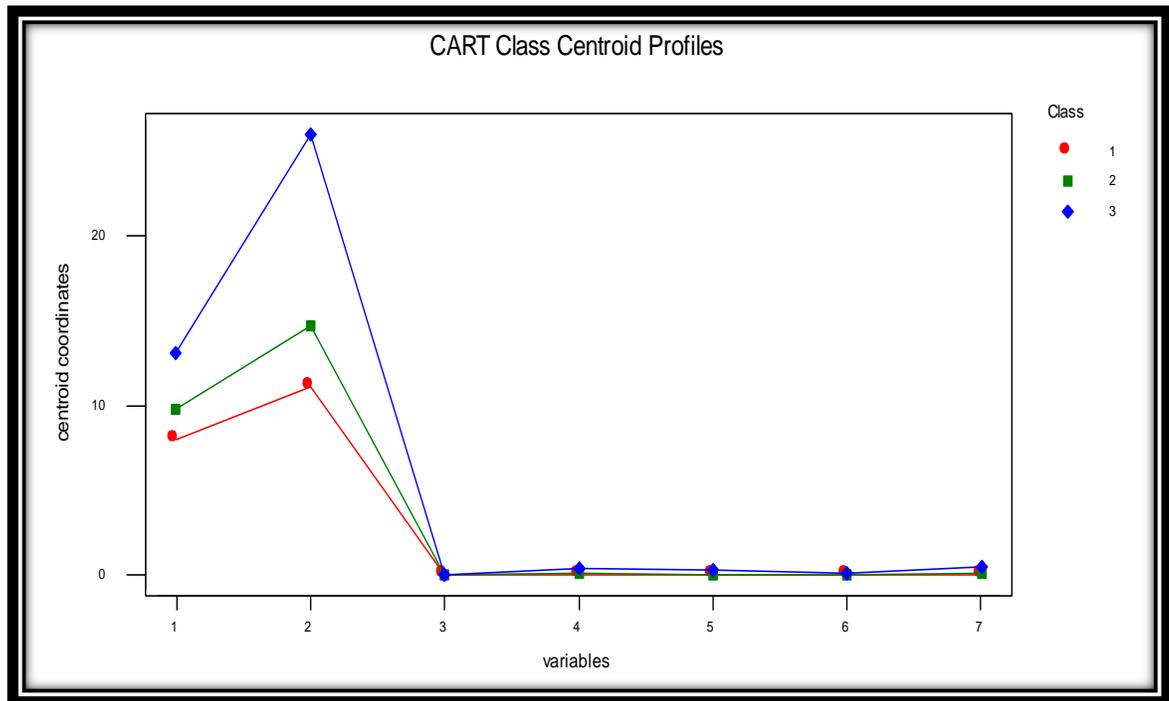
Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

El *Gráfico 18*, presenta los valores de ajuste y la predicción asociada a cada clase. Es decir, la línea azul es la predicción del modelo y la línea roja lo que resulta en la realidad. Mientras más pegadas se encuentran ambas líneas es mejor el modelo.

6.3.4.3 CENTROIDES

Gráfico 19. Centroides



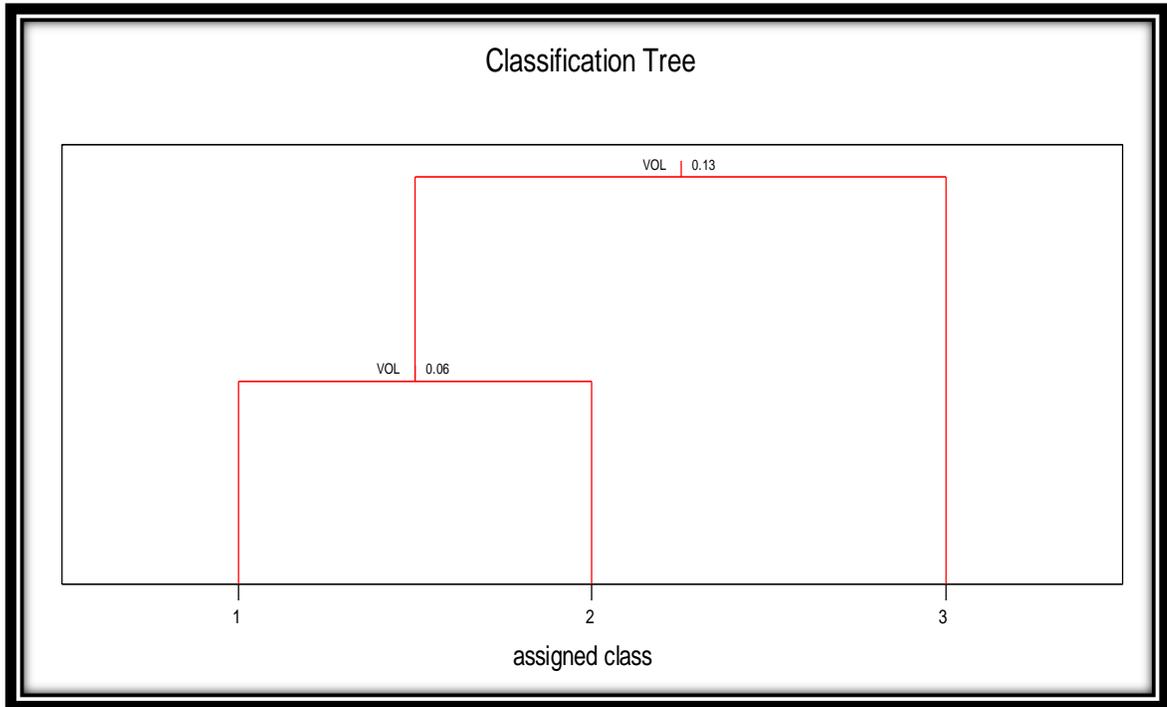
Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

Para este análisis se consideró la altura total del fuste (1), diámetro a la altura del pecho (2), área basal (3), volumen (4), biomasa forestal (5), carbono almacenado (6), CO₂ almacenado (7). El *Gráfico 19*, indica el cálculo de las medias calculadas en cada variable, para señalar cuál de las siete variables analizadas es un factor determinante para la medición. En este caso el resultado indica que las variables altura total del fuste (1) y diámetro a la altura del pecho (2) son factores determinantes para la estimación de carbono almacenado.

6.3.4.4 ÁRBOL DECISIÓN

Gráfico 20. Árbol de decisión



Fuente: Base de datos

Elaboración: La autora

En primera instancia, el *Gráfico 20*, indica lo siguiente. Los objetos con valores mayores que 0,13 conforman la clase 3(rama derecha), los menores pertenecen a la clase 2. Los valores superiores a 0,06 forman parte de la clase 2 y los menores a la clase 1.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- ❖ La flora del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza, está compuesta por una alta diversidad, representada por 22 familias, 27 géneros y 27 especies. Las familias con más de una especie son: Clusiaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Melastomataceae; las familias con mayor influencia son Melastomataceae, Clusiaceae, Cunoniaceae, Lauraceae y Euphorbiaceae. Con respecto al género, el más abundante es *Miconia*, le siguen *Weinmannia* y *Clusia*. En cuanto a las especies predominantes, éstas son: *Miconia sp.*, *Weinmannia pinnata*, *Clusia latipes*.
- ❖ El volumen de madera existente en el estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza es de 115 m³/ha, representado en su mayoría por la familia *Melastomataceae* y la especie *Miconia sp* con 35 m³/ha y 23 m³/ha respectivamente.
- ❖ Con respecto al DAP, se presentaron 9 clases diamétricas, dando como resultado que la clase I, que comprende entre $\geq 10 - 15$ cm, es la que mayor número de individuos y volumen de madera arroja clase que conforma la mayor parte de los 514 individuos, resultando de estos un volumen de 18,68 m³/ha
- ❖ La cantidad de carbono almacenado en el área de estudio del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza, contiene 4 835 t, resultando 41 t/ha. La familia con mayor cantidad es *Melastomataceae* con una cantidad de 13 t/ha. Así mismo, la especie con mayor cantidad de carbono almacenado es *Miconia sp.* con un valor de 8 t/ha.
- ❖ El CO₂ almacenado en el área de estudio del bosque Tinajillas-Limón Indanza es 17 864 t, representando 151 t/ha. Igualmente, en el contenido volumen, carbono almacenado y CO₂ la familia y especie con mayor cantidad son

Melastomataceae con 46 ton/ha de CO₂ almacenado y *Miconia sp.* con un valor de 31 t/ha de CO₂. En la clase I de DAP el CO₂ almacenado es 25 t/ha.

