

TENA, NAPO-ECUADOR

OPORTUNIDAD DE **DESARROLLO SOSTENIBLE** PARA **LA REGIÓN AMAZÓNICA** Y EL SECTOR FORESTAL INDUSTRIAL ECUATORIANO

Chuncho (*Cedrelinga cateniformis*):

Especie guía en sistemas agroforestales para **restauración productiva**, reducción de la pobreza, mitigación del Cambio Global y generación de madera cultivada y alimentos para la Bioeconomía



Wilfredo Franco PhD, Gabriel Picón Nava M.Sc., Pablo Ninin M.Sc. y Amr Radwan PhD

Con la colaboración de Willin Álvarez PhD, Andrés Tinitana, Jenny Narváez y Rafaela Salcedo (Ikiam)

**UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - ULA
UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO - UNEMI**

AGOSTO 2023

RESUMEN

Se evaluó el chuncho (*Cedrelinga cateniformis Ducke*) en plantaciones forestales y SAF en Napo, Amazonía ecuatoriana, determinando su potencial en proyectos de restauración productiva para mitigar la pobreza y el Cambio Global, contribuyendo con las cadenas de valor de una Bioeconomía sostenible post petrolera. Se inventariaron parcelas de chuncho en monocultura y policultivo, a diferentes espaciamientos de plantación y edades entre 3 y 25 años, en 9 localidades de Napo. La tasa de crecimiento promedio de los árboles en diámetro, altura fuste y volumen de fustes arrojó 2,9 cm/año, 1,0 m y 15 m³/ha/año, respectivamente (a 3,5x3,5 y 4x4 m). Bajo 4000 mm anuales de precipitación, los suelos franco arenosos, altos en materia orgánica y pH ácido resultaron los más favorables para la especie. El policultivo con cacao y vainilla, guayusa o café demostraron su viabilidad. Los resultados sustentan la propuesta de un programa de SAF en base a *Cedrelinga cateniformis* para restaurar 100.000 ha de tierras deforestadas (5.000 ha/año) con una inversión anual de US\$7,5 millones, incorporando a las poblaciones locales y promoviendo cadenas de valor de rubros agroalimentarios de corto (maíz, yuca, frijol, plátano) y largo plazo (cacao, etc.), generando ingresos hasta la cosecha de la madera y cubrir el mantenimiento anual de los SAF. A los 20 años, se esperan rendimientos de 300 m³/ha de madera, equivalentes a 60 Tm de carbono (US\$411/ha) y 150 m³ de madera (US\$40.000/ha) para muebles y componentes para viviendas. De iniciarse en 2025, el primer turno (2044-2062) generaría anualmente un total de US\$200.000.000 en madera y US\$1.800.000 en bonos de carbono (precio 2022), lo que se repetiría durante 18 años. La cadena de valor en muebles, puertas, ventanas, etc. generaría empleo y multiplicaría los beneficios. A partir del primer año de cosecha de madera (2044) los ingresos obtenidos permitirían reforestar las 5000 ha cosechadas y ampliar la cobertura del programa a 10.000 ha/año o más, afianzando su sostenibilidad.

Palabras clave: futuro de la Amazonía, desarrollo forestal sostenible, conservación de la Amazonía

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. La Impactante Realidad Global Actual	8
1.2. La Oferta y Demanda de Madera a Nivel Global.....	11
1.3. Justificación del Estudio	14
2. ANTECEDENTES SOBRE LA ESPECIE <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	15
3. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	20
3.1. Distribución geográfica	20
3.2. Descripción botánica	20
4. PROPIEDADES FÍSICO-TECNOLÓGICAS DE LA MADERA DEL CHUNCHO	21
4.1. Especie.....	21
4.2. Anatomía de la Madera.....	21
4.2.1. Propiedades Macroscópicas.....	21
4.2.2. Propiedades Microscópicas.....	22
4.3. Propiedades Físicas	23
4.4. Propiedades Mecánicas.....	24
4.5. Términos de Referencia para la Optimización de Procesos.....	27
4.5.1. Aserrado	27
4.5.2. Proceso de Secado de Madera Aserrada	29
4.5.3. Durabilidad Natural y Preservación	29
4.5.4. Trabajabilidad.....	30
4.5.5. Uniones	30
4.5.6. Tableros de Fibra	31
4.5.7. Usos	31
4.6. Algunas experiencias de procesamiento mecánico de la madera	32
4.6.1. Aserrado	32
4.6.2. Carpinterías	33
5. PRODUCCIÓN DE MADERA DE CHUNCHO EN PLANTACIONES	34
5.1. Experiencias Previas	34
5.2. Estudio de Plantaciones Jóvenes de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Chuncho o Seike) en Napo, Ecuador	36
5.2.1. Metodología.....	36
5.2.2. Resultados.....	37

5.2.2.3. Plantación E. B. (8,5 años) en Alto Tena	42
5.2.2.4. Plantación P. R. (6,5 años).....	44
5.2.2.5. Chontapunta - V L (5 años).....	46
5.2.2.6. Ahuano - E. C.	47
5.2.2.7. Valle del Río Anzu - P L (7 años)	49
5.2.2.8. Yana Yaku - D (8 años).....	51
5.2.2.9. Sacha Yaku - Balcaosa (8 años).....	53
5.2.2.10. Caimito Yacu - S K.....	55
5.2.2.11. Tena (Pepita de Oro) - M M (18 a 25 años).....	57
5.2.2.12. Bosque Natural: Reserva Biológica Colonso Chalupas	59
5.3. Discusión de los Resultados de la Evaluación de las Plantaciones de Chuncho	60
5.3.1. Análisis comparativo	60
5.3.2. Capacidad de Adaptación Agroecológica del Chuncho	66
6. ANÁLISIS DEL MERCADO	67
6.1. Mercado	67
6.2. La Oferta y Demanda de Madera	69
6.3. Trabajo por Hacer en Temas de Mercado.....	69
6.4. Estudio de las encuestas sobre procesamiento de madera de chuncho	70
6.4.1. Aserraderos	70
7. GOBERNABILIDAD Y BASE INSTITUCIONAL	73
7.1. El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, MAATE.....	73
7.2. PROAmazonía.....	73
7.3. Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG	74
7.4. Instituciones Académicas y Centros de Investigación.....	74
7.5. Organizaciones internacionales	74
7.5.1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO ...	74
7.5.2. Organización Internacional de las Maderas Tropicales, OIMT.....	74
7.5.3. Centro Internacional para la Investigación Forestal, CIFOR.....	75
7.6. Necesidades Institucionales para un Programa de Sistemas Agroforestales Amazónicos a Escala Industrial.....	75
8. BASES PARA UN PROGRAMA DE RESTAURACIÓN FORESTAL PRODUCTIVA EN BASE A SISTEMAS AGROFORESTALES Y PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES EN LA AMAZONÍA	77
8.1. ¿Por qué y para qué un Programa de Restauración Forestal Productiva?	77
8.2. Formulación e Instrumentación de un Plan de Restauración Forestal Productiva	78
8.2.1. El Rol del Estado, de la Sociedad Civil Organizada y de las Instituciones Públicas y Privadas	78

8.2.2. Experiencias Previas	79
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	100
ANEXOS	107
Anexo 1. Informe de encuestas a carpinterías.....	107
Anexo 2. Reporte fotográfico. Estudio plantaciones del Chuncho (<i>Cedrelinga cateniformis</i>)..	118

Lista de Figuras

1. Incremento de la temperatura media del mes junio. Fuente: BBC citando al Sistema de monitoreo climatológico Copernicus, de la UE.
2. Cambios en la matriz energética global (1900-2050).
3. Entradas de inversión extranjera directa, 20 principales economías receptoras, 2019-2020 (En miles de millones de dólares) (UNTAD, 2021).
4. *Cedrelinga cateniformis*. Sección Transversal (a); Tangencial (b); Radial(c). Fuente: León, (2008).
5. Densidad Básica (gr/cm^3) promedio para 4 edades diferentes provenientes de plantaciones a campo abierto de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (Fuente: Vega, 2010).
6. Chunchos plantados en 2005 (izq. 18 años, 87 cm DAP y 32 m altura total) y en 1998 (der. 25 años, 118 cm DAP y 34 m altura total) en Tena.
7. Relación Diámetro/Edad en plantaciones de Napo-Ecuador y en Loreto-Perú.
8. Variación de la tasa de crecimiento diamétrico según el diámetro del árbol, obtenida del análisis de anillos de crecimiento.
9. Relación Diámetro/Edad en plantaciones de Napo-Ecuador.
10. Relación altura total promedio / edad de los árboles, en las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* en Napo, Ecuador.
11. Tasa de incremento medio anual en volumen en parcelas de chuncho según la edad y con espaciamentos muy parecidos entre 3x3 y 4x4.
12. La fertilidad del suelo en la Región Amazónica es media y moderadamente baja. Fuente: Boada y Resl, (2015).
13. Proyecto Socio Bosque: en rojo áreas protegidas en tierras comunitarias, en azul propiedad individual. En total hasta 2019 alcanzaba a 1,6 millones de hectáreas.
14. Superficie anual de plantación forestal con *Pinus radiata*, *Eucaliptus spp.*, *Atriplex spp.* y *Pinus spp.* en Chile. Fuente: INFOR, 2022).
15. Participación de los sectores de recursos naturales en el valor agregado nacional.
16. Las exportaciones de productos forestales de Chile van a cuatro continentes.
17. Cobertura de palma aceitera en el mundo tropical, la producción mundial alcanza a 73 millones de Tm. Fuente: USDA, Palm Oil explorer.
18. Deforestación histórica en el Ecuador desde 1950 al presente (Fuente: Sánchez y Reyes 2015).
19. Áreas de interés para proyectos de reforestación/restauración. Fuente: MAE.
20. Áreas por provincia y clase de prioridad para restauración. Fuente: Plan Nacional de Restauración Forestal 2019-2030.
21. Exportaciones no tradicionales del Ecuador en 2019. Fuente: Banco Central del Ecuador.
22. Flujos de madera entre provincias en 2011. Fuente: Mejía y Pacheco (2013).
23. Volúmenes de madera de *Cedrelinga cateniformis* (chuncho o tornillo) registrados en la provincia de Napo entre 2013 y 2022 (Fuente: MAATE, Napo).

Lista de Cuadros

1. Propiedades Físicas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke proveniente del Bosque Natural.
2. Propiedades Físicas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke proveniente de plantaciones de 10, 15 y 29 años.
3. Propiedades Mecánicas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) bosque natural.
4. Propiedades Mecánicas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke proveniente de plantaciones de 10, 15 y 29 años.
5. Horario de Secado Artificial Tipo "F" para madera aserrada de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (Fuente: JUNAC, 1989).
6. Valores dasométricos promedio para 197 árboles seleccionados de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, bajo diferentes distanciamientos iniciales en Jenaro Herrera, Loreto, Perú (Fuente: Otárola y Linares, 2002). (Factor mórfico 0,5).

Lista de Tablas

1. Plantaciones jóvenes (menos de 9 años) en varias localidades de Napo y en situaciones diversas (puras y en combinación con café, cacao y guayusa), árboles de chuncho de edad superior a 18 años y árboles de gran porte en bosque natural.
2. Resultados de laboratorio análisis de suelo.
3. Textura. Materia orgánica, Bases y relaciones Calcio-Magnesio, Magnesio Potasio y Calcio + Magnesio - Potasio.
4. Síntesis de resultados cuantitativos Alto Tena E.B., extrapolados por hectárea.
5. Resultados cualitativos para la plantación Alto Tena - E. B.
6. Resultados dasonómicos para la plantación Alto Tena - P R.
7. Resultados cualitativos para la plantación Alto Tena - P R.
8. Resultados dasonómicos para la plantación Chontapunta V.L.
9. Resultados cualitativos para la plantación Alto Tena - P R.
10. Resultados dasonómicos para la plantación El Ahuano E.C.
11. Resultados cualitativos para la Chakra Ahuano - E C.
12. Resultados dasonómicos para la plantación de chuncho con cacao de Anzu P L.
13. Resultados cualitativos para la Chakra Ahuano - E C.
14. Resultados dasonómicos para la plantación de chuncho con cacao de Yana Yaku (Cotundo).
15. Resultados cualitativos para la plantación Yana Yaku.
16. Resultados dasonómicos para la plantación de chuncho con guayusa de Sacha Yaku, (Cotundo).
17. Resultados cualitativos para la plantación Sacha Yaku.
18. Resultados dasonómicos para la plantación de chuncho en Caimito Yaku.
19. Resultados cualitativos para la plantación Caimito Yaku.
20. Resultados dasonómicos árboles de chuncho # 1, 2 y 3 en Tena, barrio Pepita de Oro, terraza reciente de textura franco arenosa, suelo profundo; y árboles 4, 5 y 6 en el sector Morete (entre Tena y Archidona), terraza del Pleistoceno, fuertemente ondulada, textura franca.
21. Resultados dasonómicos para árboles individuales del Bosque Natural Colonso Chalupas.
22. Resultados de las plantaciones estudiadas.

