UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"Diversidad arbórea, carbono y potencial maderero en sistema de Chakra con cacao del Cantón Archidona, Amazonía Ecuatoriana"

AUTOR(ES):

Mabel Del Cisne Sánchez Giler

Gabriela Lizbeth Palacios Ocaña

DOCENTE - TUTOR:

Segundo Bolier Torres Navarrete, Ph.D

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumplen con los criterios
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Cumplen con los criterios
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Cumplen con los criterios
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Cumplen con los criterios
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Cumplen con los criterios

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	Cumplen con los criterios
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Cumplen con los criterios
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumplen con los criterios
VALORACIÓN TOTAL	**100**	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	**100**

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
YOEL RODRIGUEZ

Dr. Yoel Rodríguez Guerra.

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de Agosto de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	El título es conciso y bien informativo sobre el temática del manuscrito.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4/5	El Resumen está bien estructurada y redactada y incorpora lo básico de objetivos, metodología, y resultados. El Abstract es un fiel traducción del Resumen al idioma inglés. Errores en los nombres científicos *Chimarrhis glabriglora* debe ser *glabriflora*, en esta sección y en otras secciones del texto.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	La Introducción está bien redactada y presenta adecuadamente el temático del estudio.
4. MARCO TLEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	El Marco Teórico está bien redactada en la presentación de los conceptos en el documento sobre secuestro de carbono y otros temas.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Se realizó una corrección con respecto a la primera entrega del documento, con la Tabla 3, la ubicación geográfica de la 12 parcelas. La Metodología en general está bien redactada y clara.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	24/25	Los resultados son presentados de manera organizada y bien redactada. Se realizó correcciones que fueron indicadas por el revisor en la primera versión del manuscrito. Los anexos 1-3 con las tres tablas adicionales que fueron agregadas después de la primera versión el artículo, son importantes adiciones a los Resultados, con información más detallada.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Las conclusiones son concisas con un adecuado reflexión sobre los resultados del estudio y la importancia para la conservación y productividad de los sistemas de chakra con especies maderables
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	3/5	Muchas de las referencias son incompletas y no atienden a las normas APA.
VALORACIÓN TOTAL	96/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	**X**
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	**96/100**

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
DAVID ALAN NEILL
.

David Alan Neill

Dado en la ciudad de Puyo, a los 12 días del mes de agosto de 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE FORESTAL

Puyo, 04 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Gabriela Lizbeth Palacios Ocaña, con C.I. "1804922829, con el Tema: **Diversidad arbórea, carbono y potencial maderero en sistemas de "Chakra" con cacao del cantón Archidona, Amazonía Ecuatoriana**, de la carrera de Ingeniería Forestal. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Dr. Segundo Bolier Torres Navarrete, Ph.D., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 5%. Informe generado con fecha 04.08.2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
SEGUNDO BOLIER
TORRES NAVARRETE

Dr. Segundo Bolier Torres Navarrete, Ph.D.
Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	2022.08.04 Proyecto integracion curricular Sanchez-Palacios URKUND.docx (D142663185)
Submitted	8/4/2022 9:46:00 PM
Submitted by	
Submitter email	btorres@uea.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	btorres.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / 2022.08.03 Trabajo integracion curricular Sayay-Aranda URKUND.docx** Document 2022.08.03 Trabajo integracion curricular Sayay-Aranda URKUND.docx (D142642834) Submitted by: btorres@uea.edu.ec Receiver: btorres.uea@analysis.urkund.com	2
SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / PERFIL II PENL FINAL.pdf** Document PERFIL II PENL FINAL.pdf (D110243892) Submitted by: mcabrera@uea.edu.ec Receiver: acmbrera.uea@analysis.urkund.com	1
SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Kenny_Arias ARTICULO CIENTIFICO URKUND.docx** Document Kenny_Arias ARTICULO CIENTIFICO URKUND.docx (D127703349) Submitted by: btorres@uea.edu.ec Receiver: btorres.uea@analysis.urkund.com	2
SA	**tesis Eduardo Salazar 24 nov 2015-2.doc** Document tesis Eduardo Salazar 24 nov 2015-2.doc (D16513577)	1
W	URL: https://a-tcontrols.com/wp-content/uploads/2020/09/HPBV-P1.pdf Fetched: 6/15/2021 5:21:19 PM	3
SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / 2022_02_03-Articulo-Cando-Shiguango-final URKUND.docx** Document 2022_02_03-Articulo-Cando-Shiguango-final URKUND.docx (D126983271) Submitted by: btorres@uea.edu.ec Receiver: btorres.uea@analysis.urkund.com	1
SA	**TESIS_CAMILO GONZÁLEZ 21-10-2016.doc** Document TESIS_CAMILO GONZÁLEZ 21-10-2016.doc (D23280698)	1

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE FORESTAL

Puyo, 04 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Mabel del Cisne Sánchez Giler, con C.I. "0750050304, con el Tema: **Diversidad arbórea, carbono y potencial maderero en sistemas de "Chakra" con cacao del cantón Archidona, Amazonía Ecuatoriana**, de la carrera de Ingeniería Forestal. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Dr. Segundo Bolier Torres Navarrete, Ph.D., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 5%. Informe generado con fecha 04.08.2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
SEGUNDO BOLIER
TORRES NAVARRETE

Dr. Segundo Bolier Torres Navarrete, Ph.D.
Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	2022.08.04 Proyecto integracion curricular Sanchez-Palacios URKUND.docx (D142663185)
Submitted	8/4/2022 9:46:00 PM
Submitted by	
Submitter email	btorres@uea.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	btorres.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / 2022.08.03 Trabajo integracion curricular Sayay-Aranda URKUND.docx** Document 2022.08.03 Trabajo integracion curricular Sayay-Aranda URKUND.docx (D142642834) Submitted by: btorres@uea.edu.ec Receiver: btorres.uea@analysis.urkund.com	2
SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / PERFIL II PENL FINAL.pdf** Document PERFIL II PENL FINAL.pdf (D110243892) Submitted by: mcabrera@uea.edu.ec Receiver: acmbrera.uea@analysis.urkund.com	1
SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Kenny_Arias ARTICULO CIENTIFICO URKUND.docx** Document Kenny_Arias ARTICULO CIENTIFICO URKUND.docx (D127703349) Submitted by: btorres@uea.edu.ec Receiver: btorres.uea@analysis.urkund.com	2
SA	**tesis Eduardo Salazar 24 nov 2015-2.doc** Document tesis Eduardo Salazar 24 nov 2015-2.doc (D16513577)	1
W	URL: https://a-tcontrols.com/wp-content/uploads/2020/09/HPBV-P1.pdf Fetched: 6/15/2021 5:21:19 PM	3
SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / 2022_02_03-Articulo-Cando-Shiguango-final URKUND.docx** Document 2022_02_03-Articulo-Cando-Shiguango-final URKUND.docx (D126983271) Submitted by: btorres@uea.edu.ec Receiver: btorres.uea@analysis.urkund.com	1
SA	**TESIS_CAMILO GONZÁLEZ 21-10-2016.doc** Document TESIS_CAMILO GONZÁLEZ 21-10-2016.doc (D23280698)	1

Diversidad arbórea, carbono y potencial maderero en sistemas de "Chakra" con cacao del cantón Archidona, Amazonía Ecuatoriana

Mabel del Cisne Sánchez Giler[1]
for2017099@uea.edu.ec

Gabriela Lizbeth Palacios Ocaña[1]
for2017113@uea.edu.ec

Segundo Bolier Torres Navarrete, Ph.D.[2]
btorres@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra
Carrera de Ingeniería Forestal[1]

Resumen

El presente estudio evaluó la diversidad arbórea, carbono y potencial maderero del sistema agroforestal tradicional "*Chakra"* del cantón Archidona, provincia de Napo, en la Amazonía Ecuatoriana. Se utilizaron 12 parcelas permanentes de 1.600 m^2. Los resultados del Índice de Valor Ecológico de Familias botánicas (IVIF) muestran que las diez familias más representativas del sistema chakra son: Fabaceae, Vochysiaceae, Arecaceae, Meliaceae, Boraginaceae, Lauraceae, Compositae, Annonaceae, Sapotaceae y Rubiaceae. Mientras que las especies con mayor índice de valor ecológico (IVI) fueron *Vochysia braceliniae* e *Inga edulis* y con menor IVI la especie *Annona mucosa***.** Los resultados del índice de Shannon indican una diversidad baja con 1,32 mientras el índice de Simpson indicó una dominancia media con valor promedio de 0,65 en comparación a los bosques nativos. En lo referente al carbono, usando el índice de valor de importancia de la biomasa (IVIB) se determinó que la especie que más contribuye al secuestro de carbono y CO_2 es *Chimarrhis glabriglora*, misma que no se reporta entre las más abundantes. El potencial del volumen de madera en pie fue de 55,88 m^3 y el promedio del volumen de madera aserrada fue de 27,94 m^3. Se concluye que el sistema chakra tiene potencial para promover sistemas productivos sostenibles, con altos niveles de mitigación del cambio climático, mostrando el potencial maderero, que puede contribuir a disminuir la presión sobre la deforestación de los bosques amazónicos.