7.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar más investigaciones sobre la cuantificación de carbono en otros sectores y tipos de bosque del país, para establecer comparaciones entre estos tipos de bosques, considerando los diferentes factores ambientales que pueden influir en la cantidad de carbono presente.
- ❖ El bosque estudiado, por estar cerca de la vía principal que lleva a Limón Indanza y áreas de pastoreo existe un grado de explotación del bosque. Por tal razón, amerita generar estrategias para su conservación y el manejo correcto. Estos bosques antes que productores deben ser considerados bosques protectores, por lo que deben realizarse estudios para adjudicarle tal categoría.
- ❖ Desarrollar investigaciones de la medición de la biomasa en su conjunto, es decir, biomasa, necromasa, y que estos resultados se incluyan en los inventarios forestales nacionales de la totalidad del bosques.
- ❖ Analizar los árboles que han llegado a su estado de desarrollo maduro donde su capacidad de tasa acumulación de carbono ha disminuido para que se dé un manejo y un aprovechamiento de estos árboles para que contribuya a la sucesión de los árboles que se encuentran en estado de regeneración o jóvenes que están en condiciones provechosas para la acumulación de carbono.
- ❖ Gestionar la posibilidad de vender Certificados de Reducción de Emisiones (CERs), tomando en cuenta las particularidades que se pueda determinar con nuevas investigaciones de otros bosques.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado Verdín, V. M. *Probabilidad y estadística: Serie Universitaria Patria*. México: Larousse - Grupo Editorial Patria. (2014).
- Alvarez, N. *Fijación de carbono en la biomasa y en el suelo de especies forestales nativas del trópico húmedo*. Costa Rica: Universidad Earth. (2005).
- Andrade, H., & Muhammed, I. *Como monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles*. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (2003).
- Benjamín Ordóñez, J. A., & Masera, O. *Captura de carbono ante el cambio climático*. México: Red Instituto de Ecología A.C. (2001).
- Bentes, M., & Andrade, H. *Dasometría aplicada a la Agroforestería*. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (2004).
- Bertzky, M., Ravillous, C., Kapos, V., Dickson, B., Carrión, D., Chiu, M., & Araujo, A. *Carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos: explorando los beneficios múltiples*. Ecuador. Cambridge; Reino Unido: UNEP - WCMC PNUMA. (2011).
- Brown, S. *Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data*. USA: Forest Science. United States Department of Agriculture (USDA). (1989).
- Brown, S., & FAO. *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1997).
- Calderón, D., & Solís, D. *Cuantificación del carbono almacenado en tres fincas en tres estados de desarrollo del bosque de Pino (*Pinus oocarpa*, L) Dipilto, Nueva*

- Segovia, Nicaragua*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. (2012).
- Cancino, J. O. *Dendrometría básica*. Concepción, Chile: Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento manejo de Bosques y Medio Ambiente. (2006).
- Castillo, M. C. C., & Jordán, M. A. *Meteorología y clima*. Barcelona, España: Universidad Politècnica de Catalunya. (1999).
- Castro Carranza, C. de. *Ecología y desarrollo humano sostenible*. Valladolid: Universidad valladolid. (2004).
- CDM Watch. *Manual del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)*. Bruselas, Bélgica: Carbon Market Watch. Scrutinizing Carbon Offsets. (2010).
- Comisión de las Comunidades Europeas, & Dirección General del Medio Ambiente. *El Cambio climático: ¿qué es? : introducción para jóvenes*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. (2006).
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. *Unidos por el clima guía de la Convención sobre el cambio climático y el protocolo de Kyoto*. Bonn, Alemania; Climate Change Secretariat (UNFCCC; [España; Ministerio del Medio Ambiente. (2007).
- Díaz, J. *Comparación entre árboles de regresión CART y regresión lineal*. Medellín. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Escuela de estadística. (2012).
- Elías Castells, X. *Biomasa y bioenergía*. España: Ediciones Díaz de Santos. (2012).
- Erickson, J., Echaniz, I., & Arce Ruiz, R. M. *El efecto invernadero: el desastre de mañana, hoy*. Madrid, España: McGraw-Hill. (1992).

- FAO. *Evaluación de los recursos forestales mundiales a 2005*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2004a).
- FAO. *Manual de campo: Inventario Forestal Nacional*. Guatemala: Programa de Evaluación de los Recursos Forestales. (2004b).
- FAO. *Términos y definiciones*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2004c).
- FAO. *Glosario sobre el Cambio Climático y Bioenergía*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009).
- FAO. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: informe principal*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2010a).
- FAO. *Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2010b).
- FAO. *Situación de los bosques del mundo*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2011).
- FAO., & Corp. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2010).
- Fernández, C. G. El Cambio Climático: Los Aspectos Científicos Y Económicos Más Relevantes. *Nómadas*, 32(4), 1-28. (2011).
- Frioni, L. *Procesos microbianos*. Argentina: Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. (1999).

- Fronzizi, I. M. de R. L., & Vergarra, C. *El Mecanismo de Desarrollo Limpio guía de orientación 2009*. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio. (2009).
- Grijalva, Galindo, & Añazco. *Situación de los Recursos Genéticos Forestales en Ecuador*. Quito, Ecuador. (2012).
- Gutiérrez, F., & Albánchez, I. *Biología: la célula*. USA: Firms Press. (2010).
- Hamilton, K., Sjardin, M., Shapiro, A., & Marcello, T. *Fortifying the foundation: State of the voluntary carbon markets 2009*. Nueva York, EEUU: Ecosystem Marketplace. (2009).
- Imaña, J. *Dasometría práctica*. Brasilia. Brasil: Universidad de Brasilia. (1998).
- IPCC. *Cambio Climático 1995: Segunda Evaluación*. Nueva York, EEUU: Panel Intergubernamental del Cambio Climático. (1995).
- IPCC. *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 4: Tierras forestales* (Vol. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros servicios de la tierra). Paris. Francia: IPCC. (1996a).
- IPCC. *Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático: Documento técnico I del IPCC*. Ginebra, Suiza: Panel Intergubernamental del Cambio Climático. (1996b).
- IPCC. *Cambio climático 2001: La base científica. Tercer Informe de Evaluación*. Suiza: Panel Intergubernamental del Cambio Climático. (2001).
- IPCC. *Cambio climático y Biodiversidad* (Vol. Documento técnico V del IPCC). Ginebra, Suiza: Panel Intergubernamental del Cambio Climático. (2002).
- IPCC. *La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono*. Suiza: Panel Intergubernamental del Cambio Climático. (2005a).