23. Superficies priorizadas para restauración en las provincias amazónicas. Fuente: Plan Nacional de Restauración Forestal 2019-2030.
24. Producción forestal de la industria primaria en Ecuador para el 2003.
25. Volúmenes de madera en la economía ecuatoriana en 2011.



Chuncho, seike o tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke), árbol de 1,40 m DAP, 22 m de fuste y 40 m altura total, de aproximadamente 125 años de edad, Reserva Biológica Colonso Chalupas a 730 msnm, Alto Tena, provincia Napo. Ecuador. (Fotografía Wilfredo Franco).

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La Impactante Realidad Global Actual

Proyectando hacia 2050, y al considerar la situación de crisis ambiental global, la creciente población humana y el curso de la economía en sus múltiples dimensiones, se concluye en la acuciante necesidad de utilizar, desde el momento presente, todas las herramientas y alternativas posibles en función de reducir la pobreza y mitigar el cambio global en sus diversos componentes. Al considerar los límites planetarios más relacionados con el uso de las tierras (aspecto fundamental de este trabajo), se destaca la necesidad de acometer medidas correctivas de real impacto en cuanto a: 1. La destrucción de ecosistemas naturales, contribuyendo con la extinción de especies, a través de la deforestación con fines agrícolas y por la minería superficial; 2. La afectación de la población, flora, fauna, suelos, agua y aire por uso de agroquímicos sintéticos contaminantes, y 3. La emisión de gases de efecto invernadero derivados de los procesos agrícolas y pecuarios.

El calentamiento global, ya con un incremento de 1,1 grados C en los últimos 100 años, y el rompimiento de récords de calor cada año (Figura 1), como evidencia de la tendencia a alcanzar 3 o 4 grados de incremento de la temperatura promedio global hacia finales de siglo, ha llevado a la comunidad internacional y a los factores más prominentes de la economía global a acordar políticas ambientales y económicas de profundo alcance, las que están siendo instrumentadas progresivamente por las grandes economías.

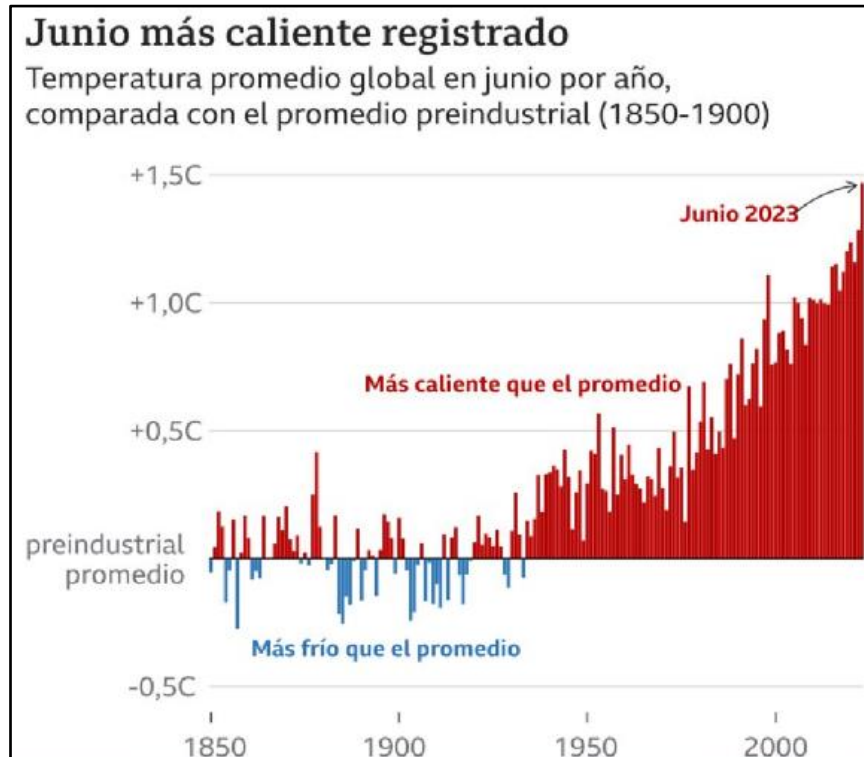


Figura 1. Incremento de la temperatura media del mes junio. Fuente: BBC citando al Sistema de monitoreo climatológico Copernicus, de la UE.

<https://www.bbc.com/mundo/articles/c6pr92qn01zo>

La población mundial ya superó el límite de 8.000 millones de habitantes y avanzará hasta cerca de 10.000 millones antes de estabilizarse a mitad de siglo, por lo que el crecimiento demográfico, especialmente en los países en vías de desarrollo y en los segmentos más pobres, requiere atención prioritaria. Pobreza e impacto ambiental van de la mano.

En 2021, el sector de energías alternativas fue el de mayor inversión extranjera directa, alcanzando más de US\$82.000 millones (13% del total), lo que evidencia la determinación real de los actores de la economía en instrumentar el cambio de la matriz energética basada en energía fósil hacia energías sostenibles (Figura 2).

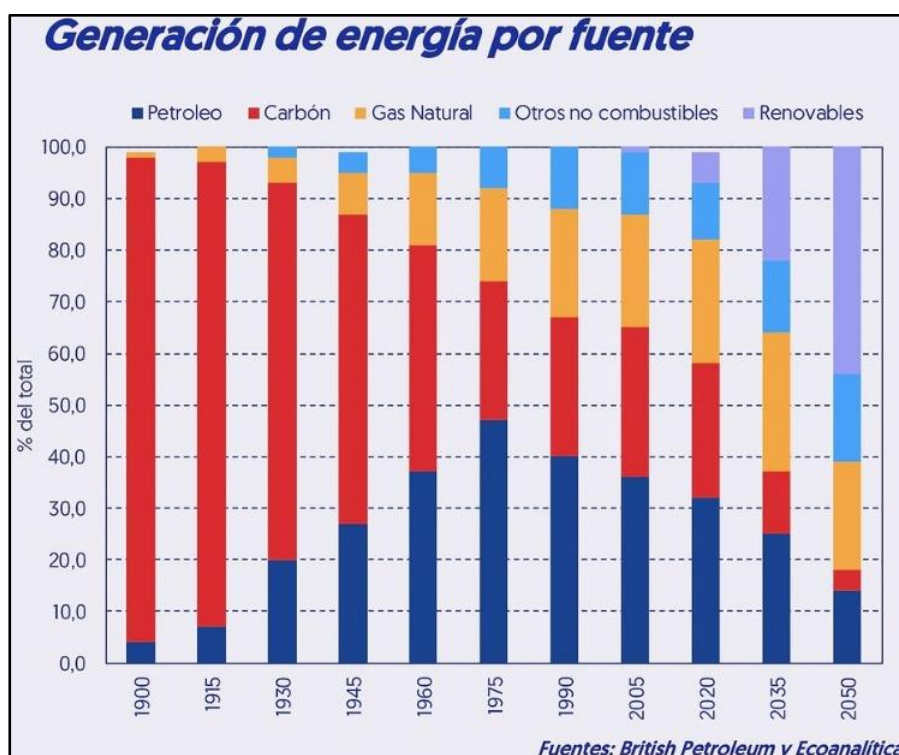


Figura 2. Cambios en la matriz energética global (1900-2050).

Otras acciones, que determinarán profundos cambios a nivel global hacia mediados de siglo y que favorecerán la multiplicación de proyectos de plantación de árboles, como mecanismo de fijación de carbono y de otros beneficios, son las siguientes:

1. La producción biotecnológica de carne y leche en forma creciente y competitiva, así como productos equivalentes alternativos de origen vegetal, con la consiguiente reducción de los rebaños de ganado vacuno, liberará millones de hectáreas de pastizales para la restauración forestal;
2. La significativa ampliación del Fondo Verde Climático* para impulsar el rescate de la Naturaleza y la fijación de carbono, y

.....

* El Fondo Verde Climático (FVC) es un organismo internacional creado bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) a finales de 2010 para financiar acciones de mitigación y adaptación en países en desarrollo.

3. Las políticas ambientales de los países promoverán proyectos de restauración, mayormente a través de la plantación de miles de millones de árboles, en todo el mundo.

Y es que las políticas para revertir o mitigar el cambio global son un serio compromiso que la economía mundial está implementando. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS establecidos por la ONU, como fase avanzada de los esfuerzos iniciados formalmente con la Conferencia de Río 1992, tienen en su más alta prioridad la mitigación de la pobreza y la búsqueda de sostenibilidad en los procesos económicos globales, nacionales y locales.

La Amazonía, superficie compartida por 9 países, es una región focal de atención de la comunidad internacional y, en ese contexto, Ecuador está llamado a aprovechar oportunidades mediante el fortalecimiento de sus políticas socioambientales, programas y proyectos en su geografía amazónica. Ello debería fortalecer el reconocimiento ya alcanzado por el país en el concierto de naciones y ampliar los flujos de aportes internacionales para la causa ambiental.

Se requiere un esfuerzo mundial concertado para aumentar la inversión en los ODS desde ahora hasta 2030 y Ecuador puede beneficiarse de ello aprovechando la importancia geoestratégica de su geografía sociocultural y de su naturaleza excepcional. En ese contexto, vale destacar que la Inversión Extranjera Directa (IED) influencia en forma determinante la direccionalidad de la recuperación económica postpandemia. Estados Unidos y China siguen liderando a la comunidad internacional como receptores de IED (Figura 3).

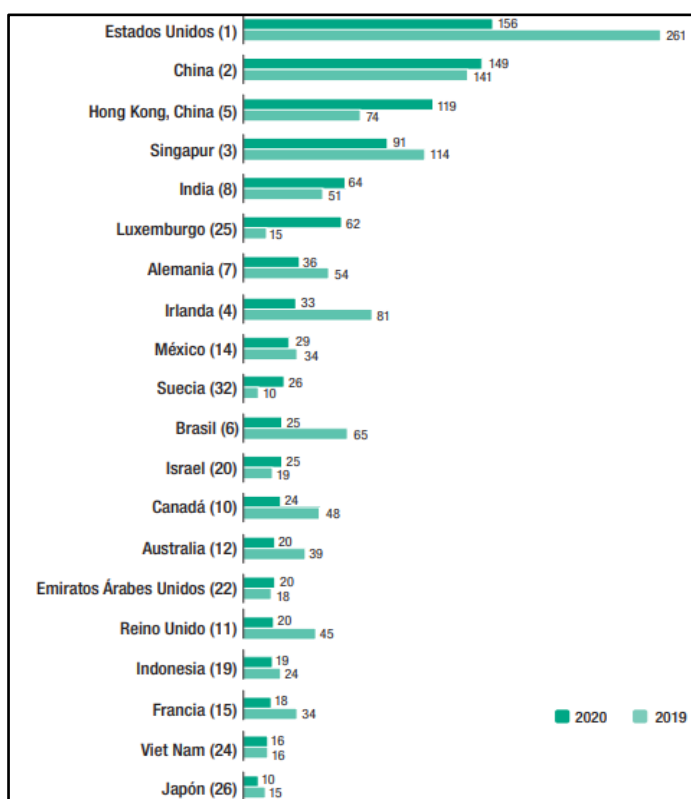


Figura 3: Entradas de inversión extranjera directa, 20 principales economías receptoras, 2019-2020 (En miles de millones de dólares) (UNTAD, 2021).