Palabra clave: *Chakra, diverisidad arbórea, carbono, CO_2, Amazonia Ecuatoriana.*

Abstract

The present study evaluated the tree diversity, carbon and timber potential of the traditional agroforestry system "Chakra" in the Archidona canton, Napo province, in the Ecuadorian Amazon. Twelve permanent plots of 1,600 m2 were used. The results of the Ecological Value Index of Botanical Families (IVIF) show that the ten most representative families of the Chakra system are: Fabaceae, Vochysiaceae, Arecaceae, Meliaceae, Boraginaceae, Lauraceae, Compositae, Annonaceae, Sapotaceae and Rubiaceae. While the species with the highest ecological value index (IVI) were *Vochysia braceliniae* and *Inga edulis* and with the lowest IVI the species *Annona mucosa*. The results of Shannon's index indicate a low diversity with 1,32 while Simpson's index indicated a medium dominance with an average value of 0,65 compared to native forests. Regarding carbon, using the biomass importance value index (IVIB), it was determined that the species that contributes most to carbon and CO_2 sequestration is *Chimarrhis glabriglora*, which is not reported among the most abundant species. The potential volume of standing timber was 55.88 m^3 and the average volume of sawn timber was 27.94 m^3. It is concluded that the chakra system has the potential to promote sustainable production systems, with high levels of climate change mitigation, showing the timber potential, which can contribute to reduce the pressure on deforestation in the Amazon forests.

Keywords: *Chakra, tree diversity, carbon, CO2, Ecuadorian Amazon*.

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador con una extensión de 256.370 Km^2 equivalente al 0,2 % de la superficie del planeta (CAAM, 1995), es considerado como uno de los países megadiversos del mundo (Myers, 1988), donde se encuentran dos de los diez sitios candentes de biodiversidad y endemismo (*biodiversity hotspots*) (Myers, 1988; Mittermeier et al., 1998; Myers et al., 2000; Bass et al., 2010). Sin embargo, es preocupante el proceso de deforestación que registra el país principalmente por el cambio de uso de suelo para sistemas agropecuarios (Sierra, 2013). Lo cual pone en riesgo esta gran diversidad biológica y endemismo de su flora que, según varios autores, se encuentra entre 20.000 y 25.000 especies de plantas vasculares (Ministerio del Ambiente, 2016).

En el contexto de la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), el bosque siempre verde tierras bajas de la Amazonía al cual pertenece la provincia de Napo, se caracteriza por ser altamente heterogéneo y diverso, con especies de árboles que alcanzan los 30 m y en algunos casos puedan superar los 40 m o más de altura (Ministerio del Ambiente, 2013). Sin embargo, en esta zona, las actividades antropogénicas como la tala o la conversión de bosques en tierras agrícolas están afectando a estos ecosistemas. Uno de los elementos claves para entender los altos grados de deforestación en Ecuador es la pobreza, donde el 22,49% de la población rural se encuentra en situación de pobreza. Siendo la RAE donde los índices se concentran en 59,2%, sumando a esto, cerca del 40% de la población ecuatoriana está en zonas rurales y precisamente en estas zonas se encuentran los bosques del país (MAE, 2016).

Bajo este contexto, los sistemas agroforestales tradicionales establecidos por las poblaciones Kichwa de Napo (Torres et al., 2022) como la "*Chakra Amazónica*", son sistemas productivos amigables con la conservación de la biodiversidad (Vera et al., 2017), que pueden ser una alternativa para la adaptación y mitigación del cambio climático (Torres et al., 2015) y el deterioro ambiental (Regalado Bolaños, 2020).

En términos agroforestales, la chakra es un policultivo que combina alimentos básicos, árboles maderables y frutales, plantas ornamentales y medicinales necesarias para la seguridad alimentaria y el bienestar de los pueblos indígenas (Coq-Huelva et al., 2017; Coq-Huelva et al., 2018; Perreault, 2005; Torres et al., 2015), y está en proceso de ser reconocido como parte de los "Sistemas Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial" (SIPAM) (Torres et al., 2022).

En los últimos años, una serie de cultivos comerciales como el cacao (*Theobroma cacao*), café (*Coffea canephora*), guayusa (*Ilex guayusa*) y vainilla (*Vanilla* sp.) se han integrado en el sistema chakra como estrategia para promover sistemas productivos sostenibles. Sin embargo, el cacao se ha convertido en el cultivo comercial más importante que se cultiva en el sistema de chakra (Lehmann y Rodríguez, 2013; Torres et al., 2015), dado que el cacao cultivado en las chacras ha ganado reconocimiento internacional debido a sus características organolépticas y a la creciente preocupación ambiental y social de los consumidores a nivel global (Coq-Huelva et al., 2017; Lehmann y Rodríguez, 2013).

Como aporte al conocimiento sobre sistemas productivos tradicionales orientados a la seguridad alimentaria y a mercados especiales, esta investigación se enfoca en el análisis de la diversidad arbórea; la cuantificación del secuestro de carbono sobre el suelo y la estimación del potencial maderero en el sistema agroforestal tradicional "Chakra" con cacao del cantón Archidona, Amazonía Ecuatoriana. Se propone evaluar este sistema por su potencial para mejorar los ingresos, la seguridad alimentaria y por ser un sistema amigable con la diversidad biológica resiliente al cambio climático.

2. METODOLOGÍA

2.1. Ubicación geográfica

El estudio se realizó en el cantón Archidona de la provincia de Napo, cantón cuyo uso de la tierra bajo cobertura forestal cubren más del 70%, el 29.30% de su territorio se compone de áreas protegidas como el Parque Nacional Cotopaxi, la Reserva Ecológica Antisana y el Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras. El 5.15% del territorio de este cantón son suelos subutilizados (GADMA, 2019). Archidona posee un clima cálido húmedo, con precipitaciones de 4.000 y 5.000 mm anuales, altitud de 613 – 4294 msnm y temperatura promedio de 24°C (Figura 1).

El cantón Archidona también se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento y transición de la Reserva de Biosfera Sumaco (RBS), sitios que cumplen con funciones de conservación de especies, desarrollo económico, aporte a la educación y al desarrollo sostenible (Torres, Vasco, Gunter, & Knoke, 2018).

Los sitios donde se instalaron las parcelas permanentes de monitoreo corresponden a fincas que tienen el sistema agroforestal chakra con cacao, en nueve comunidades del cantón Archidona, cuyas coordenadas e información altitudinal se presentan en la Figura 1 y Tabla 1.

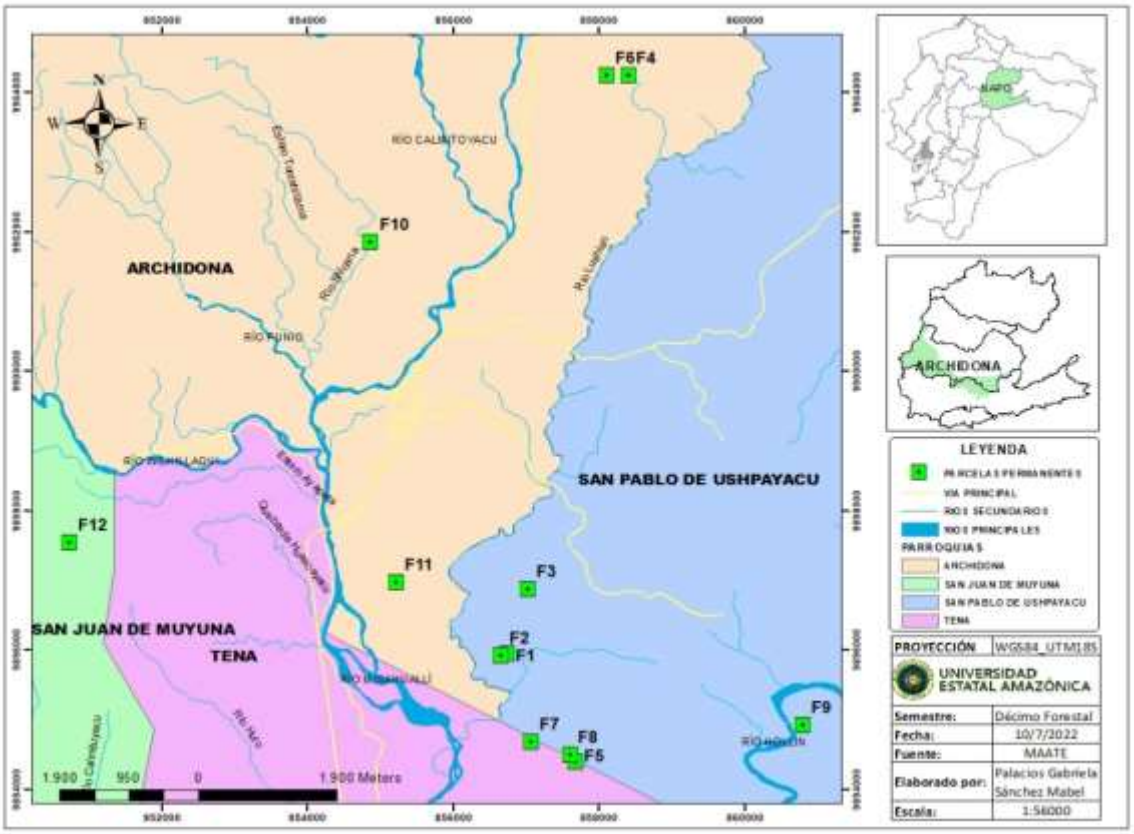


Figura 1. Ubicación de las parcelas permanentes de la Chakra en el cantón Archidona, provincia de Napo, Ecuador.