- IPCC. *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para UTCUTS. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura*. Ginebra, Suiza: Panel Intergubernamental del Cambio Climático. (2005b).
- IPCC. *Cambio climático 2007: Base de las Ciencias Físicas*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press. (2007a).
- IPCC. *Cambio climático 2007: Informe de síntesis*. Ginebra, Suiza: Panel Intergubernamental del Cambio Climático. (2007b).
- IPCC. *Cambio climático 2013: Bases físicas*. Ginebra, Suiza: Panel Intergubernamental del Cambio Climático. (2013).
- Jandl, R. *Secuestro de carbon en bosques: El papel del suelo*. Viena, Austris: Centro de Investigación Forestal: Revista Forestal Iberoamérica. (2003).
- Kovalevski, L., & Macat, P. *Alternativas no paramétricas de la clasificación multivariada*. Argentina: Instituto de Investigaciones Técnicas y Aplicadas, Escuela de Estadística, Facultad de Ciencias Económicas y Estadística, Universidad Nacional de Rosario. (2012).
- MacDicken, K. *A Guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects: Forest Carbon Monitorin Program*. USA: Winrock International Institute. (1997).
- MAE. *Gobernanza Forestal en el Ecuador*. Ecuador: Organización Internacional de Maderas Tropicales. (2011).
- MAE. *La preparación para REDD+ en Ecuador*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012a).

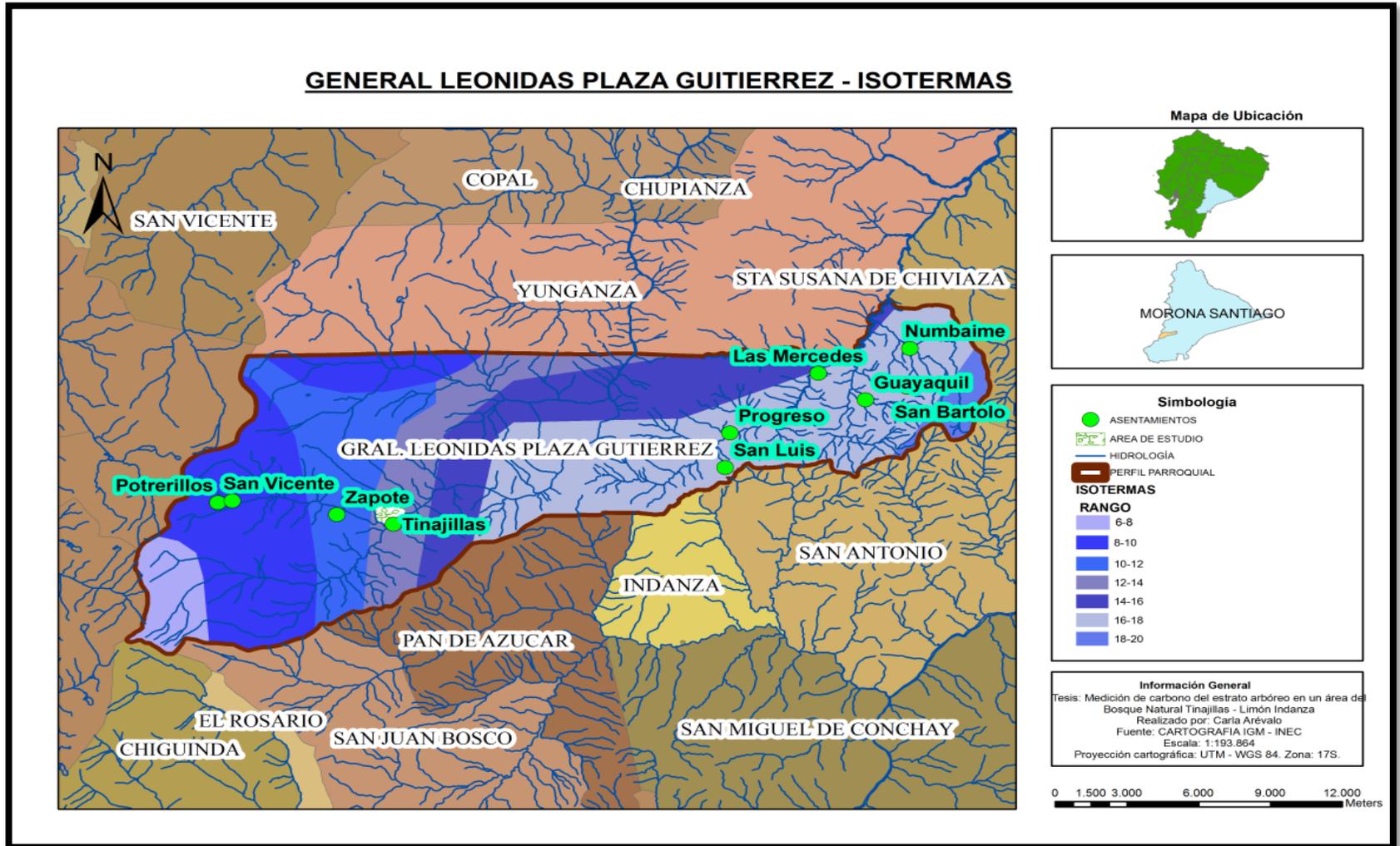
- MAE. *Manual de Campo: Evaluación Nacional Forestal*. Quito, Ecuador: Programa de Evaluación Nacional Forestal. (2012b).
- MAE. *Plan de Manejo Área Ecológica de Conservación Municipal Tinajilas-Río Gulaceño (AECMTRG)*. Limón Indanza - Ecuador.: Programa de Apoyo al SNAP y Equanativa Cia. Ltda. (2014).
- Manson, R. H. (Ed.). *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación* (1. ed). México: Instituto de Ecología : Instituto Nacional de Ecología. (2008).
- Mediavilla Pérez, M. J. *Atmósfera: materia y radiación*. España: Equipo Sirius. (2005).
- MINAM. *Guía práctica para desarrolladores de proyectos MDL*. Lima - Perú: Ministerio del Ambiente MINAM. (2011).
- Montero, G., Ruiz-Peinado, R., & Muñoz, M. *Producción de biomasa y fijación de CO2 por los bosques españoles*. (2005).
- Montero, G., Ruiz-Peinado, R., & Muñoz, M. *Producción de biomasa y fijación de CO2 por los bosques españoles*. España: INIA - Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. (2006).
- ONU. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Nueva York, EEUU: Organización de las Naciones Unidas. (1992).
- ONU. *Protocolo de Kyoto 1998*. Japón: Organización de las Naciones Unidas. (1998).
- ONU - REDD. *Estrategia del Programa ONU REDD. 2011 - 2015*. Ginebra, Suiza: International Environment House. (2010).
- Orozco Vélchez, L., Brumér, C., & CATIE. *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. Turrialba: CATIE. (2002).