En América Latina, sólo México y Brasil recibieron montos significativos de IED en 2019-2020. Ecuador tuvo un tope de casi 1400 millones en 2018, pero en 2022 fue de 790 millones. Es necesario continuar fortaleciendo las condiciones del país para atraer la IED.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNTAD, 2021) sostiene que cinco factores determinarán el impacto de los paquetes de inversión en la recuperación

sostenible e inclusiva: la adicionalidad, la orientación, los efectos indirectos, la implementación y la gobernanza. Ecuador, y especialmente su región amazónica, posee las particularidades necesarias al considerar esos cinco factores, dando ventajas de partida a los esfuerzos diplomáticos en curso. Efectivamente, la Región Amazónica Ecuatoriana posee atributos especiales por su población y culturas ancestrales, sus recursos hídricos y su biodiversidad y ello ya es reconocido internacionalmente. El resultado del referéndum de agosto 2023, negando la actividad petrolera en el Parque Nacional Yasuní ha reforzado ese reconocimiento, lo que debe traducirse en más recursos de la cooperación internacional para la Amazonía.

1.2. La Oferta y Demanda de Madera a Nivel Global

Habiéndose descrito una situación global que estimula la realización de proyectos de restauración forestal, especialmente en regiones clave como la Amazonía, se hace ahora una revisión de las proyecciones de la producción y uso de la madera como material industrial. El informe de la ITTO: *Maderas tropicales 2050, un análisis de la oferta y demanda futuras de maderas tropicales y sus contribuciones a una economía sostenible* (Held et al. 2021) proporciona proyecciones de la oferta y demanda de maderas tropicales y las tendencias de los recursos, productos e industrias de madera tropical hasta el año 2050. Contrario a la asociación tradicional del mercado mundial de maderas tropicales con deforestación y degradación de la biodiversidad y el ambiente, el informe afirma que la madera, en particular la de origen tropical, tendrá que desempeñar un papel importante en el consumo futuro de materiales para evitar una catástrofe ambiental en el planeta. La madera producida en plantaciones y sistemas agroforestales (*madera cultivada*), con sostenibilidad, está llamada a sustituir materiales como el cemento y el hierro que demandan enormes cantidades de energía y son factores de promoción de emisiones. Es material y económicamente imposible cubrir la demanda insatisfecha de viviendas en base a concreto y acero en cualquier país o provincia. El sector forestal tropical *basado en el cultivo sostenible de maderas* debe cumplir un rol clave en la lucha contra el cambio climático, y, además de ser la mejor estrategia de conservación del bosque natural, al ser una actividad agro-productiva (*sistemas agroforestales*) y generar mayores ingresos económicos a las comunidades rurales en países tropicales, será determinante en la reducción de la pobreza en el campo y los poblados rurales. Para ello, las estrategias de producción y transformación de madera, alimentos y otros productos deben privilegiar el protagonismo de la comunidad local en la ejecución de los proyectos de producción y transformación de la madera y productos agrícolas asociados (*bioemprendimientos*), asegurando una justa retribución por su trabajo, creatividad y dedicación.

En síntesis, según el citado informe de ITTO, el objetivo último de las cadenas de suministro verdes es asegurar un abastecimiento estable y confiable de madera que provenga de fuentes legales y sostenibles. También son importantes para promover el avance hacia una economía circular de base biológica, en la que la madera pueda ser usada como sustituto de materiales y energía no renovables, generados de manera no sostenible. Y, aquí añadimos, que al integrar rubros agroalimentarios en los proyectos de restauración forestal o cultivo de madera se logrará un significativo impacto en la reducción de la pobreza y en la sostenibilidad de los proyectos.

También asegura la ITTO, que el marco regulatorio del comercio de maderas tropicales, cuyo cumplimiento será cada vez más estricto, ya ha generado que las empresas y mercados más grandes del mundo están solicitando constancia de que cualquier importación o productos de madera que les sea brindado por sus proveedores sea de fuentes legales y sostenibles. Gigantes

minoristas como IKEA, Kingfisher y Carrefour se han comprometido a usar únicamente madera certificada y que cumpla con las disposiciones legales. A la vez que The Lacey Act (Ley Lacey) en los Estados Unidos de América, el European Union Timber Regulation (Reglamento sobre Madera de la Unión Europea), la Illegal Logging Prohibition Act (Ley de Prohibición de la Tala Ilegal) de Australia y el Clean Wood Act (Ley sobre Madera Limpia) de Japón también exigen evidencia de legalidad, la que debe significar también sostenibilidad.

La comprensión de las políticas y el marco legal y comercial descrito, abre oportunidades de crecimiento económico a los países con potencial de producción forestal excepcional, como lo es precisamente Ecuador, gracias a sus excepcionales condiciones edafoclimáticas, su biodiversidad y su sociedad rural. En ese contexto, es necesario que el Estado y todos los actores de las cadenas de valor (*clúster forestal y agroalimentario asociado*) emprendan las acciones que lleven a la conquista de esas oportunidades, mediante un enfoque basado en sistemas para asegurar la legalidad y la sostenibilidad en las cadenas de suministro *verdes*, en donde se integren los actores pequeños, medianos y grandes. El *clúster forestal* recientemente establecido en el país ofrece el escenario para ello. Las comunidades rurales poseedoras de tierras cubiertas de vegetación menor (pastos, herbazales, matorrales, etc.) pueden fortalecer (o adquirir, según sea el caso) la condición de *agrosilvicultores* para producir en forma sostenible las maderas tropicales que requiere la economía y la mitigación del cambio global.

En igual situación se encuentran las familias de colonos provenientes de la Sierra o de la Costa desde mediados del siglo pasado hasta años recientes. La población rural será agrosilvicultora en la medida en que el mercado y las políticas públicas generen el marco apropiado, como lo demuestra el cultivo en las chakras y fincas de las especies balsa (*Ochroma pyramidalis*) y Pigüe (*Piptadenia bicolor*), entre otras especies maderables. Miles de familias cultivan estas especies sin más estímulo que la posibilidad que un transportista intermediario pase por el camino más cercano a llevarse la madera depositada en “metros” o “pies” y pagar en efectivo a familias, cuyo promedio de ingresos está en el común de los casos de familias indígenas (Pueblos y Nacionalidades amazónicas), en US\$400-600 anuales (Bolier et al, 2021) o un estimado de US\$3000 a 5000 anuales (basados en cacao, maíz, arroz y otros rubros a pequeña escala) en familias de colonos, según información obtenida localmente.

Para ello es necesario diseñar e instrumentar políticas asertivas y de real impacto y, además, capacitar y estimular a los productores forestales (actuales y potenciales), a la industria transformadora, a exportadores y comerciantes en general, en función de crear un sector forestal sostenible, eficiente, competitivo y exitoso. Chile, Brasil, Costa Rica son países que han demostrado con sus logros la factibilidad de ello. La mancomunidad de actores, en un marco de políticas favorables, podrán emprender planes y proyectos de desarrollo productivo e industrial complementarios. El Estado, por su parte, al implementar tales políticas estaría cumpliendo con la Constitución de la República, haciendo realidad el Sumak Kawsay y los Derechos de la Naturaleza.

Ecuador tiene una extraordinaria oportunidad utilizando al *sector forestal sostenible*, basado en *maderas cultivadas*, como palanca para avanzar hacia el logro de dos objetivos fundamentales: 1) impulsar el desarrollo sostenible local (basado en el cultivo de madera y su industria) y reducir la pobreza aumentando los niveles de ingreso y bienestar social; y 2) contribuir con la agenda de mitigación del cambio global, mediante el secuestro de carbono y la producción sostenible de materiales industriales sustitutos de componentes de cemento y metal. Para ello, se requiere ampliar y fortalecer una plataforma, que dispone en el país de amplio espacio para

desarrollarse: la bioeconomía forestal sostenible, basada en plantaciones forestales y sistemas agroforestales, es decir, en el cultivo de las maderas que requiere el mundo. La región Costa muestra significativos logros con la madera cultivada, industria y comercio de las especies teca (*Tectona grandis*) y balsa (*Ochroma pyramidale*), entre otras especies cultivadas, de manera que ya existe el *know-how* y la base para seguir creciendo.

La creación de una Economía Forestal Sostenible, en cualquier país que lo haya logrado como Chile o Brasil, requiere de visión y esfuerzos concertados desde el Estado, la industria y la sociedad rural organizada. Y proyectar un sistema de producción sostenible basado en el cultivo de una especie maderable como guía, en este caso del chuncho, requiere de voluntad y sinergia en varios frentes. La Amazonía ecuatoriana, que hasta ahora ha provisto al país de recursos a través del petróleo y el oro (recursos finitos) es la región de los recursos de biodiversidad y del agua abundante de buena calidad que, además, le confiere a Ecuador un rol preponderante en los esfuerzos ambientales globales.

Aún hay mucho por hacer en la Región Amazónica Ecuatoriana, pese a ingentes esfuerzos y proyectos realizados desde diversos frentes. A nivel internacional se han establecido políticas, programas y proyectos, dotados de recursos, para tratar de fomentar la conservación de la región amazónica en todos los países de la cuenca. Incluyendo programas para apuntalar alternativas para el desarrollo con sostenibilidad.

Ecuador es, con mucho, uno de los países amazónicos con políticas ambientales más decididas, habiendo logrado proyectar una imagen de colaboración internacional muy favorable. Esa línea de acción puede y debe fortalecerse, por cuanto se avizora en pocos años una fuerte merma en los ingresos por petróleo, producto de la ya avanzada decisión de cambio en la matriz energética del mundo desarrollado. La cooperación internacional para la mitigación del cambio climático ofrece perspectivas de recursos canalizables hacia la conservación y el desarrollo sostenible de la región amazónica, donde los proyectos de bosques cultivados para fijación de carbono y producción de madera y alimentos constituyen una herramienta de múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos.

Entre las especies maderables de la biodiversidad amazónica, es el chuncho (*Cedrelinga cateniformis* Ducke) la más prometedora para fundamentar una sólida economía forestal basada en plantaciones y sistemas agroforestales en la región amazónica. Ya en 2013, Mejía y Pacheco reportan cifras sobre el chuncho aprovechado del bosque natural como una de las más importantes para la fabricación de muebles, pisos, puertas y marcos. En 2013, el Estado (MAG) lanzó un programa de estímulo a las plantaciones, que, pese a su modesta inversión, se tradujo en centenares de hectáreas plantadas en las provincias amazónicas, que hoy, 8 a 9 años después, permiten evaluar el desarrollo inicial de la especie en plantaciones.

La madera de chuncho es conocida nacional e internacionalmente gracias a los productos obtenidos a partir de árboles del bosque natural y las chakras, mayormente con un estimado de 50 a 100 años de edad ("madera madura"). El reto es conocer y difundir las ventajas de la producción de chuncho en sistemas agroforestales y plantaciones y desarrollar las técnicas de procesado de madera de 20 años o menos de edad, así como diseñar productos acabados de calidad con este material. La industria forestal y la Academia tienen en ello un campo prioritario de acción mancomunada.

1.3. Justificación del Estudio

La cobertura vegetal y los usos de la tierra más deseables para la Región Amazónica giran en torno al componente arbóreo, tanto en el contexto de la cuenca con la mayor biodiversidad y recursos de agua dulce del planeta, como por su fragilidad ecológica. El árbol es el componente clave de todo sistema de producción amazónico sostenible. A nivel nacional e internacional existe todo un conjunto de leyes (incluyendo la Constitución del Ecuador), políticas y acuerdos que buscan una meta común: lograr niveles de bienestar social y económico regionales satisfactorios, garantizando la conservación de la biodiversidad (paisajes, ecosistemas y especies), contribuir a la mitigación del cambio global y mantener la calidad de las aguas, los suelos y el aire. Según el Programa Nacional de Reforestación con Fines de Conservación Ambiental, Protección de Cuencas Hidrográficas y Beneficios Alternos 2014-2021 el valor económico del aporte del bosque a la economía es equivalente a USD 1.367,37/ha/año, por lo que la deforestación en el lapso 2014-2017 se estimó en un valor económico acumulado perdido de USD 262.206.871, considerando la pérdida de bienes y servicios ambientales de las áreas de bosque perdidas (MAE, 2014).