Tabla 1. Información detallada sobre las 12 parcelas estudiadas incluyendo las coordenadas geográficas en relación a su ubicación.

Código de Parcela	Provincia	Cantón	Comunidad	Coordenadas		Altitud
				longitud	latitud	
F1	Napo	Archidona	Kashayaku	188875	9895985	565
F2	Napo	Archidona	Kashayaku	188784	9895966	574
F3	Napo	Archidona	Kuri Muyu	189151	9896913	593
F4	Napo	Archidona	Kindi Urko	190517	9904273	860
F5	Napo	Archidona	San Bernardo	189811	9894447	670
F6	Napo	Archidona	Kindi Urko	190221	9904274	828
F7	Napo	Archidona	San Bernardo	189205	9894728	668
F8	Napo	Archidona	San Bernardo	189737	9894535	668
F9	Napo	Archidona	Sto. Domingo	192931	9894970	524
F10	Napo	Archidona	Bajo Shikama	186988	9901880	610
F11	Napo	Archidona	San Rafael	187355	9897007	543
F12	Napo	Archidona	Inchillaki Alto	182862	9897568	783

2.2. Tipo de investigación

El presente trabajo tiene un enfoque de investigación cuantitativa lo que plantea la unidad de la ciencias es decir la utilización de una metodología única que es la misma de las ciencias exactas y naturales (Álvarez, 2011), a partir del método de observación y medición mediante un inventario forestal se analizó y evaluó la diversidad arbórea de especies con DAP 1,30 m ≥10 cm por medio del cálculo de índice de valor ecológico de familias botánicas (IVIF), índice de valor ecológico de especies (IVI), índice de Shannon y Simpson; el carbono de la biomasa con el cálculo del índice de valor de importancia de la biomasa (IVIB) y estimar las reservas de carbono de la biomasa de los árboles sobre el suelo, utilizando la ecuación alométrica generada para bosques tropicales y calcular el potencial maderero en el sistema agroforestal tradicional "Chakra" con cacao del cantón Archidona.

2.3. Diseño de parcelas

Para este estudio se utilizó la metodología propuesta por Torres et al. (2022) quienes utilizaron como unidad de muestreo (UM) una parcela dentro de cada finca para las estimaciones de diversidad arbórea, estructura, biomasa y carbono. Las parcelas tienen una dimensión de 40 x 40 m, además se tuvo en cuenta especies con DAP ≥10 (Figuras 2), definida en función de los estudios previos en *Chakra* donde se utilizaron parcelas de 1000 m^2 y 1600 m^2, en los cuales se determinó que es un tamaño apropiado para captar la biodiversidad.

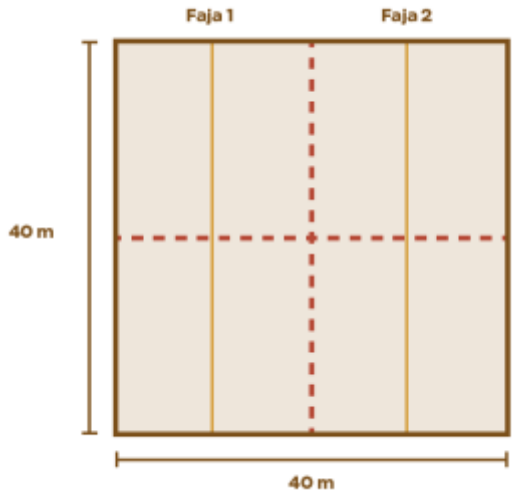


Figura 2. Diseño de las parcelas permanentes.

2.4. Colección de datos

El presente trabajo pertenece a la línea de investigación de Economía de Recursos Naturales y Desarrollo Empresarial. Los datos fueron colectados en el cantón Archidona a productores que forman parte de la Asociación "Wiñak" de productores de cacao en sistema agroforestal Chakra.

2.5. Análisis de la diversidad arbórea

El inventario se realizó en 12 parcelas de monitoreo permanente del cantón Archidona, en donde se identificaron especies y familias, se contaron y midieron datos como densidad, diámetro a la altura de 1.30 m con un DAP ≥ 10 cm, altura estimada y área basal. El valor ecológico fue caracterizado a nivel de familia y especie con índices descriptores de la importancia de especie en la comunidad, pues los valores más altos son aquellos que mayor tamaño y representatividad tiene en la vegetación, éste se cuantificó por medio de Índice de Valor Ecológico de Familias botánicas (IVIF), teniendo en cuenta además lo planteado por (Torrez, 2016) en relación a la sumatoria de Abundancia Relativa (AR), Dominancia Relativa (DR) y Frecuencia Relativa (FR), (Tabla 2); esta ecuación de (IVIF), indica la importancia relativa de las familias en la comunidad (Tabla 3).

Tabla 2**.** Variables y ecuaciones para calcular los parámetros ecológicos de abundancia relativa, dominancia relativa y frecuencia relativa

Variable	Ecuación
Abundancia Relativa (AR)	$AR=\frac{\text{número de individuos de la especie}}{\text{número total de individuos}} x100$
Dominancia Relativa (DR.)	$DR=\frac{\text{área basal de la especie}}{\text{área basal total}} x100$
Frecuencia Relativa (FR)	$FR=\frac{\text{frecuencia absoluta de una especie}}{\text{total de frecuencia absoluta}} x100$

Tabla 3. Variables y Ecuaciones para calcular el valor de importancia ecológica del sistema Chakra en el cantón Archidona.

Variable	Ecuación	Descripción
Índice de valor Ecológico de Familias botánicas (IVIF)	IVIF=(ARF+DRF+FRF)	AR=Abundancia relativa familiar (%) DR=Dominancia relativa familiar (%) FR=Frecuencia relativa familiar (%)
Índice de valor de importancia de cada especie (IVI)	IVI=(AR+DR+FR)	AR=Abundancia relativa (%) DR=Dominancia relativa (%) FR=Frecuencia relativa (%)

El Índice de Valor Ecológico de especies (IVI) reportado por (Jadán, Torres, Peña, Rosales, & Günter, 2016) consiste en la sumatoria de los valores relativos de abundancia familiar, dominancia familiar y frecuencia familiar e indica la importancia de relativa de las familias en la comunidad (Tabla 3).

En la diversidad arbórea se evaluaron las parcelas por el análisis de índices comúnmente utilizados en ecología como el Índice de Shannon e Índice Simpson.

El Índice de Shannon –Wiener reportado por (Soler, Berrroterán, Gil, & Acosta, 2012) considera la diversidad de la comunidad, este índice conforma dos componentes: Riqueza conformada de especies y equidad o representatividad de especies en las 12 parcelas, (Tabla 2) y el Índice Simpson reportado por (Encalada & Caina, 2020) indica la diversidad o dominancia de la especie dentro de la comunidad (Tabla 4).

Tabla 4. Variables y ecuaciones para calcular la diversidad arbórea en el sistema Chakra en el cantón Archidona.

Variable	Ecuación	Descripción	Autor
Índice de Shannon	H' = -Pi * ln Pi	Pi = Abundancia relativa Ln = Logaritmo natural	(Shannon & Weaver, 1964)
Índice de Simpson	$D = 1/s\ (Pi)^2$	1/s = Probabilidad que individuos al azar de una población provenga de la misma especie. Pi = Proporción de individuos pertenecientes a la misma especie.	(Simpson, 1949)

La Tabla 5 muestra la interpretación para medir la diversidad por medio del Índice de Shannon –Wiener e índice de Simpson Según (Aguirre, 2013).

Tabla 5. Rango de valores para medir la diversidad con el Índice de Shannon –Wiener (H´) y para medir la dominancia Índice de Simpson (1-D).

Rango	Significado
0-1.35	Diversidad baja (H´)
1.36-3.5	Diversidad media (H´)
Mayor a 3.5	Diversidad alta (H´)
0-0.33	Dominancia baja (1-D)
0.34 -0.66	Dominancia media (1-D)
Mayor a 0.67	Dominancia alta (1-D)

2.6. Cuantificación del carbono sobre el suelo en la biomasa.

Para cuantificar el carbono sobre el suelo en la biomasa del componente arbóreo de la Chakra en el cantón Archidona, se realizó el levantamiento de información en 12 parcelas de monitoreo permanente establecidas en el área de estudio. Primero se estimaron las reservas de carbono de la biomasa de los árboles con DAP 1.30 m≥ 10 cm sobre el suelo, utilizando la ecuación alométrica (Tabla 6) generada para bosques tropicales por Chave, Ándalo, & Brown, (2005) se utilizaron los datos de gravedad

especifica (*p*) de la madera y la palma, donde *q* es el peso específico de la madera en g/m^3 y el AGB está en kg de masa seca.

Para identificar las especies arbóreas, arbustos y palmas que mayormente contribuyen al secuestro de carbono en la biomasa aérea, se usó el índice de valor de importancia para la biomasa (IVIB) propuesto por Torres, Vasco, Gunter, & Knoke, (2019) que fue calculado mediante la siguiente formula: (N+AB+BSS) /3 donde N es la densidad relativa, AB es el área basal en términos relativos y BSS los valores relativos de la biomasa sobre el suelo (Tabla 6).