- Pardos Carrión, J. A. *Los Ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global*. [Madrid]: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Ciencias e Innovación. (2010).
- Pedrinaci, E., Gil, C., & Carrión, F. *Biología y Geología: Proyecto de Exosfera*. Madrid: SM. (2003).
- Picos, J., & Cogolludo, M. *Apuntes de dasometría*. España: Universidad de Vigo. (2007).
- PNUD, & MAE. *Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*. Ecuador: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2011).
- PNUMA. *Introducción al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)*. Roskilde, Dinamarca: Riso National Laboratory Roskilde. (2004).
- PNUMA. *Pnuma Anuario 2010 Avances Y Progresos Científicos En Nuestro Cambiante Medio Ambiente*. Nairobi, Kenya: United Nations Pubns. (2011).
- Romahn, F., & Ramírez, H. *Dendrometría*. México: Universidad autónoma Chapingo. (2010).
- Rügnitz Tito, M., Chacón León, M., & Porro, R. *Guía para la determinación de carbono en pequeña propiedades rurales*. Lima: World Agroforestry Centre. (2012).
- Russo, R. *Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal* (Universidad Earth). Costa Rica: Unidad de Carbono Neutro. (2009).
- Schlegel, B., Gayoso, J., & Guerra, J. *Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales* (Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial). Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile. INFOR. FONDEF. (2001).

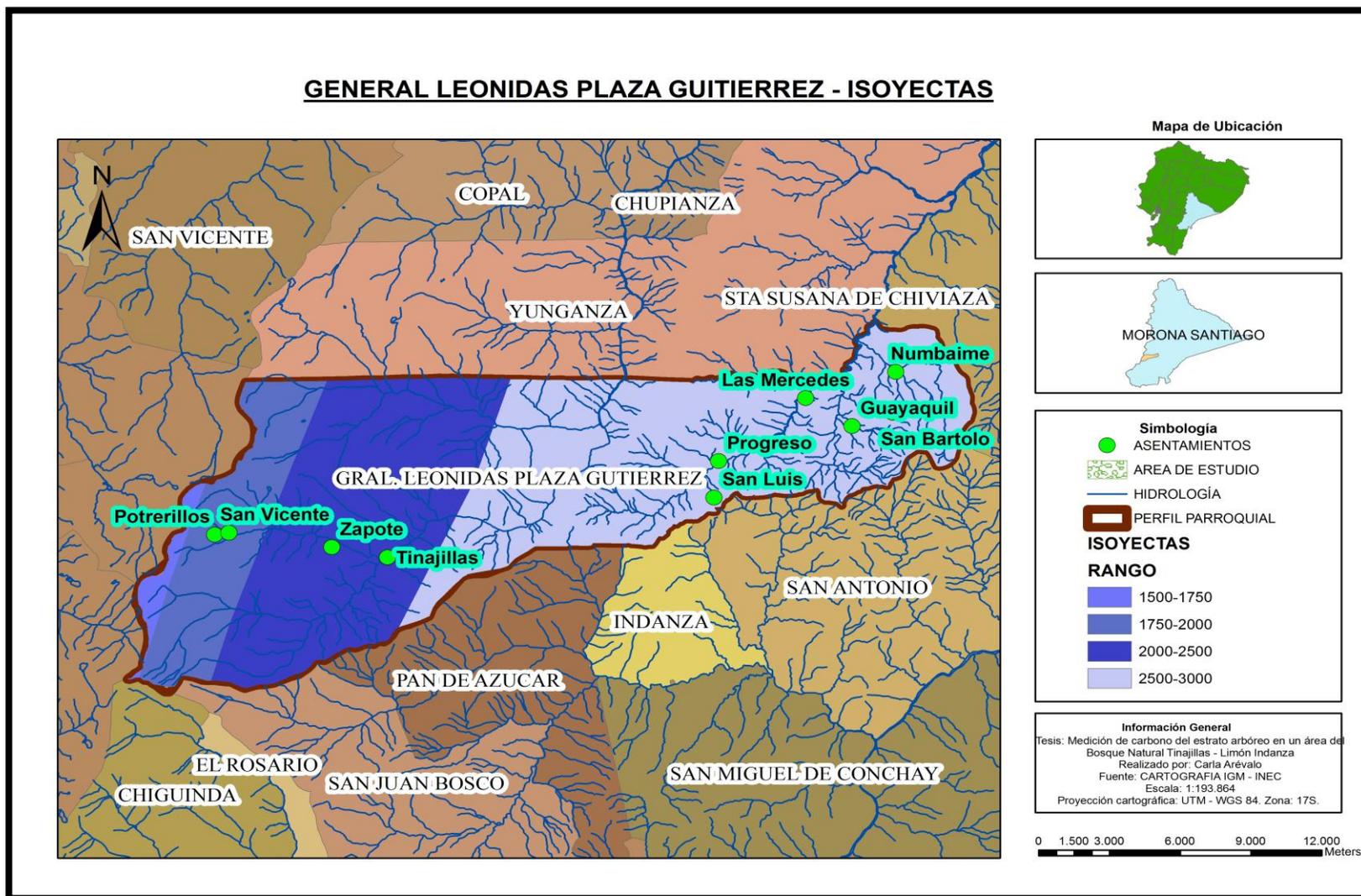
- Segura, M. *Almacenamiento y fijación de carbono en Quercus costarricenses en un bosque de altura en la cordillera de Talamanca*. Costa Rica: Universidad de Hereida. (1997).
- Seoáñez Calvo, M. *Tratado de la biomasa con especial incidencia sobre la biomasa como fuente energética*. Madrid: McGraw-Hill España. (2013).
- Serna, S. *Comparación de árboles de regresión y clasificación y regresión logística*. Medellín. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Escuela de estadística. (2009).
- Snowdon, P., Raison, J., & Heather, K. *Protocol for Sampling Tree and Stand Biomass*. Australia: Australian Greenhouse Office. (2002).
- UNEP. *Global environment outlook: environment for development, GEO 4*. Nairobi, Kenya : London: United Nations Environment Programme ; Stationery Office [distributor]. (2007).
- Villarreal, H., Alvarez, M., Córdoba, S., Fagua, G., & Umaña, A. M. *Manual de Métodos para el desarrollo de biodiversidad* (Programa de Inventarios de Biodiversidad). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. (2006).
- Viñas, J. M. *¿Estamos cambiando el clima?* España: Equipo Sirius. (2005).
- Walker, W., Baccini, M., Nepstad, N., Horning, D., Knight, E., Braun, & Bausch. *Guía de campo para la Estimación de biomasa y carbono forestal*. Massachusetts, USA: Woods Hole Research Center. (2011).
- Zarco, Z., Valdez, Ángeles, & Castillo. *Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal «Agua Blanca», Macuspana, Tabasco*. México. (2010).