La economía de las últimas décadas en la región amazónica ecuatoriana (RAE) ha estado fundamentada en la industria petrolera y la minería aurífera, con participación minoritaria de otros sectores (sector público, comercio y turismo). Estas actividades económicas no sostenibles están dejando enormes pasivos ambientales (emisión de GEI, deforestación y degradación de suelos y aguas por contaminación) y, además, con consecuencias socioculturales y económicas de profundo impacto. La restauración productiva que se propone en este trabajo puede compensar pasivos ambientales y generar ingresos cuantiosos, tanto a la economía local como al Estado, a través de los impuestos derivados de la cadena de valor a desarrollar hasta productos terminados y comercializados.

Como ventajas de partida, se tiene: a) el conocimiento ancestral de las especies vegetales y animales por parte de las comunidades locales; b) el sistema ancestral de cultivo chakra y c) la existencia en la Amazonía de centenares de miles de hectáreas deforestadas, cubiertas de herbazales y de vegetación secundaria, factibles de ser objeto de restauración productiva. El cultivo de madera comercial a gran escala, haría innecesario intervenir la superficie existente aún de bosques primarios, y sería la mejor estrategia de conservación de la biodiversidad, suelos, aguas y culturas de la región que pudiera implementarse.

En este contexto, la creación del Clúster Forestal Ecuatoriano, integrado por la Asociación Ecuatoriana de la Industria Forestal y de la Madera (AIMA), el Ministerio de Producción y Comercio, la Academia y otros actores del sector forestal y afines, permite formular propuestas para el desarrollo regional amazónico dirigidas a generar materia prima para la industria forestal, como es un programa de cultivo de chuncho y otras especies. La meta es crear y consolidar una fuente sostenible de madera cultivada, que se caracterice por poseer certificaciones de sello verde y comercio justo, y se convierta en fundamento de una industrialización clave para la bioeconomía deseable post petrolera. Ello contribuiría a convertir al sector forestal en un pilar de la conservación y el desarrollo amazónico, en base al uso productivo de la tierra más sostenible: los SAF. Más aún, la amplia distribución geográfica desde Venezuela hasta Colombia, Perú, Bolivia y Ecuador de la especie *Cedrelinga cateniformis* puede generar un nexo de integración regional en el campo científico, económico y de desarrollo agroforestal. En este trabajo se delinean las bases para avanzar hacia metas ambiciosas, pero factibles, de mitigación de la pobreza y de la crisis ambiental, a través de la integración Sistemas Agroforestales Amazónicos - Industria Forestal nacional e internacional.

2. ANTECEDENTES SOBRE LA ESPECIE *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

La especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke o chuncho o seique (Ecuador) o tornillo (Perú) es una especie maderable de la región amazónica, que ha recibido atención e interés tanto por parte de la industria de la madera como de institutos de investigación forestal y agroforestal de varios países. A continuación, se hace una síntesis de parte de la información publicada sobre la problemática socioambiental amazónica como introducción, y de la especie chuncho, (particularmente por dos centros de investigación del Perú). Esta leguminosa arbórea maderable, apta para sistemas agroforestales, se propone en este trabajo como componente clave en un modelo de chakra con fines de producción familiar de alimentos y de producción comercial de madera, fibras, colorantes naturales y otros rubros, como alternativa de desarrollo sostenible de la región amazónica ecuatoriana.

Franco y Álvarez (2020) conceptualizan sobre la relevancia de la región amazónica por sus recursos de biodiversidad y recursos hídricos de calidad, así como sobre el rol de las poblaciones indígenas en la conservación del territorio, concluyendo que la clave para el futuro de la región está en el desarrollo de una bioeconomía incluyente sustentada en la biodiversidad y las culturas locales y en el desarrollo de cadenas de valor a través de conocimientos científicos y tecnologías sostenibles. En función de ello, proponen estrategias para detener los procesos de degradación en la Amazonía ecuatoriana, y analizan las proyecciones de las iniciativas en marcha para mitigarlos o revertirlos. Por su parte, Bustamante & Zalles (2020) reseñan la significativa afectación de la biodiversidad en la Sierra y la vertiente amazónica ecuatoriana, causada por la deforestación con fines agropecuarios. Los autores se enfocan en la restauración forestal, bajo la premisa de escalamiento de la parcela al paisaje. En un caso de estudio en este mismo campo en la Amazonía peruana, Alva Contreras (2018) describe la restauración ecológica de áreas degradadas de la Comunidad Nativa Tayuntsa, Distrito de Nueva – Amazonas, con especies nativas incluyendo "Tornillo" (*Cedrelinga cateniformis*) y "Moena" (*Aniba amazonica*).

En relación al rendimiento de las plantaciones de chuncho, Baluarte-Vásquez & Álvarez-Gonzales (2015) desarrollaron en plantaciones en Jenaro Herrera, Loreto, Perú, modelos de crecimiento en diámetro, altura y volumen de rodal, en base a 1094 árboles de chuncho en tres calidades de sitio, empleando ecuaciones algebraicas derivadas de los modelos base de Hossfeld, Bertalanffy-Richards y Korf. En referencia a la calidad de sitio y volumen de rodal, el modelo de Korf explicó más del 95 y del 90%, respectivamente, de la variabilidad observada en ambos parámetros; el modelo de Bertalanffy-Richards más del 80% de la variabilidad observada en diámetro; mientras que, en altura, el modelo de Korf explicó más del 91% de la variabilidad. Según el modelo de Korf, las plantaciones de *C. cateniformis* alcanzan volúmenes de 360 y 368 m³/ha a los 9 y 18 años en las clases de sitio alto y medio, respectivamente. El incremento corriente anual máximo en volumen culmina muy temprano, a los 3 años, alcanzando 36 y 56 m³/ha/año en las clases de sitio medio y alto, respectivamente. El turno de rotación silvicultural se produce a los 9, 7 y 5 años con crecimientos de 13, 28 y 44 m³/ha/año, en las clases de sitio bajo, medio y alto, respectivamente.

Para demostrar la influencia de la calidad de sitio en el desarrollo del chuncho cultivado, en la misma localidad de Jenaro Herrera, Loreto, Perú, Otárola-Acevedo et al., (2001) obtuvieron índices de calidad de sitio para chuncho, a través de mediciones multitemporales de 29 parcelas permanentes de crecimiento de 25 a 49 árboles, para un total de 1.349 árboles evaluados. Para las curvas de índices de sitio se utilizó la altura dominante de las parcelas a edades desde 0,3

hasta 27 años, usando 15 años como edad base y la metodología descrita por Clutter et al. (1983). Para estimar el comportamiento de la altura dominante en relación con la edad, se utilizó el modelo de Schumacher $[\ln(Hd)]=b_1+b_2(1/E)^k$; donde: Ln= Logaritmo natural, b_1 y b_2 =coeficientes y k = constante. Para simplificar la ecuación referida se utilizó el método de la curva guía: $\ln(IS)= \ln(Hd) + b(1/Eb_k - 1/E_k)$, donde: IS=índice de sitio en metros, Hd=altura dominante, b =coeficiente de la ecuación de altura dominante, E_b =edad base, E =edad de la plantación y k =exponente de mejor ajuste.

La ecuación de índice de sitio permitió clasificar las plantaciones forestales en tres calidades o clases de sitio: alta (I), media (II) y baja (III), cuyo ámbito fue definido por la desviación estándar y el promedio de los valores de índice de sitio de todas las observaciones. Así, las parcelas cuyo índice de sitio es mayor a 28 m de altura dominante, a una edad base de 15 años, pertenecen a la calidad o clase de sitio alta; la clase media está comprendida entre los valores 22 y 28 m y en la clase de sitio baja, se encuentran las parcelas con una altura dominante menor a 22 m.

Otárola-Acevedo & Linares-Bensimón (2002) elaboraron tablas de volumen total y comercial de *Cedrelinga cateniformis* Ducke "TORNILLO" para plantaciones de Loreto, Perú. Para ello utilizaron la información de 197 árboles cosechados, de los cuales 75 árboles tenían 25 años, 81 tenían 21 años y 41 tenían 20 años. Se probaron quince modelos de regresión y se escogió el de mejor ajuste en base al coeficiente de determinación y el índice de Fúrnival. Se ajustaron las ecuaciones y se generaron tablas de doble entrada, que permiten estimar el volumen total con corteza y el volumen comercial sin corteza hasta 20 cm de diámetro en la parte superior del árbol. Para el volumen total con corteza el modelo logarítmico fue el de mejor ajuste con un coeficiente de determinación ajustado de 96%, e índice de Fúrnival de 4.11×10^{-2} para todos los sitios y espaciamientos. Para el volumen comercial sin corteza hasta 20 cm de diámetro en la parte superior, el modelo de mejor ajuste fue el del volumen en función del diámetro al cuadrado y la altura, con un coeficiente de determinación ajustado de 81.3%, y un índice de Fúrnival de 3.35×10^{-2} , también para todos los sitios y espaciamientos.

Sobre el tema de germinación y producción en vivero, Saldaña Guzmán (2015) estudió el crecimiento y sobrevivencia de plántulas de *Cedrelinga cateniformis*, en diferentes sustratos en el vivero del Centro de Investigación y Enseñanza Puerto Almendra (CIEFOR) de la UNAP (Universidad Nacional de la Amazonia Peruana), distrito San Juan Bautista, provincia Maynas, región Loreto. El objetivo fue obtener información del crecimiento en altura y diámetro, sobrevivencia y calidad de las plántulas de regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* sembradas en diferentes tipos de sustratos. El área experimental fue de 12 m², subdividido en 15 unidades de 1,0 m x 0,2 m c/u; se utilizó el diseño experimental de bloques completamente randomizado, con testigo (t0) y 4 tratamientos (t1, t2, t3, t4) y 3 repeticiones: t0 = plántulas sembradas en tierra natural, t1 = plántulas sembradas en 20% de gallinaza + 40% de aserrín descompuesto + 30% de tierra natural + 10% de arena; t2 = plántulas sembradas en 30% de gallinaza + 30% de aserrín descompuesto + 30% de tierra natural + 10% de arena; t3 = plántulas sembradas en 40% gallinaza + 50% aserrín descompuesto + 10% de arena; y t4 = plántulas sembradas en 50% gallinaza + 40% aserrín descompuesto + 10% de arena. El tratamiento t1 produjo el mayor incremento en altura con 6,0 cm y el tratamiento t2 tuvo el mayor diámetro con 3,1 mm; la mayor sobrevivencia se registró en el testigo t0 (plántulas sembradas en tierra natural) con 90% de prendimiento. La calidad de planta para *Cedrelinga cateniformis* al final del ensayo fue 46% buena (planta completa de buen aspecto), 14% regular (planta con algún problema) y 40% mortalidad.

En otro estudio de corte similar, y en el mismo vivero de CIEFOR, Robles Guimet (2017) experimentó diferentes sustratos orgánicos para evaluar el crecimiento en altura y diámetro; sobrevivencia y calidad de las plántulas de *Cedrelinga cateniformis*. El área experimental fue de 8 m² subdividido en 15 parcelas de 2,0 m x 0,3 m c/u; el diseño experimental fue el simple al azar, con testigo, 4 tratamientos y 3 repeticiones. Testigo (t0) 100% tierra natural; tratamiento 1 (t1) 20% de aserrín descompuesto + 40% de tierra natural + 30% de palo podrido + 10% de arena; (t2) 20% de palo podrido + 40% de aserrín descompuesto + 30% de tierra natural + 10% de arena; (t3) 20% de aserrín descompuesto + 30% de tierra natural + 30% de palo podrido + 10% de arena; y (t4) 30% de palo podrido + 30% de tierra natural + 30% de aserrín descompuesto + 10% de arena. Los resultados indican que el tratamiento 3 (t3) fue el que presentó mayor incremento tanto en altura como en diámetro con 4,58 cm y 0,99 mm respectivamente; así mismo registró la mayor sobrevivencia con 83% de plantas vivas y, en cuanto a la calidad de planta fue regular similar al testigo (t0).