Tabla 6. Ecuación utilizada para la estimación de la biomasa y el índice de valor de importancia de biomasa en el sistema Chakra en el cantón Archidona.

Variable	Ecuación	Autor
BSS	BSS = (p *exp (-1.499 + (2.148 * In (DAP)) + (0.207 * In $(DAP)^2$) – (0.0281 * In $(DAP)^3$)) * 0.001	Chave et al. 2005
Donde: BSS = Biomasa sobre el suelo (árbol), *p* = es la densidad de madera (g/cm^3). D = es el diámetro a la altura del pecho (cm).		
IVIB	(N + AB + BSS) / 3	Torres et al. 2019
Donde: N= densidad relativa, AB = área basal relativa y BSS biomasa relativa sobre el suelo		

2.7. Potencial maderero

Para determinar del potencial maderero, se organizó los promedios de las alturas estimadas, DAP, área basal (m^2) y volumen (m^3) de los 210 individuos, además multiplicando por la constante (0.5) de acuerdo a la normativa 139 del (Ministerio del Ambiente, 2010) sobre los Procedimientos para autorizar el Aprovechamiento y corta de madera, factor de conversión referencial del desperdicio para el aprovechamiento para rodales, se obtuvo el potencial del volumen comercial de madera aserrada por cada parcela (Tabla 7).

Tabla 7. Variables y Ecuaciones para calcular el potencial maderero en el sistema Chakra en el cantón Archidona.

Variable	Ecuación	Descripción
Área basal (m^2)	G m^2= (DAP*DAP) π*/4	DAP= Diámetro a la altura del pecho
Volumen(m^3)	V= H_C *Gm^2	H_C =Altura comercial
Potencial del volumen comercial de madera aserrada	P_{VC}= (Gm^{2*} $H_{C\ )}$* 0.5	0.5= Factor de conversión referencial del desperdicio para el aprovechamiento para rodales

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de la diversidad arbórea del sistema Chakra en el cantón Archidona

La diversidad arbórea fue caracterizada a nivel de parcela por medio de un inventario según el número de familias, género y especie, densidad, DAP, altura estimada y área basal (m2), calculando los parámetros ecológicos de AR (Abundancia relativa), DR (Dominancia relativa), FA (Frecuencia Absoluta), FR (Frecuencia relativa) para el cálculo del Índice de Valor Ecológico de Familias botánicas (IVIF) (Tabla 8 y Anexo 1) y el cálculo del Índice de valor de importancia de especies (Tabla 9 y Anexo 2) , presentadas en 12 parcelas cada una con una superficie de 1600 m2.

En total se registraron 210 individuos de árboles con un DAP ≥ 10 cm en 12 parcelas permanentes. Los resultados muestran que las 10 familias con mayor Índice de Valor Ecológico de Familias botánicas (IVIF) son: Fabaceae (20,92) y Vochysiaceae (19,63) y la familia Rubiaceae (1,83) con menor IVIF (Tabla 8).

Al respecto, estudios realizados por Jadán et al. (2016) en el mismo contexto amazónico muestran un patrón similar, pues en los sistemas agroforestales con cultivos de cacao la mayor riqueza de especies se correlaciona positivamente con la densidad y área basal, existiendo dependencia directa entre las variables.

Tabla 8. Índice de Valor Ecológico de Familias botánicas (IVIF) en el sistema Chakra en el cantón Archidona.

Familia	FR	AR	DR	IVIF
Fabaceae	17,24	18,57	26,94	20,92
Vochysiaceae	3,45	30,48	24,97	19,63
Arecaceae	12,07	13,33	7,06	10,82
Meliaceae	12,07	7,14	9,07	9,43
Boraginaceae	6,90	6,19	10,12	7,73
Lauraceae	10,34	5,71	5,98	7,35
Compositae	8,62	9,05	3,86	7,18
Annonaceae	5,17	1,43	2,05	2,88
Sapotaceae	3,45	1,43	0,90	1,92
Rubiaceae	1,72	0,48	3,27	1,83

Otras	18,97	6,19	5,77	10,31
Total				**100%**

Leyenda. FR (Frecuencia relativa), AR (Abundancia relativa), DR (Dominancia relativa)

En el análisis del índice de valor de importancia de especies (IVI), las 10 especies más representativas con mayor IVI fueron *Vochysia braceliniae* (19,52) e Inga *edulis* (15,14) dado al mayor número de individuos de esta especie en relación a otras especies, mientras que la especie de menos valor ecológico es *Annona mucosa* (1,89) (Tabla 9). De acuerdo a (Lujan & Chavesta, 2008) la especie *Vochysia braceliniae* tiene un alto IVI porque es endémica de la provincia de Napo, además este autor menciona la presencia de características organolépticas y macroscópicas que hacen únicas de esta especie.

Tabla 9. Índice de Valor Ecológico (IVI) de especies del sistema Chakra en el cantón Archidona, provincia de Napo.

Familia	**Especie**	**Nombre común**	**FR**	**AR**	**DR**	**IVI**
Vochysiaceae	*Vochysia braceliniae*	Tamburu	3,13	30,48	24,97	19,52
Fabaceae	*Inga edulis*	Guaba de bejuco	15,63	14,29	15,52	15,14
Arecaceae	*Bactris gasipaes*	Chonta duro	9,38	12,86	6,84	9,69
Meliaceae	*Cedrela odorata*	Cedro	10,94	7,14	9,07	9,05
Boraginaceae	*Cordia alliodora*	Laurel	6,25	6.19	10,12	7,52
Lauraceae	*Persea americana*	Aguacate/palta	9,38	5,71	5,98	7,02
Compositae	*Piptocoma discolor*	Pigue	4,69	8,1	3,55	5,45
Fabaceae	*Piptadenia pteroclada*	Asna guaranga	3,13	1,9	8,33	4,45
Fabaceae	*Inga spectabilis*	Guaba de machete	3,13	1,43	1,36	1,97
Annonaceae	*Annona mucosa*	Anona	3,13	0,95	1,6	1,89
Otras especies			31,25	10,95	12,65	18,29
Total						**100%**

Leyenda: FR = Frecuencia relativa; AR= Abundancia relativa; DR= Dominancia relativa

Los resultados de la diversidad de especies de la chakra en la zona objeto de estudio la de mejor comportamiento resultó la parcela F4 con 2,02, seguido por las parcelas F7 con 1,80. La parcela de más bajo resultado para este indicador fue en la parcela F11 con 0,33 (Tabla 10), además se tuvo en cuenta la media de 10 especies más representativa obteniendo un valor de 1,32, considerándose este como una diversidad baja, lo que coincide con lo reportado por (Aguirre, 2013) que los rango de valores bajos se pueden encontrar en 0-1.35 para este indicador.

En relación a la dominancia de especies de la chakra en la zona objeto de estudio la de mejor comportamiento resultó la parcela F4 con 0,86, seguido por las parcelas F7 y F12 con 0.79 respectivamente. La parcela de más bajo resultado de este indicador fue en la parcela F11 con 0,12 (Tabla 10), además se tuvo en cuenta la media de 10 especies más representativa obteniendo un valor de 0,65, considerándose este como una dominancia media, lo que coincide con lo reportado por (Aguirre, 2013) que los rangos de valores medios se pueden encontrar en 0,34 -0.66 para este indicador.

Además, datos florísticos en el Bosque siempreverde Piemontano en la cuenca del Río Piatúa reportados por (Patiño, y otros, 2015) demuestra que la presencia de una composición florística media a alta es propia de estos ecosistemas de píe de monte en el contexto amazónico.

Tabla 10. Índice de Índice de Shannon y Simpson en parcelas del sistema Chakra en el cantón Archidona, provincia de Napo.

Cantón	Parcela	Familia	Individuos	R	H´	1 - D
Archidona	F1	6	33	7	1,65	0,77
	F2	7	21	8	1,89	0,83
	F3	2	2	2	0,69	0,5
	F4	8	11	8	2,02	0,86
	F5	3	7	3	0,96	0,57
	F6	2	5	3	1,06	0,64
	F7	8	26	9	1,8	0,79
	F8	3	12	3	0,82	0,49
	F9	4	5	4	1,33	0,72
	F10	5	9	5	1,52	0,77
	F11	5	62	5	0,33	0,12
	F12	5	17	7	1,73	0,79
	Media	**5**	**18**	**5**	**1,32**	**0,65**

Leyenda: Número de familias, individuos, riqueza, Índice de Shannon, Simpson. H´= Índice de Shannon; 1-D = Índice de Simpson.

3.2.Cuantificación del carbono sobre el suelo del sistema Chakra

Utilizando un registro de 210 individuos de 27 especies arbóreas con DAP ≥ 10 cm inventariados en las 12 parcelas permanentes de chakras evaluadas en el cantón Archidona, los resultados muestran que, en promedio, el carbono almacenado en la biomasa sobre el suelo considerando árboles, frutales y palmas es en promedio de 18,68 (Mg C/ha). Lo que representa el secuestro de 68,50 Mg CO_2/ha (Tabla 11).

Tabla 11. Promedio de biomasa (BSS), carbono (CSS) y dióxido de carbono CO_2, sobre el suelo almacenado en especies vegetales en sistema "Chakra".