ANEXOS

ANEXO 1: MAPA, GENERAL LEONIDAS PLAZA GUTIÉRREZ – ISOTERMAS

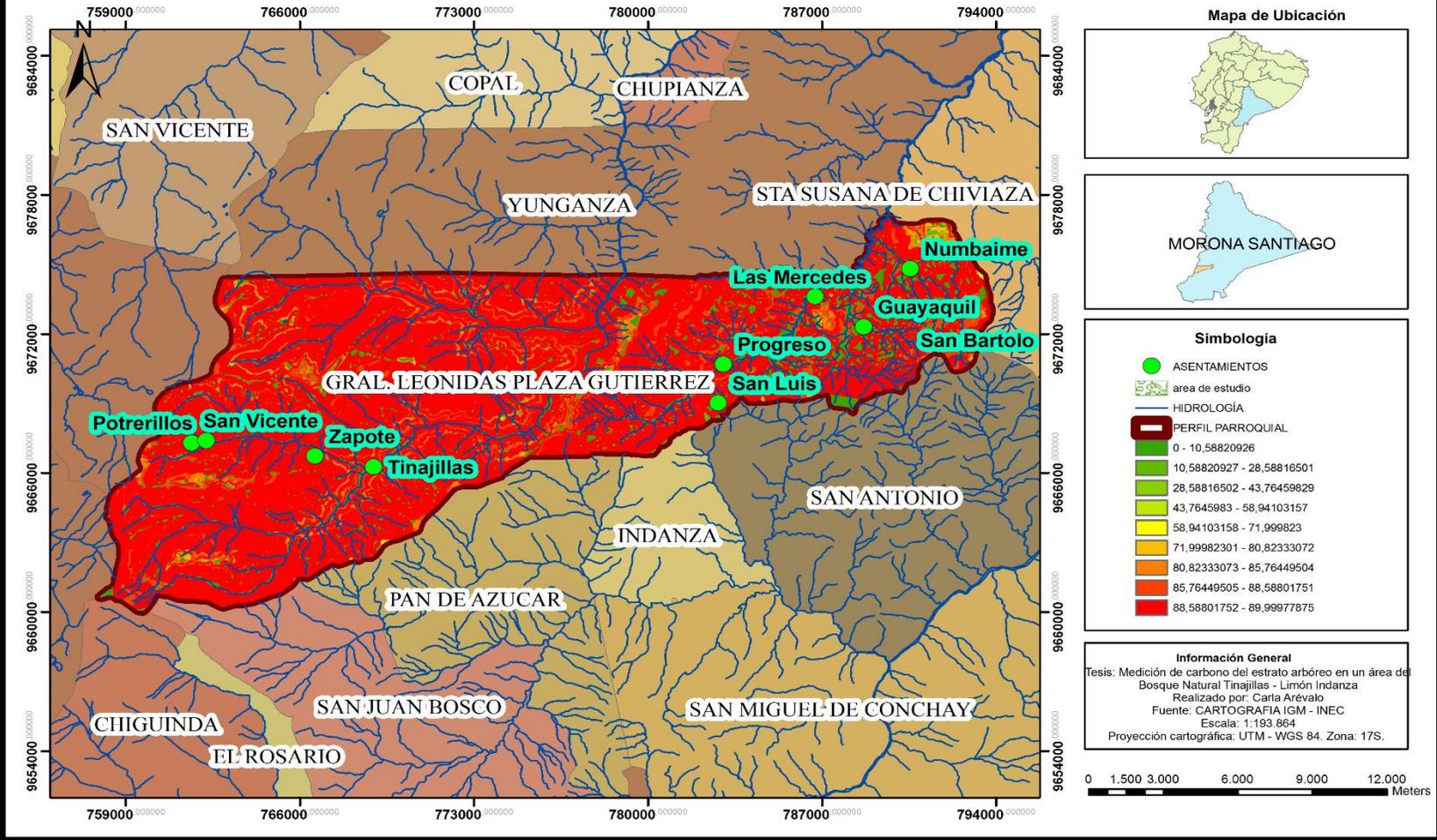


ANEXO 2: MAPA, GENERAL LEONIDAS PLAZA GUTIÉRREZ – ISOYECTAS

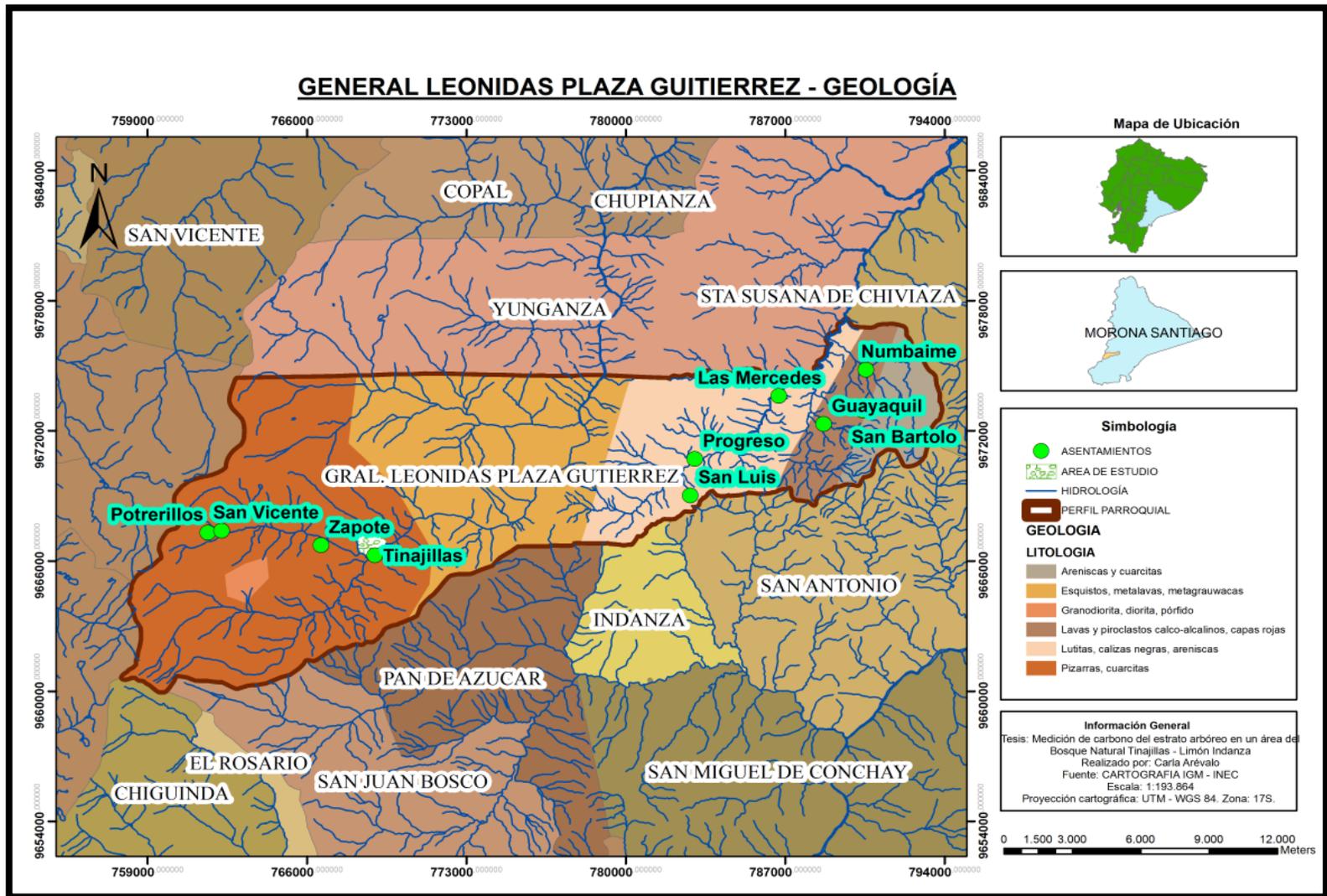


ANEXO 3: MAPA, GENERAL LEONIDAS PLAZA GUTIÉRREZ – PENDIENTE

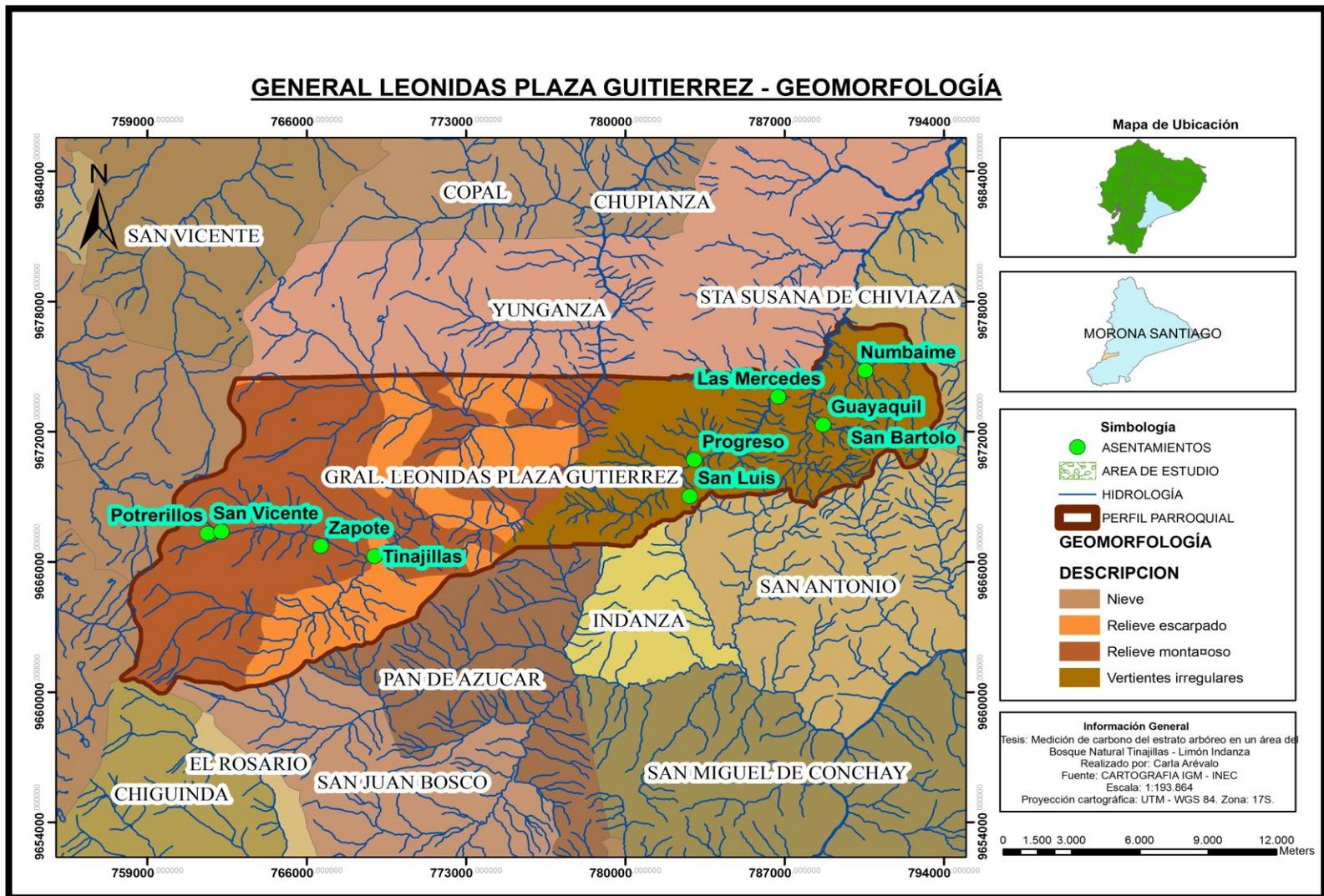
GENERAL LEONIDAS PLAZA GUTIERREZ - PENDIENTE



ANEXO 4: MAPA, GENERAL LEONIDAS PLAZA GUTIÉRREZ – GEOLOGÍA



ANEXO 5: MAPA, GENERAL LEONIDAS PLAZA GUTIÉRREZ – GEOMORFOLOGÍA



ANEXO 6: COORDENADAS DE LAS UNIDADES DE ESTUDIO

PARCELA	COORDENADAS	
	X	Y
PARCELA I	768925	9667051
PARCELA II	768927	9666759
PARCELA III	768931	9666478
PARCELA IV	768673	9666478

ANEXO 8: CORRECCIÓN DE PENDIENTES DE LA FAO

Pendiente %	Grados °	Factor f _s	Distancias horizontales										Pendiente %
			5	10	15	20	25	30	40	50	125	245	
15	9	1,0112	5,1	10,1	15,2	20,2	25,3	30,3	40,4	50,6	126,4	247,7	15
20	11	1,0198	5,1	10,2	15,3	20,4	25,5	30,6	40,8	51,0	127,5	249,9	20
25	14	1,0308	5,2	10,3	15,5	20,6	25,8	30,9	41,2	51,5	128,8	252,5	25
30	17	1,0440	5,2	10,4	15,7	20,9	26,1	31,3	41,8	52,2	130,5	255,8	30
35	19	1,0595	5,3	10,6	15,9	21,2	26,5	31,8	42,4	53,0	132,4	259,6	35
40	22	1,0770	5,4	10,8	16,2	21,5	26,9	32,3	43,1	53,9	134,6	263,9	40
45	24	1,0966	5,5	11,0	16,4	21,9	27,4	32,9	43,9	54,8	137,1	268,7	45
50	27	1,1180	5,6	11,2	16,8	22,4	28,0	33,5	44,7	55,9	139,8	273,9	50
60	31	1,1662	5,8	11,7	17,5	23,3	29,2	35,0	46,6	58,3	145,8	285,7	60