Arias Amasifuen (2012) probó varios tratamientos pre-germinativos de la semilla de *Cedrelinga cateniformis* en las Instalaciones del CIEFOR de la UNAP, Iquitos, Loreto, atendiendo al problema de la pérdida de viabilidad de las semillas por prácticas inadecuadas. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar con 06 tratamientos y 03 repeticiones: T0 testigo, T1 inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas; T2 inmersión en agua a temperatura ambiente por 48 horas; T3 inmersión en agua a temperatura ambiente por 96 horas; T4 inmersión en agua hirviendo hasta enfriamiento a 60°C; T5 destape parcial de la testa (cerca del embrión). Las semillas fueron sembradas en bloques (03), en camas de siembra protegidas por un tinglado de hojas de irapay. Los tratamientos t2 y t3 arrojaron 100% de germinación.

La producción de plantas debería partir de una cuidadosa selección y manejo de semillas, lo que requiere investigaciones en el área de la genética, incluyendo la evaluación de procedencias. Morales (2018) abordó este tema y Jiménez (2015) el de propagación in vitro, mientras que Vega Herrera (2017) enfocó su investigación en el mejoramiento de la calidad en la producción de plantas en viveros.

La reproducción agámica, mediante estacas, fue experimentada por Mueras Coral (2010), quién estudió el efecto del sustrato, dosis de ácido indolbutírico y características morfológicas en el enraizamiento de estacas juveniles (7 meses) de *Cedrelinga cateniformis* utilizando propagadores de subirrigación en el Instituto de Investigaciones de la Amazonía (IIAP) en Pucallpa-Ucayali, Perú. El experimento consistió en dos ensayos consecutivos: en el primero se probó cinco dosis de AIB (0, 1000, 2000, 4000 y 8000 ppm) y tres sustratos (arena fina, arena gruesa y grava fina), bajo un diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas con cinco repeticiones; luego, utilizando el mejor sustrato (arena fina) y la mejor dosis de AIB (4000 ppm), resultante del primer ensayo, se implementó el segundo ensayo en el que se probó tres tipos de estaca (apical, media y basal), dos áreas foliares (15 y 30 cm²) y dos longitudes de estaca (4 y 8 cm), usando el diseño de bloques completamente al azar con arreglo trifactorial (3 x 2 x 2) con tres repeticiones. El experimento concluyó en que es posible lograr un enraizamiento aceptable (70%) con estacas juveniles de la especie, tomando la parte media del tallo, desde 4 a 8 cm de longitud, de 30 cm² de área foliar, con aplicación de 4000 ppm AIB en su base y puestas a enraizar en arena fina (0.1-0.2 mm). Las condiciones ambientales promedio al interior del propagador fueron: temperatura media del aire 29.1 °C, humedad relativa 70.5%, temperatura del sustrato 26.9 °C e intensidad lumínica 4,328 lux.

En cuanto a la densidad de *Cedrelinga cateniformis* en plantaciones a campo abierto, Silva Moreno (2011) evaluó una plantación demostrativa de 31 años de edad en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) de Puerto Almendra, plantada en subparcelas de 20 m x 12 m, a densidades de siembra de 5250, 3208, 2250, 1667, 1458 y 1000 plantas/ha; con el objetivo de determinar el efecto de las densidades de siembra en el crecimiento de la especie. A los 31 años la plantación sembrada a una densidad de 1000 plantas/ha mostró un incremento en diámetro (DAP) de 0,98 cm/año y en altura de 0,64 m/año; y a una densidad de 1458 plantas/ha el incremento en diámetro fue de 0,96 cm/año y en altura de 0,66 m/año. Con densidades de plantación de 5250, 3208 y 2250 plantas/ha, la espesura del dosel de copas predominante es la cerrada o trabada. Con densidades de 1667 y 1458 plantas/ha la espesura del dosel es también mayormente cerrada. El índice de densidad relativa de Reineke para la plantación de 31 años fue de 766,80 ind/ha. Se observó la disminución del incremento diamétrico al aumentar la densidad desde 1000 a más de 5000 ind/ha, promoviendo el incremento de la tasa de crecimiento en altura. Cuando aumenta la densidad de siembra de 1000 a 5250 plantas/ha el crecimiento en diámetro disminuye, favoreciendo el crecimiento en altura, que muestra una tendencia ascendente hasta una densidad de 1458 plantas/ha; debajo de esta densidad disminuye la tasa de incremento en la altura (posiblemente por la competencia por el espacio en el suelo y entre las copas). En Napo, espaciamientos de 10 x 10 m generaron fustes cortos (3 a 4 m) y de mayor diámetro que sus pares de igual edad y menor espaciamiento (4x4, 4x3); ello se atribuye a la tendencia a mayor ramificación y desarrollo de la copa al haber menor competencia por la luz entre los árboles.

La valoración de la plantación como herramienta para fijar carbono (y emitir oxígeno) requiere el cálculo de la biomasa desarrollada por la plantación en el tiempo. Saldaña Shapiama (2010) estimó la biomasa de plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke y *Simarouba amara* Aublet, de treinta y cinco años de edad, en el Centro de Investigaciones de Jenaro Herrera (CIJH) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), en Jenaro Herrera; Loreto, Perú. Para tal fin se midió la biomasa del árbol (raíz, fuste, ramas, copa), del sotobosque, de la necromasa y del suelo por calidad de sitio, y, además, se determinó el modelo matemático que mejor se ajustó a la estimación de la biomasa de los árboles. Se tomaron 3 muestras por componente en parcelas circulares de 500 m², por combinación de especies y calidad de sitio. Para desarrollar los modelos matemáticos se midieron 11 árboles por cada combinación de especie y calidad de sitio, y se calculó la biomasa de los componentes fuste, ramas, copa y raíz. La ecuación de regresión consideró la biomasa estimada como variable dependiente y a los parámetros altura y DAP como las variables independientes. Se probaron 15 modelos de regresión escogiendo el de mayor R², menor SEE, mejor distribución de residuos y menor dificultad y menor costo en las mediciones de campo. La biomasa estimada para la plantación de chuncho (tornillo) fue de 365,06 t/ha en calidad de sitio alta y 310,15 t/ha en calidad de sitio media a los 35 años de edad. El mejor modelo matemático para chuncho fue el logarítmico de la forma $\ln B = -1,1288087 + 0,69429302 \ln D + 0,67670054 \ln H$ con un R² 0,838422. Se encontraron diferencias significativas entre la biomasa estimada y la biomasa observada.

Por su parte, Vásquez Gutiérrez (2014) estudió en Puerto Almendra, Iquitos-Perú, la producción de oxígeno en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke), y *Simarouba amara* (Aublet), en cinco diferentes edades: 6, 17, 27, 34 y 43 años. Para ello, se inventariaron todos los árboles presentes en cada plantación y se cuantificó la producción de oxígeno mediante la diferencia del almacenamiento de carbono en los árboles y su capacidad de secuestro de dióxido de carbono. Los resultados muestran que en la plantación de *Cedrelinga cateniformis* de 43 años de edad se

encontró el mayor valor productivo de oxígeno de 17,04 t/O₂/árbol, con un incremento anual de 0,40 t/O₂/árbol; seguido de la plantación de 34 años con 15,82 t/O₂/árbol, con un incremento anual de 0,47 t/O₂/árbol; concluyendo que el valor de producción de oxígeno en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* está influenciado por la edad de la plantación.

En ese mismo contexto, Gonzalo Ribeiro (2013) evaluó en el CIEFOR Puerto Almendra de la UNAP, Iquitos - Perú, el carbono almacenado y el dióxido de carbono (CO₂) en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Simarouba amara* (Aubl) de 15 a 20 años, 20 a 30 años y de 30 a 40 años, con el objetivo de determinar el valor económico del secuestro del CO₂. Fueron inventariados todos los árboles con más de 10 cm de DAP y empleando datos dasométricos de las plantaciones se calculó el carbono almacenado, el secuestro de CO₂ y el valor económico del secuestro del CO₂. Los resultados muestran que ambas especies y, en especial, los árboles de mayor edad presentan mayor capacidad de almacenamiento y valor económico. Entre los 30 a 40 años, *C. cateniformis* alcanza 8.776 t/ha de biomasa, 5.440 t/C/ha y 19.952 t/ha de CO₂, siendo su valor económico de US \$122.552/ha. Se evidenció una relación directa entre la edad creciente de la plantación y mayores valores de biomasa, carbono almacenado, secuestro de CO₂ y valoración económica del secuestro del CO₂.

Adicionalmente, es de singular importancia mencionar que los ecosistemas forestales se reconocen mundialmente como sumideros de carbono aún cuando se encuentren bajo aprovechamiento maderable, por lo que es importante demostrar sus beneficios cuantitativamente y derivar de allí su potencial económico. El almacén de carbono se expresa usualmente en toneladas de carbono por hectárea (t c/ha). Del Aguila (2013) citado por Guerrero y Tejada (2018) manifiesta que en un estudio sobre secuestro de CO₂ y almacenamiento de carbono en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke "tornillo" en tres edades diferentes en el CIEFOR Puerto Almendra, que la plantación de 43 años reporta la mayor biomasa arbórea con 301,50 t/ha, seguida de la plantación de 35 años con 222,26 t/ha y la de 27 años con 56,93 t/ha. Lo que equivale 186, 93 t C/ha (43 años), 137,80 t C/ha (35 años) y 35, 30 t C/ha (27 años).

Un estudio realizado en el bosque primario del Fundo Montana ubicado en el caserío Puerto Pakui del Distrito de Imaza, Provincia de Bagua, Región Amazonas de Perú por Guerrero y Tejada (2018), reporta el secuestro de CO₂ de las 39 especies identificadas, el cual asciende a un total de 135.08 tCO₂/ha, siendo las especies *Cedrelinga cateniformis* Ducke (18.81 tCO₂/ha), *Jacaranda copaia* (13.81 tCO₂/ha), *Vochysia sp.* (12.61 tCO₂/ha), *Tabebuia chrysantha* (11.69 tCO₂/ha), *Inga pezizifera* (10.46 tCO₂/ha), las que representan el más alto contenido de CO₂ por hectárea del bosque altamente biodiverso.

En relación a la valoración de la madera, Silva Teco (2008) valoró económica y financieramente una plantación mixta de 31 años, de *Cedrelinga cateniformis* y *Simarouba amara*, la cual fue aprovechada. La plantación estuvo localizada en el Centro de investigación Jenaro Herrera del IIAP, Provincia de Requena, Departamento de Loreto. La plantación cubría un área de 17.664 m² con 458 árboles, de los cuales se cortaron 116 de *C. cateniformis* generando 538 trozas de 2 m de largo, y 98 árboles de marupa que produjeron 322 trozas de 2 m de largo, para un total de 44.707,17 pies tablares de madera aserrada. El valor de la madera aserrada más la producción de leña en base a las ramas y fustes remanentes arrojó un valor de US\$ 2.634.101 versus un valor actualizado de costos que alcanzó a US \$ 1.594.198, resultando una relación beneficio costo de 1,65, demostrando la rentabilidad de la inversión. Es indudable que, de haberse calculado los beneficios y costos de la transformación de la madera aserrada en productos acabados (muebles, puertas, ventanas, vigas y machihembrado) el margen de rentabilidad y de

generación de empleo se multiplicaría en forma determinante. La factibilidad del desarrollo de la cadena de valor del chuncho se pone en evidencia en el capítulo de Propiedades Físico-tecnológicas de la Madera, en el resultado de encuestas a aserraderos y carpinterías y el capítulo de Mercado.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

3.1. Distribución geográfica

Cedrelinga cateniformis es una especie del trópico americano, reportada en las Floras de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela; por ello tiene múltiples nombres comunes como se detalla más adelante. La base de datos "Trópicos" registra especímenes para las provincias amazónicas ecuatorianas: Morona Santiago, Napo, Pastaza, Orellana, Zamora - Chinchipe y Sucumbíos. Es significativo el número de colecciones para la provincia de Napo, donde la distribución altitudinal registrada va desde los 300 hasta los 1000 msnm.