Sistema productivo	BSS (Mg/ha)	CSS (Mg/ha)	CO_2 (Mg/ha)
Chakra Archidona	39,75	18,68	68,50

Actualmente, es importante conocer la cantidad de biomasa, carbono y CO_2 sobre el suelo almacenado tanto en los sistemas productivos como en los bosques naturales, especialmente en el bioma Amazónico por sus características biofísicas y culturales. En un estudio realizado por Torres et al. (2020) en un bosque siempreverde piemontado de la provincia de Napo se determinaron valores promedios de entre 123 a 160 Mg C/ha, en una gradiente altitudinal de entre 700 a 1000 msnm. Estos mismos autores afirman que en este tipo de bosque la composición florística y características estructurales varía significativamente, pero no en términos de carbono en la biomasa sobre el suelo. La Chakra evaluada en este estudio se encuentra dentro de este rango altitudinal y su contenido de carbono representa alrededor de un 15%, lo cual es importante considerando que se trata de un sistema productivo.

En bosques Andino-Amazónicos, la contribución de pocas especies para mantener el nivel de reservas de carbono siguiere que la futura intensificación de la tala selectiva sesgada hacia los árboles con alto potencial de almacenamiento de C podría conducir al empobrecimiento de carbono en los bosques amazónicos. La toma de decisiones en término de programas para detener la deforestación y fomentar la reforestación debería consideran las consecuencias de estos valores sobre el secuestro de carbono en el componente arbóreo tanto de bosques como de sistemas agroforestales

(Torres et al. 2019).

Como se muestra en la Figura 3 la especies con mayor potencial para el secuestro de CO_2 *Chimarrhis glabriflora* con valores de 53.80 %, esta especie no se registró dentro del índice de valor de importancia ecológico, lo cual nos indica la importancia de calcular tanto el IVI como el IVIB para promover programa orientados al manejo de la diversidad y al secuestro de carbono. Seguido en orden de importancia de la especie *Piptadenia ptecoclada* poco abundante en bosques amazónicos, pero con potencial para el secuestro de carbono en la chakra amazónica, en comparación con especies de abundancia dentro la RAE como el caso de *Inga edulis y Cordia allidora*.

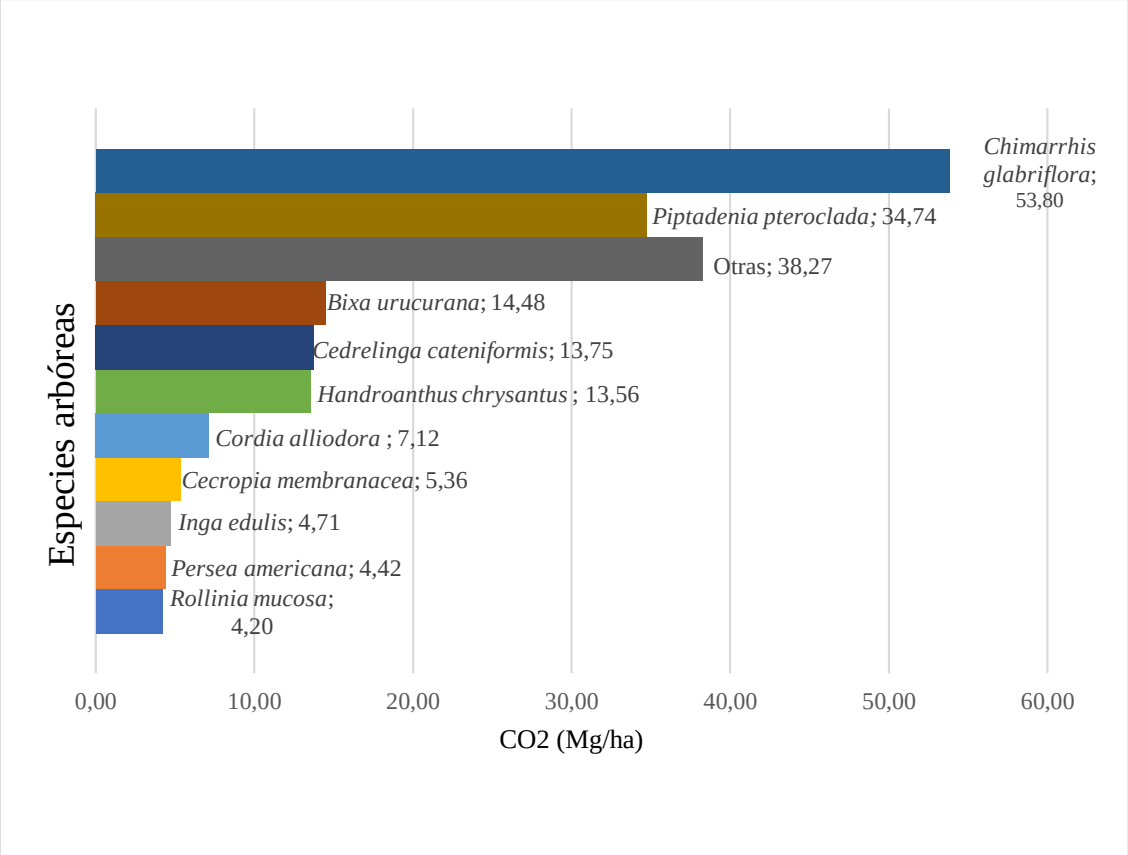


Figura 3. Especies arbóreas con mayor secuestro de CO_2 (%) en sistema Chakra en la zona objeto de estudio.

Según Hernández & Núñez (2020) en un sistema agroforestal (SAF) se puede encontrar alrededor de 50 especies que capturan carbono y la vez brindan algún producto a familias productoras, en el caso de la Chakra del cantón Archidona se encontraron 27 especies arbóreas con un DAP ≥ 10 cm que contribuyen al secuestro de carbono. Entre estas especies, las 10 especies que tienen mayor potencial para el secuestro de carbono y

además pueden proveer alimento se encuentra *Persea americana* (aguacate), de acuerdo con (Ovalle Marin, Rivas, Orellana, Garcia, & Jimenez, 2020) esta especie sobresale en la industria por valor nutricional y su potencial para generar gran cantidad de subproductos.

La especie con mayor secuestro de CO_2 en estudios realizados en el cantón Archidona según (Grefa & Aguinda 2020) *Cordia alliodora* 8,67 Mg CO_2 / ha y *Cedrelinga catenaeformis* 21,91 Mg CO2/ha. Estas dos especies también se encuentran listadas en este estudio demostrando el potencial dentro de la chakra amazónica para contribuir con un de los servicios ecosistemáticos de regulación y aportar valor a la Chakra amazónica sin aprovechar estas especies con fines maderables (Tabla 12).

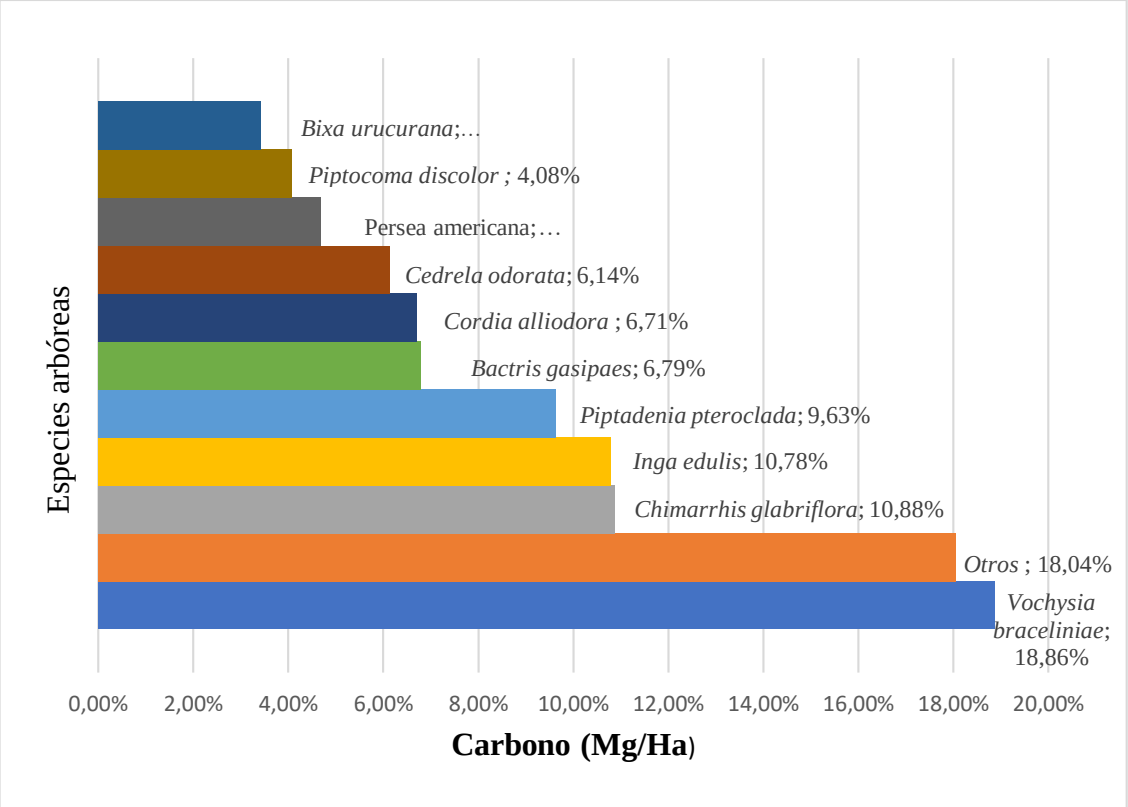
Tabla 12. Densidad, área basal, biomasa sobre el suelo e índice de valor de importancia de la biomasa (IVIB) en el sistema de Chakra en el cantón Archidona.