70	35	1,2207	6,1	12,2	18,3	24,4	30,5	36,6	48,8	61,0	152,6	299,1	70
80	39	1,2806	6,4	12,8	19,2	25,6	32,0	38,4	51,2	64,0	160,1	313,8	80
90	42	1,3454	6,7	13,5	20,2	26,9	33,6	40,4	53,8	67,3	168,2	329,6	90
100	45	1,4142	7,1	14,1	21,2	28,3	35,4	42,4	56,6	70,7	176,8	346,5	100
110	48	1,4866	7,4	14,9	22,3	29,7	37,2	44,6	59,5	74,3	185,8	364,2	110
120	50	1,5620	7,8	15,6	23,4	31,2	39,1	46,9	62,5	78,1	195,3	382,7	120
130	52	1,6401	8,2	16,4	24,6	32,8	41,0	49,2	65,6	82,0	205,0	401,8	130
140	54	1,7205	8,6	17,2	25,8	34,4	43,0	51,6	68,8	86,0	215,1	421,5	140
150	56	1,8028	9,0	18,0	27,0	36,1	45,1	54,1	72,1	90,1	225,3	441,7	150

Fuente: FAO. Manual de campo: Inventario Forestal Nacional. 2004

ANEXO 9: ÁREA BASAL, VOLUMEN, BIOMASA FORESTAL, CARBONO ALMACENADO, CO₂ ALMACENADO POR FAMILIA BOSQUE NATURAL TINAJILLAS – LIMÓN INDANZA

FAMILIA	# INDIVIDUOS	ÁREA BASAL, m²	VOLUMEN, m³	BIOMASA FORESTAL, t	CARBONO ALMACENADO, t	CO₂ ALMACENADO, t CO₂
Melastomataceae	358	8,4	49,7	35,79	17,89	65,67
Clusiaceae	96	2,87	18,06	13	6,5	23,86
Cunoniaceae	86	1,95	9,84	7,08	3,54	12,99
Lauraceae	67	2,45	17,02	12,26	6,13	22,49
Euphorbiaceae	59	2,78	19,39	13,96	6,98	25,62
Rutaceae	52	1,82	12,26	8,83	4,42	16,2
Rubiaceae	43	0,71	3,54	2,55	1,27	4,68
Staphyleaceae	31	0,93	5,88	4,23	2,12	7,77
Araliaceae	30	0,85	5,01	3,6	1,8	6,61
Chloranthaceae	26	0,31	1,35	0,97	0,49	1,78
Asteraceae	18	0,69	4,27	3,08	1,54	5,65