3.2. Descripción botánica

Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke pertenece a la familia Fabaceae de las leguminosas. En Ecuador el nombre común más extendido es chuncho, también seike o seique, mientras que en países vecinos es más conocido como "tornillo". La especie ha sido tratada en diversas Floras con nombres, ahora sinónimos, como *Piptadenia cateniformis* Ducke y *Pithecellobium cateniformis* (Ducke) L. Cárdenas (Tropicos: <https://www.tropicos.org/name/13008019>). La descripción botánica puede ser resumida desde las contribuciones publicadas en la Ficha Técnica No. 9 de Ecuador Forestal (<https://ecuadorforestal.org/noticias-y-eventos/ficha-tecnica-no-9-chuncho/>) de la Fundación Ishpingo, 2008; y de la página de la International Tropical Timber Organization (ITTO) (<http://www.tropicaltimber.info/es/specie/cedrorana-cedrelinga-cateniformis/>).

Características botánicas:

Árbol que alcanza hasta 40 - 50 m de altura y 65 – 150 cm (excepcionalmente 200 cm o más) de diámetro a 1,3 m de altura del tronco -DAP). **Tronco** recto y cilíndrico con raíces tabulares moderadamente grandes. **Corteza** externa rugosa, color café, agrietada verticalmente; corteza interna rosado-cremosa, fibrosa y de sabor dulce. **Copa** amplia y redondeada, irregular y de gran tamaño. **Hojas** compuestas, alternas, con uno o dos pares de pinnas, con 3 pares de folíolos oblicuo-ovado, glabros, pecíolo cilíndrico con una glándula en el ápice. En otras palabras, las hojas son bipinnadas con pecíolo largo; folíolos de hasta 4 pares, opuestos con pecíolo corto; limbo foliar frecuentemente asimétrico de ápice acuminado, penninervia, venoso-reticulada, longitud de aproximadamente 12 cm y ancho entre 6-6,5 cm. **Inflorescencias:** su posición es terminal, en las axilas superiores, raquis entre nudos alternos, tubo-pubescentes. **Flores:** verde-amarillentas, en inflorescencias terminales; las flores se acomodan en capítulos paucifloros, de 8 mm de diámetro, sésiles, con cáliz sub-glabro; corola pardo-verde-amarillenta. **Fruto:** vaina o legumbre con una constricción que encierra a cada semilla como cadena, resultando una vaina péndulo, indehiscente, de base estipitada formando largas cadenas planas, oblongo-ovoides; sin embargo, retorcidas en las articulaciones, con el artículo terminal casi siempre abortado,

reticulado-venoso. Cuando están maduros se separan en las articulaciones y son llevados a grandes distancias por el viento. **Semilla:** plana, alada, de color café de hasta 5 a 7cm de largo por 3 a 4 cm de ancho.

Como especie maderable con aptitud para diversos usos en la industria del mueble y de la construcción, es una alternativa económica de cultivo en sistemas agroforestales o policultivos. La especie es apta para la restauración de tierras deforestadas y matorrales poco productivos. Las experiencias evaluadas, las características mencionadas, su relativo rápido crecimiento y los usos registrados (comparables con los del cedro), refuerzan su potencial económico para ampliar y cimentar la industria forestal hasta convertirla en un pilar fundamental de la economía. Estudios realizados avalan estos resultados (Sánchez Sarango, Y. A., 2012).

La disponibilidad de semillas de calidad para cualquier proyecto de plantaciones es determinante para su éxito. En el caso de *Cedrelinga cateniformis* la producción de semillas ocurre entre los meses de diciembre a mediados de marzo. El programa deberá disponer de un sistema de oportuna recolección de semillas a partir de árboles padres preseleccionados y de capacidades para el manejo y conservación de las semillas.

En el vivero se realiza la siembra directa, preferiblemente en tubetes de tamaño medio (400 cm³) o en fundas de 500 gramos (10,16 x 17,78 cm, 4x7 pulgadas), empleando semillas sin vaina. Según los resultados del estudio de germinación realizado en Tena (Recalde Caiza, 2015) con este método la germinación fue la mejor y las plántulas alcanzaron mayor altura. Con este tamaño de funda resultó el menor costo de producción en vivero (manejo del sustrato y rendimiento de enfundado). A su vez se redujo el costo de transporte para la plantación final. Al usar un buen sustrato se reduce la necesidad de fertilización en vivero, sin embargo, puede consultarse la experiencia de Vega Herrera (2017), quien experimentó en la provincia de Sucumbíos 6 tratamientos de fertilización. Ocaña Ruiz, K. F. (2018) aporta detalles de la anatomía de la madera en base a microscopía electrónica. Ver capítulo de Propiedades Físico-Tecnológicas a continuación.

4. PROPIEDADES FÍSICO-TECNOLÓGICAS DE LA MADERA

4.1. Especie

- Nombre común: Seique, Chuncho, Mara Macho (EC); Cedrorana, Cedro Branco, Cedromara, Paricá, Taperibá-açu (BR), Achapo, Jeñeni, Yakayaka (COL), Huagracaspi, Tornillo (PE).
- Nombre Comercial Internacional de la madera: Tornillo.
- Estatus Protección de CITTIES (2022): No Protegido.

4.2. Anatomía de la Madera

4.2.1. Propiedades Macroscópicas

El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color rosado y las capas internas (duramen) de color rojizo claro y de forma regular, observándose entre ambas capas un gradual contraste de color. En la madera seca al aire la albura se torna de color rosado HUE 7/4 5YR y el duramen marrón rojizo HUE 5/4 5YR. (Munsell Soil Color Charts). Color

distintivo, urticante al aserrarse. Lustre o brillo de moderado a brillante. Grano entrecruzado y textura gruesa. Veteado o figura poco definida. En el corte tangencial, arcos superpuestos ligeramente diferenciados con líneas vasculares oscuras pronunciadas y en el corte radial bandas angostas, paralelas, satinadas (PROMPEX-WWF-USAID-INIA-ITTO, 2000).

4.2.2. Propiedades Microscópicas

En la figura 4 se observan cortes microscópicos de la madera.

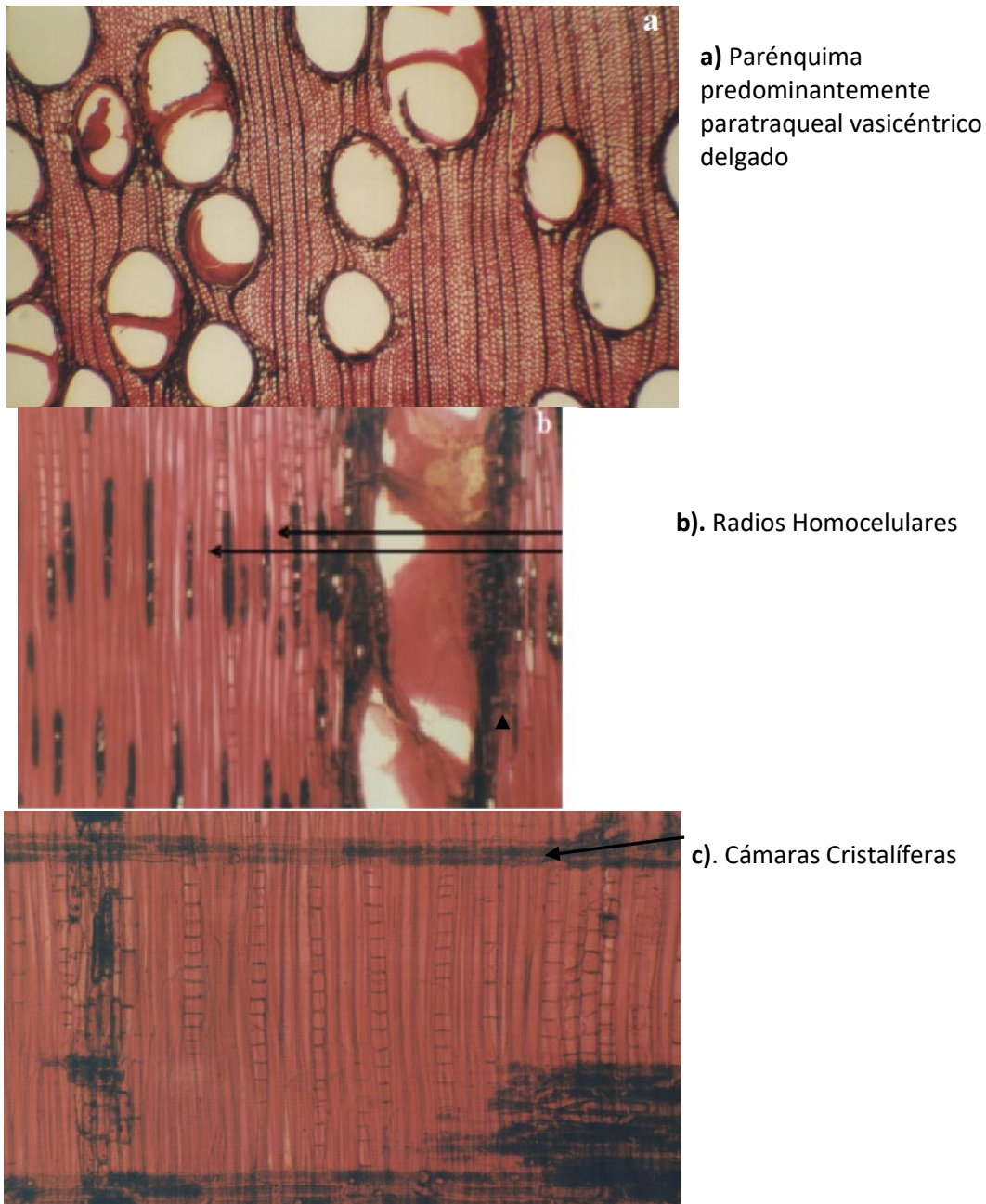


Figura 4. *Cedrelinga cateniformis*. Sección Transversal (a); Tangencial (b); Radial(c).

Fuente: León, (2008).

La especie presenta en su madera anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4 (-7). Platinas de perforación

simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas a grandes, ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los poros. Fibras no septadas, paredes delgadas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima apotraqueal difuso y, predominantemente, paratraqueal vasicéntrico delgado; en series de 4-5 (-8) células. Radios homocelulares de células procumbentes. Cristales ausentes, abundantes cámaras vacías en parénquima axial (León, 2008).

4.3. Propiedades Físicas

Cuadro N°1. Propiedades Físicas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke proveniente del Bosque Natural

Propiedad Física	
Densidad Básica (gr/cm ³)	0,45
Contracción (%) Radial (Verde al 12%CH)	4,27
Contracción (%) Tangencial (Verde al 12%CH)	6,90
Contracción (%) Longitudinal (Verde al 12%CH)	0,29
Contracción (%) Volumétrica (Verde al 12%CH)	10,70
Relación T/R (Verde al 12%CH)	1,62

Fuente: Aróstegui, 1982

Cuadro N°2. Propiedades Físicas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke proveniente de plantaciones de 10, 15 y 29 años.

Propiedad Física	Edad		
	10 ⁽¹⁾	15 ⁽²⁾	29 ⁽²⁾
Densidad(gr/cm ³) Básica	0,35	0,41	0,43
Contracción (%) Radial (Verde al 12%CH)	2,55	3,80	4,61
Contracción (%) Tangencial (Verde al 12%CH)	6,65	7,75	7,55
Contracción (%) Longitudinal (Verde al 12%CH)	0,42	0,38	0,33
Contracción (%) Volumétrica (Verde al 12%CH)	9,67	9,86	10,33
Relación T/R (Verde al 12%CH)	2,61	2,04	1,64

Fuente: ⁽¹⁾ Soudre, 2004. ⁽²⁾ Silva, 2005.

En general, la densidad básica (gr/cm³) de la madera es una propiedad física que permite, de manera preliminar, sintetizar el comportamiento mecánico de la madera debido a su alto nivel de correlación. Al comparar los valores de la densidad básica, se destaca para la madera de bosque natural el máximo valor (Cuadro N°1), seguido por la tendencia a disminuir en la medida que la plantación es más joven (Cuadro N°2). En términos relativos, se puede afirmar que la madera proveniente del bosque natural es un 22,22% más densa que la de 10 años, proveniente

de plantaciones. Consecuentemente se puede afirmar, que la asignación de usos de la madera de 10 y 15 años debe ser notablemente diferente a la del bosque natural. A partir de 18-20 años la madera cultivada en plantaciones tiende a mostrar propiedades físico-mecánicas bastante similares a la de árboles de edad mucho más avanzada.