Familia	**Especies**	**Nombre Común**	**N (%)**	**AB (%)**	**BSS (%)**	**IVIB (%)**
Vochysiaceae	*Vochysia braceliniae*	Tamburu	30,48	24,97	0,17	18,86%
Rubiaceae	*Chimarrhis glabriflora*	Intachik	0,48	3,27	0,1	10,88%
Fabaceae	*Inga edulis*	Guaba de bejuco	14,29	15,52	0,1	10,78%
Fabaceae	*Piptadenia pteroclada*	Guarango	1,9	8,33	0,09	9,63%
Arecaceae	*Bactris gasipaes*	Chonta duro	12,86	6,84	0,06	6,79%
Boraginaceae	*Cordia alliodora*	Laurel	6,19	10,12	0,06	6,71%
Meliaceae	*Cedrela odorata*	Cedro	7,14	9,07	0,06	6,14%
Lauraceae	*Persea americana*	Aguacate/ palta	5,71	5,98	0,04	4,69%
Compositae	*Piptocoma discolor*	Pigue	8,1	3,55	0,04	4,08%
Bixaceae	*Bixa urucurana*	Achiote de monte	0,48	1,97	0,03	3,41%
Otros						18,04%
Total						**100%**

Leyenda: N= densidad relativa B= es el área basal en términos relativos y BSS = los valores relativos de la biomasa sobre el suelo

De acuerdo con el cálculo de índice de valor de importancia del carbono de la biomasa (IVIB) propuesto por Torres et al. (2020), (Anexo 3)calculado en función de la

densidad, área basal y biomasa sobre el suelo en términos porcentuales, los resultados mostraron (Figura 4), que la especie *Vochysia braceliniae* es la que más contribuye al secuestro de carbono por ser más abundante y tener el más alto IVIB (18,86%), sin embargo la especie *Chimarrhis glabriflora* es poco abundante, pero es la segunda especie con mayor contribución al secuestro de carbono con un IVIB (10,88), seguido por la *Inga edulis* IVIB (10.78 %) y *Piptadenia ptedoclada* (guarango) con un IVIB de (9,63%) (Tabla 12). Este índice muestra la importancia de ciertas especies arbóreas para el secuestro de carbono, con lo cual se puede potenciar al sistema Chakra como un potencial sumidero de carbono, que contribuye al Plan de Acción RED del Ministerio del Ambiente



y transición Ecológica (MAE, 2016).

Figura 4. Especies vegetales (%) de mayor importancia en el almacenamiento de carbono de la biomasa en el sistema Chakra, en la zona objeto de estudio.

3.3.Potencial maderero del sistema Chakra en el cantón Archidona

Los datos muestran también que hubo variabilidad en el potencial de madera estimado, donde las más representativas fueron las parcelas F1 con un valor de 62,96 m^3,

F2 con 54,22 m^3 y F11 con 51,00 m^3, las parcelas con menor potencial de volumen comercial de madera aserrada fueron la parcela F4 con 10,88 m^3 y F6 con 13,01 m^3 **(**Tabla 13). Datos similares en sistemas agroforestales fueron reportados por (Jadán, Günter, Torres, & Selesi, 2015), demostraron que el volumen comercial en las especies arbóreas maderables con DAP ≥ 10 cm, es superior en un bosque tropical frente a las Chakra dado a la mayor cantidad de árboles presentes en un bosque, además con un aprovechamiento legal el sistema Chakra generaría otros ingresos económicos a los finqueros.

Los resultados muestran que el promedio del volumen de madera en pie es de 55,88 m^3 y en madera aserrada es de 27,94 m^3, considerando un 50% desperdicio de madera aserrada en relación a volumen de madera en pie en el sistema Chakra tradicional de cacao, coincidiendo esto con la normativa 139 de (MAE, 2010).

Tabla 13. Promedios de datos dasométricos y potencial de volumen en pie y volumen aserrado del componente arbóreo del sistema Chakra.

Número parcela	Altura estimada (m)	DAP (m)	AB (m^2)	Potencial volumen en pie (m^3)	Potencial volúmen aserrado (m^3) (0,5)*
F1	9,16	0,19	1,31	125,92	62,96
F2	12,84	0,26	1,2	108,44	54,22
F3	13,5	0,42	0,33	34,58	17,29
F4	8,42	0,19	0,35	21,75	10,88
F5	9,07	0,27	0,42	24,86	12,43
F6	8,94	0,26	0,34	26,03	13,01
F7	9,81	0,23	1,34	102,86	51,43
F8	7,71	0,22	0,58	33,23	16,61
F9	10,56	0,27	0,35	29,38	14,69
F10	9,83	0,2	0,32	22,08	11,04
F11	8,86	0,18	1,73	102	51
F12	8,67	0,18	0,51	39,4	19,7
Media	**9,78**	**0,24**	**0,73**	**55,88**	**27,94**

**0,5= factor de conversión de madera en pie a madera aserrada (MAE, 2010).*

4. CONCLUSIONES

En relación al valor ecológico en sistema agroforestal tradicional "Chakra", se destacó las familias Fabaceae y Vochysiacea, sin embargo, se identificó valores similares de IVI, donde las especies *Vochysia braceliniae* e *Inga edulis* poseen mayor valor ecológico y con menor la especie *Annona mucosa*. Los resultados del Índice de Shannon indican una diversidad baja con valor promedio de 1,32 y el Índice de Simpson indica una dominancia media con valor promedio de 0,65.

El índice de valor de importancia para la biomasa demostró 210 individuos, destacándose la especie *Chimarrhis glabriglora* con índice más alto, misma que no se reporta entre las más abundantes, considerado el sistema Chakra como alto potencial para el secuestro de CO_2.

Estos resultados indican en potencial que tienen las chakras para promover sistemas productivos sostenibles, que además incorporen especies que contribuyen al secuestro de carbono, manteniendo la producción en este caso de caca, la diversidad arbórea y así disminuir la presión sobre la deforestación de los bosques tropicales amazónicos.

5. REFERENCIAS

Aguirre, Z. (2013). Guía De Métodos Para Medir La Biodiversidad. Loja: Universidad Nacional De Loja.

Borja, M. y. (2017). Bosque de la Región Amazónica ecuatoriana: ¿Que nos dicen las cifras de deforestación de los últimos 15 años?

Caranqui, J. (2015). Análisis Temporal Entre Dos Estados Del Bosque Siempre Verde De Tierras Bajas En La Estación Experimental De Pastaza.

Cayuela, L. y. (2012). Biodiversidad y conservación de bosque neotropicales.Revistaecosistema.21(1-2).

Chave, J., Ándalo, C., & Brown, S. (2005). Alometría de árboles y estimación mejorada de reservas y balance de carbono en bosques tropicales. Springer Link, 145.

Emerton, L. (2003). Valoración de los bosques tropicales: ¿Ha sido todo en vano? Actas del congreso forestal mundial. Quebec city.Canadá.

Encalada, M., & Caina, S. (2020). Efecto de la actividad antrópica sobre la composición florística y estructura de la zona de protección permanente de la cuenca del Río Pasurco,Comunidad Murialdo. Puyo.

Fernández, M. (2017). Revisión de métodos para la estimación de la captura de carbono almacenado de bosques naturales. Nueva Granada.

GADMA. (2019). Plan de Desarrollo y ordenamiento territorial. Napo: Dirección de planificación cantonal.

Gentry, A. (1986). Patterns of neotropical plant species diversity. In heacht, M., Wallace, B,. Prance, G. Evolutionary Biology. Springer., 1-2 .

Grefa, I., & Aguinda , E. (2020). Estimación de carbono en plantaciones de *Cedrelinga catenaeformis D. Duke, Cordia alliodora* (Ruíz / Pav.) Oken y Tabebuia donnell – smithii Rose en La Hacienda Los Laureles, Cantón Archidona. Puyo: Universidad Estatal Amazónica.

Hernánde Núñez, H., Andrade, H., Suárez Salazar, J., Sánchez, J., Gutiérrez, D., Gutiérrez García, G., . . . Casanoves, F. (2020). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en los Llanos Orientales de Colombia. Grupo de Investigación en Agroecosistemas y Conservación en Bosques Amazónicos, 17.

Jadán, O., Günter, S., Torres, B., & Selesi, D. (2015). Riqueza y potencial maderable en sistemas agroforestales tradicionales como alternativa al uso del bosque nativo, Amazonia del Ecuador. Revista Forestal Mesoamericana KURÚ, 12(28). Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5123331.pdf

Jadán, O., Torres, B., Peña, D., Rosales, C., & Günter, S. (2016). Diversidad Floristica y estructura en Cacaotales tradicionales y bosque natural (Sumaco, Ecuador). Colombia Forestal, 19(2), 5-18.