FAMILIA	# INDIVIDUOS	ÁREA BASAL, m²	VOLUMEN, m³	BIOMASA FORESTAL, t	CARBONO ALMACENADO, t	CO₂ ALMACENADO, t CO₂
Myrsinaceae	13	0,24	1,3	0,94	0,47	1,72
Moraceae	9	0,61	5,43	3,91	1,96	7,18
Myricaceae	9	0,4	2,14	1,54	0,77	2,83
Meliaceae	7	0,29	1,65	1,19	0,6	2,19
Podocarpaceae	7	0,42	3,04	2,19	1,1	4,02
Humiriaceae	4	0,37	2,64	1,9	0,95	3,49
Myrtaceae	4	0,05	0,21	0,15	0,07	0,27
Brunelliaceae	2	0,14	1,08	0,77	0,39	1,42
Ericaceae	2	0,06	0,19	0,14	0,07	0,25
Bombacaceae	1	0,02	0,14	0,1	0,05	0,18
Escalionaceae	1	0,12	0,93	0,67	0,34	1,23
TOTAL	925	26	165	119	59	218

**ANEXO 10: ÁREA BASAL, VOLUMEN, BIOMASA FORESTAL, CARBONO ALMACENADO, CO₂
ALMACENADO POR ESPECIE BOSQUE NATURAL TINAJILLAS – LIMÓN INDANZA**

NOMBRE CIENTÍFICO	# INDIVIDUOS	ÁREA BASAL, m²	VOLUMEN, m³	BIOMASA FORESTAL, t	CARBONO ALMACENADO, t	CO₂ ALMACENADO, t CO₂
<i>Miconia sp.</i>	323	6,15	33,60	24,19	12,10	44,40
<i>Weinmannia pinnata</i> Linnaeus.	86	1,95	9,84	7,08	3,54	12,99
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	72	2,27	14,53	10,46	5,23	19,19
<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier	56	2,27	15,93	11,47	5,73	21,05
<i>Zanthoxylum ekmanii</i> (Urb.) Alain	52	1,82	12,26	8,83	4,42	16,20
<i>Elaeagia sp.</i>	43	0,71	3,54	2,55	1,27	4,68
<i>Tibouchina lepidota</i> Cogniaux	34	2,24	16,07	11,57	5,79	21,23
<i>Hyeronima alchornoides</i> Allemão	33	1,79	12,10	8,71	4,36	15,98
<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	31	0,93	5,88	4,23	2,12	7,77
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerem. & Frodin	30	0,85	5,01	3,60	1,80	6,61
<i>Alchornea latifolia</i> Swartz	26	0,99	7,29	5,25	2,62	9,63

NOMBRE CIENTÍFICO	# INDIVIDUOS	ÁREA BASAL, m ²	VOLUMEN, m ³	BIOMASA FORESTAL, t	CARBONO ALMACENADO, t	CO ₂ ALMACENADO, t CO ₂
<i>Hedyosmum cuatrecazanum</i> Occhioni	26	0,31	1,35	0,97	0,49	1,78
<i>Vismia acuminata</i> (Lam.) Pers.	24	0,60	3,53	2,54	1,27	4,67
<i>Critoniopsis</i> sp.	18	0,69	4,27	3,08	1,54	5,65
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	13	0,24	1,30	0,94	0,47	1,72
<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	11	0,18	1,09	0,79	0,39	1,44
<i>Cecropia sciadophylla</i> Martius	9	0,61	5,43	3,91	1,96	7,18
<i>Myrica pubescens</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	9	0,40	2,14	1,54	0,77	2,83
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	7	0,29	1,65	1,19	0,60	2,19
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.	7	0,42	3,04	2,19	1,10	4,02
<i>Eugenia</i> sp.	4	0,05	0,21	0,15	0,07	0,27
<i>Humiriastrum</i> sp.	4	0,37	2,64	1,90	0,95	3,49
<i>Brunellia</i> sp.	2	0,14	1,08	0,77	0,39	1,42

NOMBRE CIENTÍFICO	# INDIVIDUOS	ÁREA BASAL, m²	VOLUMEN, m³	BIOMASA FORESTAL, t	CARBONO ALMACENADO, t	CO₂ ALMACENADO, t CO₂
<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold	2	0,06	0,19	0,14	0,07	0,25
<i>Blakea grandulosa</i> Gleason	1	0,01	0,03	0,02	0,01	0,04
<i>Escallonia paniculata</i> (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult.	1	0,12	0,93	0,67	0,34	1,23
<i>Matisia sp.</i>	1	0,02	0,14	0,10	0,05	0,18
TOTAL	925	26	165	119	59	218

ANEXO 11: ÍNDICE DE SHANNON - WEINNER DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS - LIMÓN INDANZA

ÍNDICE DE SHANNON - WEINNER DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS - LIMÓN INDANZA						
NOMBRE COMÚN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA	H'
Palo de agua	Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia sp.</i>	323	0,3	0,5
Sarar	Cunoniaceae	Weinmannia	<i>Weinmannia pinnata</i>	86	0,1	0,3
Duco	Clusiaceae	Clusia	<i>Clusia latipes</i>	72	0,1	0,3
Canelo	Lauraceae	Ocotea	<i>Ocotea javitensis</i>	56	0,1	0,2
Limoncillo	Rutaceae	Zanthoxylum	<i>Zanthoxylum ekmanii</i>	52	0,1	0,2
Cebolla	Rubiaceae	Elaeagia	<i>Elaeagia sp.</i>	43	0,0	0,2
Flor rosada	Melastomataceae	Tibouchina	<i>Tibouchina lepidota</i>	34	0,0	0,2
Motilón	Euphorbiaceae	Hyeronima	<i>Hyeronima alchornoides</i>	33	0,0	0,2
Facte	Staphyleaceae	Turpinia	<i>Turpinia occidentalis</i>	31	0,0	0,2
Pumamaqui	Araliaceae	Schefflera	<i>Schefflera morototoni</i>	30	0,0	0,2
Palo del diablo	Euphorbiaceae	Alchornea	<i>Alchornea latifolia</i>	26	0,0	0,1
Pururu	Chloranthaceae	Hedyosmum	<i>Hedyosmum cuatrecazanum</i>	26	0,0	0,1
Achotillo	Clusiaceae	Vismia	<i>Vismia acuminata</i>	24	0,0	0,1
ÍNDICE DE SHANNON - WEINNER DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS - LIMÓN						

INDANZA						
NOMBRE COMÚN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA	H'
Negrillo	Asteraceae	Critoniopsis	<i>Critoniopsis sp.</i>	18	0,0	0,1
Jiripe	Myrsinaceae	Myrsine	<i>Myrsine andina</i>	13	0,0	0,1
Jigua	Lauraceae	Nectandra	<i>Nectandra reticulata</i>	11	0,0	0,1
Guarumbo	Moraceae	Cecropia	<i>Cecropia sciadophylla</i>	9	0,0	0,1
Laurel	Myricaceae	Myrica	<i>Myrica pubescens</i>	9	0,0	0,1
Guabisay	Podocarpaceae	Podocarpus	<i>Podocarpus oleifolius</i>	7	0,0	0,1
Sacha coco	Meliaceae	Guarea	<i>Guarea kunthiana</i>	7	0,0	0,1
Chanul	Humiriaceae	Humiriastrum	<i>Humiriastrum sp.</i>	4	0,0	0,0
Chimulo	Myrtaceae	Eugenia	<i>Eugenia sp.</i>	4	0,0	0,0
Bella maria	Brunelliaceae	Brunellia	<i>Brunellia sp.</i>	2	0,0	0,0
Joyapa	Ericaceae	Cavendishia	<i>Cavendishia bracteata</i>	2	0,0	0,0
Capuli	Escalionaceae	Escallonia	<i>Escallonia paniculata</i>	1	0,0	0,0
Higeron	Bombacaceae	Matisia	<i>Matisia sp.</i>	1	0,0	0,0
Poma Rosa	Melastomataceae	Blakea	<i>Blakea sp.</i>	1	0,0	0,0