La Relación T/R, es la proporción entre las Contracciones (%) Tangencial y Radial de la madera, expresando su grado de estabilidad, su aptitud de no producir grietas en las trozas antes de ser procesadas y generar mínimas deformaciones de la madera aserrada al secarse desde su estado verde al 12% de Contenido de Humedad. Una madera se considera estable cuando el Valor T/R es igual o inferior a 2. La estabilidad de la madera proveniente de árboles del bosque natural y los de plantaciones de 29 años presentan un excelente valor, sin embargo, el valor de 2,61 de árboles de 10 años de plantación demuestra su inestabilidad dimensional, potencial agrietamiento de trozas y con tendencia a deformarse la escuadría de su correspondiente madera aserrada.

Otro aspecto de singular importancia es la relación entre la edad del árbol y la variabilidad de las propiedades físicas y mecánicas en el tronco, tanto en sentido radial como longitudinal. Según Villa (1983), basado en resultados de estudios densimétricos y valores experimentales destructivos para determinar las propiedades físicas y mecánicas, se encontró presencia significativa de madera juvenil en las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de 22 años en el área piloto de la Estación Experimental Alexander von Humboldt. Arroyo (1983) menciona que la madera formada cerca de la médula, denominada juvenil, se caracteriza por presentar en su anatomía un incremento progresivo en sus dimensiones y cambios correspondientes de forma, estructura y disposición de las células. La principal característica de la madera juvenil es su menor densidad, elevada contracción longitudinal y menor resistencia mecánica.

Es decir, en términos prácticos, se puede afirmar que, a la edad de 22 años de plantación, la especie *Cedrelinga cateniformis* Ducke presenta un centro de troza con madera de menor densidad, elevada contracción longitudinal y menores valores de propiedades físicas y mecánicas. Esta condición exige ser considerada al momento de ejecutarse el procesamiento por aserrado, siendo necesario un diseño de diagrama de corte para la separación o confinamiento de la madera juvenil (centro troza) de la madera madura (periferia de la troza) y considerar asignación de usos diferentes para ambas maderas.

4.4. Propiedades Mecánicas

Los valores de propiedades mecánicas de madera proveniente del bosque natural se consideran medios (Cuadro N°3), mientras que los valores de madera de plantaciones jóvenes se consideran bajos (Cuadro N°4).

Cuadro N°3. Propiedades Mecánicas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) bosque natural

Propiedad Mecánica	
Flexión Estática(kg/cm²)	
ELP	349,00
MOR	576,00
MOEx1000	108,00
Compresión Paralela(kg/cm²)	
ELP	222,00
RM	283,00

MOEx1000	-
Compresión Perpendicular(kg/cm²) ELP	57,00
Dureza(kg/cm²) Extremos Lados	- 388,00
Tensión Perpendicular (kg/cm²) Radial Tangencial	- -
Clivaje (kg/cm²) Radial Tangencial	- -
Cizallamiento (kg/cm²) Radial Tangencial	- 81,00
Tenacidad (kg-m) Radial Tangencial	- 3,00

Fuente: Aróstegui, 1982

La Flexión Estática es aquella que expresa la capacidad de resistir la acción de las fuerzas o cargas en el centro de la luz entre dos apoyos, vale decir, en una viga de techo. Se destaca, que los mayores valores de Flexión Estática están presentes en madera proveniente del bosque natural, tanto para el Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP), Modulo e Ruptura (MOR) y Modulo de Elasticidad (MOEx1000) al compararlo con la madera proveniente de plantaciones.

La Resistencia a la Compresión Paralela, es aquella que determina la capacidad de resistir la acción de fuerzas o cargas aplicadas en el sentido del grano de la pieza de madera, vale decir, semejante a una columna. Los mayores valores que se reportan en madera proveniente del bosque natural, son mayores que los obtenidos en plantaciones, específicamente para el Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP) y Resistencia Máxima (RM).

Cuadro N°4. Propiedades Mecánicas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke proveniente de plantaciones de 10, 15 y 29 años.

Propiedad Mecánica	Año		
	10 ⁽¹⁾	15 ⁽²⁾	29 ⁽²⁾
Flexión Estática (kg/cm²)			
ELP	256,85	229,46	273,89
MOR	569,36	429,49	505,16
MOEx1000	85,49	74,36	86,13
Compresión Paralela (kg/cm²)			
ELP	150,84	130,79	179,93
RM	285,86	181,59	226,96

MOEx1000	-	69,49	89,92
Compresión Perpendicular (kg/cm²) ELP	45,57	31,05	33,45
Dureza (kg/cm²) Extremos Lados	342,01 278,35	253,69 229,17	299,30 299,57
Tensión Perpendicular(kg/cm²) Radial Tangencial	- -	25,07 28,56	29,70 35,10
Clivaje(kg/cm²) Radial Tangencial	- -	35,61 41,99	38,90 40,29
Cizallamiento Radial Tangencial	68,60 -	48,63 53,44	52,94 57,29
Tenacidad Radial Tangencial	- -	0,51 1,08	0,85 1,14

Fuente: ⁽¹⁾ Durán, 2003. ⁽²⁾ Condori, 2007.

La Resistencia a la Compresión Perpendicular al grano, es aquella que expresa la capacidad de resistir la acción de fuerzas o cargas aplicadas a la madera en una cara radial de la probeta. La compresión perpendicular produce un aplastamiento de las fibras en la madera debido a una concentración de cargas (tensión uniforme) en una superficie pequeña, tiene un comportamiento como una viga con carga uniformemente distribuida. El valor del Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP), es mayor para la madera proveniente del bosque natural que de las plantaciones.

La Resistencia a la Dureza se refiere a la penetrabilidad de otro cuerpo, siendo técnicamente el cuerpo penetrante más duro que la madera evaluada. Los valores de dureza son mayores para madera del bosque natural que para la madera proveniente de plantaciones.

La Resistencia al Cizallamiento Paralelo al grano, es una medida de la capacidad de la madera para resistir fuerzas que tratan de producir un deslizamiento en el plano interno de la madera, es decir, su comportamiento es semejante a una carga que no se aplica uniformemente sobre la cabeza de la columna. Se puede afirmar que los valores de la Resistencia al Cizallamiento son mayores en la madera proveniente de bosque natural que los reportados para plantaciones.

La Tenacidad, expresa la capacidad de la madera para absorber una cantidad de energía o de soportar esfuerzos repetidos de poca duración. Los valores reportados de la Tenacidad de la madera de bosque natural son mayores que los correspondientes de las plantaciones.

Es de singular importancia destacar, la alta variabilidad y las mínimas o nulas tendencias al intentar relacionar la edad de la plantación con los valores de las Propiedades Mecánicas reportados en la bibliografía. En este sentido, es recomendable el establecimiento de parcelas permanentes de investigación, a fin de lograr un control eficiente de las fuentes de variación y

lograr consistencia estadística necesaria para determinar la edad ideal de turno/cosecha, que permita el máximo rendimiento y calidad de madera aserrada. Partiendo de la Densidad Básica de la madera proveniente del bosque natural de $0,45 \text{ gr/cm}^3$ (árboles de 40 a 80 o más años de edad) es natural la tendencia a presentar menores valores en las primeras edades del árbol, y, asimismo, una menor resistencia mecánica (Gráfica N°1).

La edad de 15 años sería la edad mínima recomendable de aprovechamiento de la madera de plantaciones por sus propiedades físico-mecánicas, pero a esta consideración debe sumarse el análisis del ritmo de crecimiento y el volumen de madera por hectárea con el mayor rendimiento económico, el que pudiera estar entre 18 y 35 años (ver más adelante). La madera producto de raleos (posiblemente entre 7 y 9 años) debe ser también considerada para ciertos usos según sus propiedades y eventuales nichos de mercado, por ejemplo, postes y estantillos preservados. En todo caso, entre 15 y 25 años se podría fijar la edad de plantación para extracción total o parcial de madera, considerando la intervención como: a) turno de cosecha para madera destinada a muebles y piezas interiores; y b) aclareo avanzado para turno de cosecha de madera de 35 a 40 años, de calidad superior.

De igual manera es importante desarrollar un sistema de clasificación de calidad de madera aserrada, con el objetivo de valorar los diferentes volúmenes de madera provenientes del régimen de aclareo y la cosecha final. Se podría prever aclareos a los 9 y 18 años para el turno de 35 a 40 años, y aclareo sólo a los 9-10 años para turno de 18-20 años. La decisión será influenciada por el germoplasma, la calidad de sitio y consideraciones económicas.

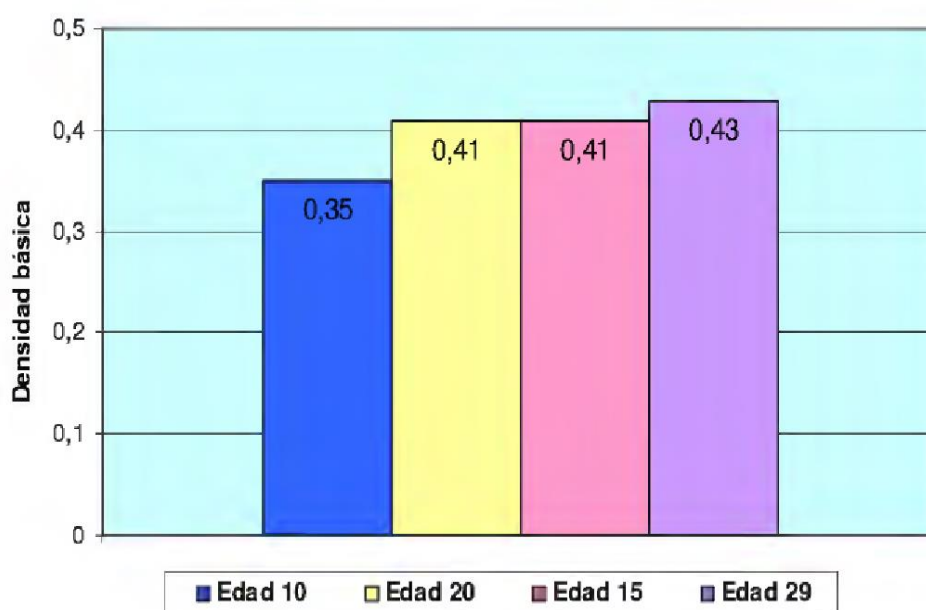


Figura 5. Densidad Básica (gr/cm^3) promedio para 4 edades diferentes provenientes de plantaciones a campo abierto de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (Fuente: Vega, 2010).

4.5. Términos de Referencia para la Optimización de Procesos

4.5.1. Aserrado

Para efectos de aserrío las maderas han sido clasificadas por Ninin (1986) en seis Grupos Energéticos, de tal manera de ponderar los requerimientos de energía para lograr el aserrado

con calidad superficial y precisión en los cortes, limitar las pérdidas de materia prima, maximizar la eficiencia en la operación, limitar el desgaste de los filos y el consumo energético. Considerando que la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke presenta una densidad(gr/cm^3) básica de 0,45, su exigencia se corresponde con el Grupo Energético I ($0,2 \text{ gr}/\text{cm}^3$ a $0,5 \text{ gr}/\text{cm}^3$), exigiendo la atención de los siguientes parámetros de corte:

Para Sierras Cinta de 1,25 mm de espesor y 15 cm de ancho, en máquinas de 1.400 mm a 1250 mm de diámetro de volante exige:

- ✓ Herramientas Cortantes de Paso(mm) de 45mm; Altura de Diente de 17 mm, Ángulo de Corte de 30° , Ángulo de Hierro de 50° , Angulo Libre de 10° y una traba de 0,70mm.
- ✓ Condiciones de Corte de Espesor de Viruta de 0,70 mm, Velocidad de herramienta de 3000 m/min y Velocidad de Alimentación de 35m/min.