Lujan, J., & Chavesta, M. (2008). Estudio anatómico del leño diez especies tropicales del Perú. 10(2). Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6171110.pdf

(MAE), M. d. (2016-2025). Bosques para el Buen Vivir- Plan de Acción REDD+ Ecuador (2016-2025). Quito.

MAE. (2010). Normativa 139 de Procedimientos para autorizar el aprovechamiento y corta de madera. Quito

MAE. (2011). Familias Y Géneros Arbóreos Del Ecuador. Quito. Obtenido de http://enf.ambiente.gob.ec/web_enf/documentos/familiasGenerosArboreos.pdf

Ministerio del Ambiente. (2010). Rocedimientos Para Autorizar El. Obtenido de http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Procedimientos-Para-Autorizar-El-Aprovechamiento-Y-Corta-De-MaderA.pdf

Ministerio del Ambiente. (2013). Metodología para determinar la relación gente - bosque. Quito Ecuador.

Ministerio del Ambiente. (2016). Sistema Nacional Del Control Forestal. Quito. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/Control-Forestal.pdf

Patiño, J., Lozano, P., Tipán, C., Navarrete, H., López, R., Asanza, M., & Torres, B. (2015). Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m.s.n.m en la cuenca del Río Piatua,Napo,Ecuador. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 4(2), 166-192. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5292893.pdf

Regalado Bolaños, J. (2020). Etnoecología De La Chakra Kichwa Para La Conservación De Las Prácticas Tradicionales Y El Fomento Del Turismo Comunitario,

Limonchocha Sucumbios, Ecuador. Quito.

Shannon, C., & Weaver, W. (1964). The mathematical theory of communication. EEUU: University of Illinois Press.Urbana.

Sierra, R. (2013). Patrones Y Factores De Deforestación En El Ecuador ContinentaL, 1990-2010, y un acercamiento a los proximos 10 años. Quito, Ecuador.

Simpson, E. H. (1949). Measurement of Diversity. Nature, 163, 688.

Soler, P., Berrroterán, J., Gil, J., & Acosta, R. (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. Agronomía Trop, 62(1-4), 25-37.

Torres, B., Vasseur, L., Lopez, R., Lozano, P., García, Y., Arteaga, Y., . . . García, A. (2020). Estructura y Biomasa aérea a lo larga de una gradiente de elevación a pequeña escala: estudio de casa en un bosque siempre verde andino amazónico, Ecuador. Springer.

Torres, B., Andrade, A., Enriquez, F., Luna, M., Heredia, R., & Bravo, C. (2022). Estudias sobre medios de vida sostenibilidad y captura de carbono en Chakra con cacao casos de las asociaciones Kallari, Wiñak, y Tsatsayaku, Amazonía Ecuatoriana FAO-Ecuador. 137.

Torres, B., Vasco, C., Gunter, S., & Knoke, T. (2018). Determinants of Agricultural Diversification in a Horspor Area: Evidence from Colonist and Indigenous Communities in the Sumaco Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. sustainability, 21.

Torres, V. (2016). Diversidad, Estructura Y Concentración De Carbono En Un Bosque Siempreverde Piemontano De 800 A 900 Msnm,En La Amazonia Ecuatoriana. Quevedo. Obtenido de https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1796/1/T-UTEQ-0037.pdf

Anexos

Anexo 1. Tabla 1. Índice de Valor Ecológico de Familias botánicas (IVIF) en el sistema Chakra en el cantón Archidona, provincia de Napo.

Nombre científico	Número de individuos	AR	Área Basal	DR	FA	FR	IVIF
Annonaceae	3	1,43	0,18	2,05	3,00	5,17	2,88
Araliaceae	1	0,48	0,01	0,11	1,00	1,72	0,77
Arecaceae	28	13,33	0,62	7,06	7,00	12,07	10,82
Bignoniaceae	1	0,48	0,10	1,12	1,00	1,72	1,11
Bixaceae	1	0,48	0,17	1,97	1,00	1,72	1,39
Boraginaceae	13	6,19	0,89	10,12	4,00	6,90	7,73
Combretaceae	1	0,48	0,01	0,11	1,00	1,72	0,77
Compositae	19	9,05	0,34	3,86	5,00	8,62	7,18
Fabaceae	39	18,57	2,36	26,94	10,00	17,24	20,92
Lamiaceae	2	0,95	0,02	0,22	1,00	1,72	0,97
Lauraceae	12	5,71	0,53	5,98	6,00	10,34	7,35
Lecythidaceae	2	0,95	0,06	0,63	2,00	3,45	1,68
Malvaceae	1	0,48	0,02	0,26	1,00	1,72	0,82
Meliaceae	15	7,14	0,80	9,07	7,00	12,07	9,43
Rubiaceae	1	0,48	0,29	3,27	1,00	1,72	1,83
Rutaceae	1	0,48	0,02	0,19	1,00	1,72	0,80
Sapotaceae	3	1,43	0,08	0,90	2,00	3,45	1,92
Solanaceae	2	0,95	0,02	0,21	1,00	1,72	0,96
Urticaceae	1	0,48	0,08	0,96	1,00	1,72	1,05
Vochysiaceae	64	30,48	2,19	24,97	2,00	3,45	19,63
Total	**210**	**100**	**8,78**	**100**	**58**	**100**	**100**

Leyenda. AR (Abundancia relativa), DR (Dominancia relativa), FA (Frecuencia Absoluta), FR (Frecuencia relativa)

Anexo 2. Tabla 2. Índice de Valor Ecológico (IVI) de especies del sistema Chakra en el Cantón Archidona, provincia de Napo**.**

Nombre científico	Número de individuos	AR	Área Basal	DR	FA	FR	IVI
Bactris gasipaes	27	12,86	0,60	6,84	6,00	9,38	9,69
Bixa urucurana	1	0,48	0,17	1,97	1,00	1,56	1,34
Cecropia membranacea	1	0,48	0,08	0,96	1,00	1,56	1,00
Cedrela odorata	15	7,14	0,80	9,07	7,00	10,94	9,05
Cedrelinga cateniformis	1	0,48	0,13	1,44	1,00	1,56	1,16
Cestrum tomentosum	2	0,95	0,02	0,21	1,00	1,56	0,91
Chimarrhis glabriflora	1	0,48	0,29	3,27	1,00	1,56	1,77
Citrus limon	1	0,48	0,02	0,19	1,00	1,56	0,74
Cordia alliodora	13	6,19	0,89	10,12	4,00	6,25	7,52
Gustavia macarenensis	2	0,95	0,06	0,63	2,00	3,13	1,57
Handroanthus chrysantus	1	0,48	0,10	1,12	1,00	1,56	1,05
Inga edulis	30	14,29	1,36	15,52	10,00	15,63	15,14
Inga spectabilis	3	1,43	0,12	1,36	2,00	3,13	1,97
Myroxylon balsamum	1	0,48	0,03	0,29	1,00	1,56	0,78
Persea americana	12	5,71	0,53	5,98	6,00	9,38	7,02
Piptadenia pteroclada	4	1,90	0,73	8,33	2,00	3,13	4,45
Piptocoma discolor	17	8,10	0,31	3,55	3,00	4,69	5,45
Pouteria caimito	3	1,43	0,08	0,90	2,00	3,13	1,82
Rollinia mucosa	2	0,95	0,14	1,60	2,00	3,13	1,89
Ruizodendron ovale	1	0,48	0,04	0,45	1,00	1,56	0,83
Schefflera morototoni	1	0,48	0,01	0,11	1,00	1,56	0,71
Socratea exorrhiza	1	0,48	0,02	0,21	1,00	1,56	0,75
Terminalia oblonga	1	0,48	0,01	0,11	1,00	1,56	0,72
Theobroma subincanum	1	0,48	0,02	0,26	1,00	1,56	0,77
Vernonanthura patens	2	0,95	0,03	0,31	2,00	3,13	1,46
Vitex cymosa	2	0,95	0,02	0,22	1,00	1,56	0,91
Vochysia braceliniae	64	30,48	2,19	24,97	2,00	3,13	19,52
Total	**210**	**100**	**8,78**	**100**	**64**	**100**	**100**

Leyenda. AR (Abundancia relativa), DR (Dominancia relativa), FA (Frecuencia Absoluta), FR (Frecuencia relativa)

Anexo 3. Tabla 3. Identificación de las especies arbóreas, arbustos y palmas que mayormente contribuyen al secuestro de carbono en la biomasa aérea, se usó el índice de valor de importancia para la biomasa.