ANEXO 12: ÍNDICE DE MARGALEF DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS - LIMÓN INDANZA

**ÍNDICE DE MARGALEF DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS -
LIMÓN INDANZA**

NOMBRE COMÚN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	INDIVIDUOS	ÍNDICE DE MARGALEF
Palo de agua	Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia sp.</i>	323	109
Sarar	Cunoniaceae	Weinmannia	<i>Weinmannia pinnata</i>	86	29
Duco	Clusiaceae	Clusia	<i>Clusia latipes</i>	72	24
Canelo	Lauraceae	Ocotea	<i>Ocotea javitensis</i>	56	19
Limoncillo	Rutaceae	Zanthoxylum	<i>Zanthoxylum ekmanii</i>	52	17
Cebolla	Rubiaceae	Elaeagia	<i>Elaeagia sp.</i>	43	14
Flor rosada	Melastomataceae	Tibouchina	<i>Tibouchina lepidota</i>	34	11
Motilón	Euphorbiaceae	Hyeronima	<i>Hyeronima alchornoides</i>	33	11
Facte	Staphyleaceae	Turpinia	<i>Turpinia occidentalis</i>	31	10
Pumamaqui	Araliaceae	Schefflera	<i>Schefflera morototoni</i>	30	10
Palo del diablo	Euphorbiaceae	Alchornea	<i>Alchornea latifolia</i>	26	8

**ÍNDICE DE MARGALEF DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS -
LIMÓN INDANZA**

NOMBRE COMÚN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	INDIVIDUOS	ÍNDICE DE MARGALEF
Pururu	Chloranthaceae	Hedyosmum	<i>Hedyosmum cuatrecazanum</i>	26	8
Achotillo	Clusiaceae	Vismia	<i>Vismia acuminata</i>	24	8
Negrillo	Asteraceae	Critoniopsis	<i>Critoniopsis sp.</i>	18	6
Jiripe	Myrsinaceae	Myrsine	<i>Myrsine andina</i>	13	4
Jigua	Lauraceae	Nectandra	<i>Nectandra reticulata</i>	11	3
Guarumbo	Moraceae	Cecropia	<i>Cecropia sciadophylla</i>	9	3
Laurel	Myricaceae	Myrica	<i>Myrica pubescens</i>	9	3
Guabisay	Podocarpaceae	Podocarpus	<i>Podocarpus oleifolius</i>	7	2
Sacha coco	Meliaceae	Guarea	<i>Guarea kunthiana</i>	7	2
Chanul	Humiriaceae	Humiriastrum	<i>Humiriastrum sp.</i>	4	1
Chimulo	Myrtaceae	Eugenia	<i>Eugenia sp.</i>	4	1
Bella maria	Brunelliaceae	Brunellia	<i>Brunellia sp.</i>	2	0
ÍNDICE DE MARGALEF DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS - LIMÓN INDANZA					

NOMBRE COMÚN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	INDIVIDUOS	ÍNDICE DE MARGALEF
Joyapa	Ericaceae	Cavendishia	<i>Cavendishia bracteata</i>	2	0
Capuli	Escalionaceae	Escallonia	<i>Escallonia paniculata</i>	1	0
Higeron	Bombacaceae	Matisia	<i>Matisia sp</i>	1	0
Poma Rosa	Melastomataceae	Blakea	<i>Blakea sp.</i>	1	0

ANEXO 13: ÍNDICE DE SIMPSON DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS - LIMÓN INDANZA

ÍNDICE DE SIMPSON DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS - LIMÓN INDANZA

NOMBRE COMÚN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	INDIVIDUOS	p	p ²	1/D
Palo de agua	Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia sp.</i>	323	0,35	0,12	8
Sarar	Cunoniaceae	Weinmannia	<i>Weinmannia pinnata</i>	86	0,09	0,01	116
Duco	Clusiaceae	Clusia	<i>Clusia latipes</i>	72	0,08	0,01	165
Canelo	Lauraceae	Ocotea	<i>Ocotea javitensis</i>	56	0,06	0,00	273
Limoncillo	Rutaceae	Zanthoxylum	<i>Zanthoxylum ekmanii</i>	52	0,06	0,00	316
Cebolla	Rubiaceae	Elaeagia	<i>Elaeagia sp.</i>	43	0,05	0,00	463
Flor rosada	Melastomataceae	Tibouchina	<i>Tibouchina lepidota</i>	34	0,04	0,00	740
Motilón	Euphorbiaceae	Hyeronima	<i>Hyeronima alchornoides</i>	33	0,04	0,00	786
Facte	Staphyleaceae	Turpinia	<i>Turpinia occidentalis</i>	31	0,03	0,00	890
Pumamaqui	Araliaceae	Schefflera	<i>Schefflera morototoni</i>	30	0,03	0,00	951
Palo del diablo	Euphorbiaceae	Alchornea	<i>Alchornea latifolia</i>	26	0,03	0,00	1266
Pururu	Chloranthaceae	Hedyosmum	<i>Hedyosmum cuatrecazanum</i>	26	0,03	0,00	1266
Achotillo	Clusiaceae	Vismia	<i>Vismia acuminata</i>	24	0,03	0,00	1485
Negrillo	Asteraceae	Critoniopsis	<i>Critoniopsis sp.</i>	18	0,02	0,00	2641
Jiripe	Myrsinaceae	Myrsine	<i>Myrsine andina</i>	13	0,01	0,00	5063
ÍNDICE DE SIMPSON DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS - LIMÓN INDANZA							
NOMBRE COMÚN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	INDIVIDUOS	p	p ²	1/D
Jigua	Lauraceae	Nectandra	<i>Nectandra reticulata</i>	11	0,01	0,00	7071

Guarumbo	Moraceae	Cecropia	<i>Cecropia sciadophylla</i>	9	0,01	0,00	10563
Laurel	Myricaceae	Myrica	<i>Myrica pubescens</i>	9	0,01	0,00	10563
Guabisay	Podocarpaceae	Podocarpus	<i>Podocarpus oleifolius</i>	7	0,01	0,00	17462
Sacha coco	Meliaceae	Guarea	<i>Guarea kunthiana</i>	7	0,01	0,00	17462
Chanul	Humiriaceae	Humiriastrum	<i>Humiriastrum sp.</i>	4	0,00	0,00	53477
Chimulo	Myrtaceae	Eugenia	<i>Eugenia sp.</i>	4	0,00	0,00	53477
Bella maria	Brunelliaceae	Brunellia	<i>Brunellia sp.</i>	2	0,00	0,00	213906
Joyapa	Ericaceae	Cavendishia	<i>Cavendishia bracteata</i>	2	0,00	0,00	213906
Capuli	Escalionaceae	Escallonia	<i>Escallonia paniculata</i>	1	0,00	0,00	855625
Higeron	Bombacaceae	Matisia	<i>Matisia sp</i>	1	0,00	0,00	855625
Poma Rosa	Melastomataceae	Blakea	<i>Blakea sp.</i>	1	0,00	0,00	855625
TOTAL				925		0,154	