Etiquetas de fila	Promedio de BSS (Mg/ha)	BSS (%)	N (%)	B (%)	IVIB
Vochysia braceliniae	1,22	1,13	30,48	24,97	18,86
Chimarrhis glabriflora	31,22	28,90	0,48	3,27	10,88
Inga edulis	2,73	2,53	14,29	15,52	10,78
Piptadenia pteroclada	20,15	18,66	1,90	8,33	9,63
Bactris gasipaes	0,72	0,66	12,86	6,84	6,79
Cordia alliodora	4,13	3,82	6,19	10,12	6,71
Cedrela odorata	2,38	2,20	7,14	9,07	6,14
Persea americana	2,56	2,37	5,71	5,98	4,69
Piptocoma discolor	0,63	0,58	8,10	3,55	4,08
Bixa urucurana	8,40	7,77	0,48	1,97	3,41
Cedrelinga cateniformis	7,98	7,39	0,48	1,44	3,10
Handroanthus chrysantus	7,87	7,28	0,48	1,12	2,96
Rollinia mucosa	2,43	2,25	0,95	1,60	1,60
Inga spectabilis	2,12	1,96	1,43	1,36	1,59
Cecropia membranacea	3,11	2,88	0,48	0,96	1,44
Pouteria caimito	1,68	1,55	1,43	0,90	1,29
Gustavia macarenensis	1,49	1,38	0,95	0,63	0,99
Ruizodendron ovale	2,09	1,94	0,48	0,45	0,95
Myroxylon balsamum	1,57	1,45	0,48	0,29	0,74
Vernonanthura patens	0,47	0,43	0,95	0,31	0,56
Theobroma subincanum	0,81	0,75	0,48	0,26	0,50
Vitex cymosa	0,31	0,29	0,95	0,22	0,49
Cestrum tomentosum	0,27	0,25	0,95	0,21	0,47
Citrus limon	0,78	0,72	0,48	0,19	0,46
Socratea exorrhiza	0,31	0,28	0,48	0,21	0,33
Terminalia oblonga	0,38	0,35	0,48	0,11	0,31
Schefflera morototoni	0,24	0,22	0,48	0,11	0,27

Leyenda: N= densidad relativa B= es el área basal en términos relativos y BSS = los valores relativos de la biomasa sobre el suelo

Marco teórico

1. Antecedentes

La Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) tiene una extensión de 120.000 km^2 comprende a las provincias de Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona y Zamora, abarca el Parque Nacional Yasuní, Reservas, Parques Nacionales como Sumaco Napo-Galeras, Cayambe –Coca y Llanganates que poseen una gran diversidad de especies endémicas que han sido recolectadas y estudiadas por científicos para analizar su potencial. (Suárez, 2018)

El Bosque siempre verde se encuentran en la región amazónica de Ecuador, posee un importante papel y servicio ecológico, aportando al mantenimiento biológico y apoyo económico a comunidades indígenas dependientes de una variedad de productos maderables y no maderables, por lo que extraer madera puede ser un medio de subsistencia y reducción de la pobreza para sus hogares (Samaniego, y otros, 2015)**.**

En la actualidad los sistemas agroforestale , se caracterizan por ser tecnológicos y productivos combinando especies forestales con cultivos intensivos y ofreciendo grandes beneficios en relación a otros sistemas, según (Jadán, Torres, Peña, Rosales, & Günter, 2016) la vegetación arbórea y arbustiva se caracteriza por su diversidad y riqueza de especies se correlaciona positivamente con la densidad y área basal , además de aportar captura de carbono y a futuro un potencial maderero para evitar la deforestación de los bosque nativos de la amazonia.

2. Marco conceptual

2.1. Sistemas agroforestales

La agroforestería es una alternativa frente a las diversas formas de hacer agricultura, cumplen beneficios como la interacción biológica entre dos especies (una leñosa y otra con fin agrícola). Los sistemas agroforestales cumplen un rol importante al aumentar la disponibilidad de nutrientes por efecto de la fijación natural complementada por la acumulación de materia orgánica, y por otro lado extraen gran cantidad nutrientes de las capas inferiores. (Astorga, y otros, 2018)

La chakra es un sistema de producción del tipo tradicional y diverso del sistema agroforestal, desarrollado por los pueblos indígenas de la RAE y replicado por los

pobladores, con algunas modificaciones o cambios al sistema, en el sistema original, su objetivo es satisfacer las necesidades alimentarias de las familias durante todo el año y el excedente comercializarlo en mercados locales. (Astorga, y otros, 2018)

2.2. Diversidad florística

La diversidad florística describe al número de familias, géneros y especies en un bosque al momento de realizar un inventario forestal y existe parámetros ecológicos como el Índice de valor de importancia ecológico (IVI,IVIF), Índices de Shannon y Simpson considerados para identificar la importancia , diversidad y dominancia de ciertas especies o familias dentro de una comunidad arbórea. Dichos índices cumplen un papel importante dentro del bosque al ser parámetros que permite cuantificar la biodiversidad de un hábitat.

La caracterización de estos sistemas mediante índices que miden factores de su diversidad, son un indicador clave para obtener información de la salud del bosque. De igual forma, estos indicadores ayudan a comparar comunidades naturales y modificadas, para medir el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas. (García, Valdez, Luna, & López, 2015)

2.3. Carbono en la biomasa

Se destaca el secuestro de Carbono entre los servicios ecosistemáticos presentes en la chakra, que implica la mitigar y el proceso de almacenar de carbono de la atmósfera en sumideros en la vegetación y el suelo a través de procesos físicos o biológicos, con el potencial de participación en el mercado de carbono podría ayudar a mantener otros componentes del sistema que producen múltiples servicios ecosistémicos asociados, la mayoría sin valor de mercado.

Conocer el contenido de carbono de la biomasa es útil para determinar las existencias nacionales de gases de efecto invernadero, desarrollar los indicadores nacionales correspondientes, para generar procesos y examinar líneas base para futuros proyectos con el fin de negociar e incursionar en el mercado del carbono (Gayoso & Guerra, 2005).

El carbono en el suelo es de vital importancia para la actividad biológica del suelo, actualmente el Potencial del Sistema Agrícola en los Bosques (suelo y biomasa) para almacenamiento de carbono puede variar de 20 a 204 toneladas hectáreas, la mayoría de

este carbono se almacena en el suelo y puede incluso existe un incremento anual de C que puede variar entre 1.8 y 5.2 ton ha-1 (Ibrahim, y otros, 2006).

2.4. Carbono sobre el suelo

A medida que se fragmenta y se descompone, la materia orgánica muerta se transforma en materia orgánica del suelo es muy alto el potencial que representa el suelo de Conservación para ser considerado como un reservorio de carbono natural, sin cuantificar aun el carbono que puede almacenar la vegetación en su parte aérea, lo que resulta fundamental para mitigar, en parte, el efecto del cambio climático. (Correa, Blanco, & Gamiño, 2011)

La captura de carbono en el suelo se puede entender como la interacción del elemento con varios factores que puedan hacer un cambio en las propiedades del suelo a lo largo del tiempo, tales como las características edafoclimáticas del lugar y los componentes que agrupan su estructura o que están directamente ligados a ella. Por lo tanto, la estimación del potencial de captura de carbono en los suelos toma en cuenta varios elementos esenciales: la existencia original de carbono y los cambios en las existencias del mismo.

El contenido de carbono en el suelo se manifiesta en base a los factores relacionados a su origen, pero puede modificarse por los cambios en su uso y manejo. Los factores climáticos y los factores del suelo permiten explicar el almacenamiento del carbono en indeterminados periodos, mientras que el uso del suelo y los cambios de vegetación son considerados en periodos más pequeños. Las grandes diferencias en la existencia de carbono entre diferentes zonas ecológicas se presentan en relación a la temperatura y la precipitación.

Existen diversos estudios agrónomos a largo plazo que detallan el cambio en la existencia del carbono del suelo debido a variaciones en la cobertura y en su uso. Éstos han logrado calcular y desarrollar modelos que examinan el efecto de diversos tipos de manejo del suelo y así como su papel en el almacenamiento de carbono.

La deforestación genera la pérdida casi total de la biomasa vegetal y entre 40 y 50% del carbono contenido dentro del suelo. La reforestación incrementará lentamente el carbono sobre y debajo de la superficie, dependiendo de la tasa de crecimiento de los árboles.

Los experimentos realizados en zonas templadas muestran que los sistemas orgánicos y sustentables ayudan a los suelos debido a la acumulación de materia orgánica. Por otra parte, existen múltiples modelos matemáticos para estudiar y simular la dinámica de carbono como resultado de los cambios de uso del suelo.

Se requieren diversos datos, tanto del clima, como de las cualidades del suelo, información sobre el manejo del suelo y la materia orgánica. Así desarrollados modelos para generar predicciones sobre el potencial de secuestro de carbono en el suelo, el potencial de los cultivos, las emisiones de diferentes gases y hasta para calcular efectos del cambio climático.

Actualmente se conocen algunas variables en relación a la captura de carbono en el suelo y de que ya se cuenta con modelos que permiten la predicción de la desarrollada del carbono en diferentes escenarios, debe considerarse dar un monitoreo permanente a los cambios en la capacidad de captura de carbono en los suelos. Esto permitirá poder precautelar y evitar repercusiones en las funciones del suelo (Hernández, Torres, & Hernández, 2010).

2.5. Potencial maderero

Consiste en aprovechar el recurso forestal de forma legal y sostenible, para aumentar la riqueza en de las especies maderables y que se mantenga para futuras generaciones, en la alimentación de las chakras u otros lugares. Es apto para bosques para reducir la presión en el bosque mediante una Planificación integral del bosque (Jadán, Torres, Peña, Rosales, & Günter, 2016)**.**

El mercado nacional de madera en Ecuador es aún pequeño en comparación con el consumo mundial de madera, los principales factores que conducen al bajo consumo nacional de madera son: bajo ingreso per cápita, crisis económica de los últimos años, precios altos y uso inculto estos recursos (Sánchez, Vayas, Mayorga, & Freire, 2020).