Para Sierras Cinta de 1,47 mm de espesor y 18 cm a 20cm de ancho, en máquinas de 1.500 mm a 1600 mm de diámetro de volante exige:

- ✓ Herramientas Cortantes de Paso(mm) de 50 mm; Altura de Diente de 19 mm, Ángulo de Corte de 30° , Ángulo de Hierro de 48° , Ángulo Libre de 12° y una traba de 0,85mm.
- ✓ Condiciones de Corte de Espesor de Viruta de 1mm a 1,1 mm, Velocidad de herramienta de 3000 m/min y Velocidad de Alimentación de 45m/min.

Para Sierras Cinta de 1,65 mm de espesor y 20 cm de ancho, en máquinas de 1.800mm de diámetro de volante exige:

- ✓ Herramientas Cortantes de Paso(mm) de 50 mm; Altura de Diente de 20mm, Ángulo de Corte de 30° , Ángulo de Hierro de 47° , Ángulo Libre de 13° y una traba de 0,90mm.
- ✓ Condiciones de Corte de Espesor de Viruta de 1,1mm a 1,2 mm, Velocidad de herramienta de 3000 m/min y Velocidad de Alimentación de 50m/min.

En relación al rendimiento de madera aserrada, Yepes y Linares (2007) determinaron el rendimiento de una muestra de 412 trozas aserradas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, obtenidas del raleo o aclareo como tratamiento silvicultural de plantaciones de 31 y 33 años en Jenaro Herrera, Loreto-Perú, reportando un promedio de 29,88%, con un alto volumen de residuos equivalente a 70,12%, siendo determinante de estos valores la presencia de trozas con pudrición medular y rajaduras. Se destaca que un raleo tiene como principio fundamental cortar los árboles con mayores defectos y suprimidos por la competencia para que los árboles más aptos logren su máximo desarrollo en un posterior raleo o cosecha final. Este raleo puede considerarse muy tardío (más de 30 años de edad de la plantación) y el alto porcentaje de pudrición medular podría obedecer a la calidad del sitio (mal drenaje).

Por otra parte, Campos y Chuquicaja (2015), realizaron un estudio para determinar el factor de conversión o el Rendimiento (%) de materia prima en aserrío para trozas de *Cedrelinga cateniformis*, en Chanchamayo-Perú provenientes del bosque natural, reportando un valor promedio de 0,58 o 58%, independientemente del diámetro y la longitud de troza, permitiendo afirmar que la calidad de trozas es bastante satisfactoria. Troncos rectos, cortados en trozas de 2,5 o 5 m de largo, deben arrojar rendimientos superiores (65-70%).

4.5.2. Proceso de Secado de Madera Aserrada

La madera aserrada de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke seca al aire, logra alcanzar el 20% de contenido de humedad entre 45 a 53 días como tiempo promedio (cuadro 6), siendo este afectado por condiciones climáticas locales, presentando mínimos defectos en cuanto a alabeos y rajaduras de las piezas de madera aserrada, considerándose una especie maderable con excelente aptitud de secado al aire.

Por otra parte, el secado artificial en cámaras permite un programa secado fuerte, debido a su satisfactoria estabilidad dimensional, presentando de mínimos a ausentes agrietamientos en los extremos y alabeos desde verde al 12% de Contenido de Humedad en 55 horas, con similar aptitud de secado a la lograda al aire (PROMPEX-WWF-USAID-INIA-ITTO, 2000; Keenan y Tejada, 1987).

Cuadro N°6. Horario de Secado Artificial Tipo “F” para madera aserrada de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (Fuente: JUNAC, 1989)

Contenido de Humedad de la Madera	Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)
	Bulbo Seco	Bulbo Húmedo	
Verde	60	56	80
60	65	58	70
50	70	60	60
40	75	61	50
30	80	62	40
20	80	60	35

4.5.3. Durabilidad Natural y Preservación

La especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, es moderadamente resistente. Para la puesta en servicio en el interior (bajo sombra y sin humedad) es resistente al ataque de hongos de mancha azul y de deterioro de la madera, así como resistente al ataque de termitas, sin embargo, para puesta en servicio a la intemperie en el exterior (humedad y sol), tanto duramen como albura, requieren de la aplicación de tratamientos preservantes (Arostegui, 1982).

El preservado por inmersión es considerado difícil a no realizable, mientras que mediante el uso de autoclaves en presión y vacío con preservantes hidrosolubles y oleosolubles es de difícil a medianamente difícil de tratar. En el caso específico de sales CCA es considerada como una madera de moderada a difícil de tratar (Keenan y Tejada, 1987).

4.5.4. Trabajabilidad

Desde el punto de vista de la madera como material, la característica macroscópica de grano entrecruzado y la microscópica de paredes delgadas son las principales razones por las cuales se ve afectada la calidad superficial, la cual en general, puede ser considerada de media a buena.

Los ensayos de trabajabilidad, elaborados por INIA-UNALM-ICRAF (2010), permiten afirmar los siguientes requerimientos, optimizados para cada proceso de labrado mecanizado, para la madera de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke:

- ✓ Cepillado: exige un ángulo de corte de cuchilla de 15°, siendo esto para cualquier valor de velocidad de herramienta o corte. La presencia del grano arrancado y astillado puede atribuirse al grano entrecruzado y las paredes delgadas de sus fibras.
- ✓ Moldurado: Se recomienda una velocidad de herramienta o corte con una velocidad de giro de 7440 rpm/min. La presencia del grano arrancado y astillado puede atribuirse al grano entrecruzado y las paredes delgadas de sus fibras.
- ✓ Taladrado: La presión de carga debe ser aproximadamente de 15 kg (relativo a la velocidad de penetración), para cualquier velocidad de giro de la broca o mecha. En el proceso de taladrado predomina la calidad regular, tanto en la entrada/salida de la perforación, como en la parte interna de la perforación. Es recomendable reducir la carga de penetración a fin de lograr los mejores resultados o combinar elevadas velocidades de corte con baja velocidad de penetración.
- ✓ Torneado: Se recomienda reducir el ángulo de corte o ataque entre los 0° a 15°, para cualquier velocidad de giro de la pieza en proceso de torneado. Se puede observar que la mejor calidad de superficie corresponde al ángulo de corte de 0° y a la mayor velocidad de giro, sin embargo, es oportuno precisar que este ángulo sólo produce en la madera un efecto de raspado, con el consiguiente recalentamiento de la cuchilla y consecuentemente la rápida pérdida de filo, produciéndose polvillo más no viruta.

4.5.5. Uniones

Acepta y retiene tornillos de manera satisfactoria. Para el clavado existe la tendencia a rajaduras, exigiendo en ocasiones el pretaladrado antes de realizar una unión con clavos. No existen reportes de investigaciones sobre la resistencia al arrancamiento de clavos y tornillos para la especie *Cedrelinga cateniformis* Ducke.

Guerra y Bustamante (2016), desarrollaron investigación para determinar la resistencia al cizallamiento de la línea de cola con polivinilo (PVA) en madera *Cedrelinga cateniformis* procedente de plantaciones en la zona de Ucayali, Perú. A las muestras se les aplicó un encolado doble, dos presiones de prensado (5 y 10 kg/cm²) y tres extendidos (150, 200 y 250 g/m²). Los resultados permitieron determinar que la resistencia promedio al cizallamiento en la línea de cola alcanza valores ligeramente inferiores a los de la madera sólida, entre los 88,40% al 97,50%.

De la misma manera, el incremento de la presión de prensado y el extendido de cola tienen un efecto favorable en la resistencia al cizallamiento. Asimismo, la variación de la presión de prensado y el extendido de cola no tienen influencia sobre la resistencia al cizallamiento. Finalmente, las condiciones más favorables que permiten obtener uniones con una mayor resistencia y mayor porcentaje de madera fallada son: una presión de encolado de 10 kg/cm²; y un extendido entre 150 y 200 g/m².

4.5.6. Tableros de Fibra

El rendimiento del proceso de aserrado para trozas, permite afirmar que el volumen de residuos puede oscilar entre 70,12% y 42%, de rolas de raleo y de rolas de fin de turno, respectivamente (Ver punto 5.2.- Aserrado), correspondiendo estos residuos a cantoneras, cantos, costaneras, despuntes, viruta y aserrín. La alternativa de producción de Tableros de Fibras, utilizando los residuos de aserraderos o trozas/ramas no aptas para el proceso de aserrío permitiría consolidar la cadena valor de la especie *Cedrelinga cateniformis* Ducke.

El tablero de fibras se define como el producto resultante del entrecruzamiento de las fibras lignocelulósicas aglutinadas con la lignina contenida en las fibras o con la adición de otros aglutinantes orgánicos e inorgánicos, pudiendo elaborarse en una extensa gama de densidades y espesores (Noriega 1996 citado por Bellido, et al 2003). Asimismo, las capas de pulpa apiladas hasta un grosor determinado, y prensadas luego en caliente, dan lugar a los tableros propiamente dichos (Maldonado 1989 citado por Bellido, et al 2003).

Bellido, et al (2003) desarrollaron investigaciones orientadas a la elaboración de tableros de fibras, utilizando pulpa de dos materias primas de la especie *Cedrelinga cateniformis*: aserrín y astillas de madera. La pulpa fue obtenida mediante el proceso químico-mecánico a la soda en frío con un rendimiento de 78%. Las dimensiones medias de estos tableros fueron de 0,40 m x 0,40 m por 5 mm de espesor, utilizando 1,5% de colofonia y 2% de sulfato de alúmina. El manto fibroso (MAT) fue sometido a 5 kg/cm² de prensado en frío por 2 min, luego prensado en caliente en un esquema de 110 kg/cm², 40 kg/cm² y 80 kg/cm² por 4, 15 y 4 min respectivamente. La densidad promedio fue de 958 kg/m³ para tableros confeccionados a partir de pulpa de aserrín y 967 kg/m³ para los de pulpa de astillas, ambos presentaron valores de absorción de agua de 69% y 60%. El módulo de ruptura (MOR) fue de 107 kg/cm² y 242 kg/cm² respectivamente; estadísticamente, los valores de las propiedades de los tableros de fibras presentan gran variabilidad y diferencias significativas entre ambos tipos.

En general, los tableros de fibras a partir de pulpa de astillas de madera son los que presentaron los mejores valores de las características físico-mecánicas. Los valores de densidad, contenido de humedad y absorción de los tableros elaborados a partir de pulpa de aserrín se encuentran dentro del rango mencionado para tableros de alta densidad comerciales, excepto el módulo de rotura, cuyo valor se encontró por debajo del valor comercial. En general, los tableros de fibras a partir de pulpa de astillas de madera son los que presentaron los mejores valores de las características físico-mecánicas. Se recomienda desarrollar más investigaciones que permitan consolidar la alternativa de utilizar residuos resultantes del aserrío en un producto tan comercial y ampliamente utilizado como Tableros, tanto de Fibra como de partículas o aglomerados. Los volúmenes disponibles de desperdicios utilizables serán considerables, previéndose hasta 150 m³/ha de desperdicios en campo, a los que se deben sumar los derivados del proceso de aserrío.

4.5.7. Usos

Se recomienda para maderas provenientes de plantaciones de 10-15 años, lograr una asignación de usos acorde a diseños de bienes finales con piezas cortas y angostas, a fin de controlar las deficiencias de resistencia y deformación de la madera. En este sentido, para el diseño de bienes finales el largo máximo de piezas no debe exceder 120 cm, anchos y espesores no mayores de 5 cm. Para cubrir exigencias de mayores anchos, se puede optar por uniones encoladas, así como también el uso de pernos y tornillos tirafondos, evitando uniones clavadas.

Para madera proveniente de plantaciones mayores de 15 años, pueden asignarse usos para elaboración de bienes finales con piezas mayores a 120 cm, anchos y espesores mayores a 5cm, permitiendo reducir costos de uniones encoladas, apernadas o atornilladas. El uso de esta madera puede ser utilizada para construcciones de edificaciones de carga mediana.

Es de resaltar, al momento de exigirse calidad superficial de bienes finales, la necesidad de aplicar acabados superficiales que permitan minimizar la sensación característica de textura gruesa, vale decir, es de importancia el uso de productos conocidos como tapaporos o sellador combinado con thinner en una proporción de 1:2.

Finalmente, es de singular importancia destacar, para el procesamiento de trozas de plantación mayor a 15 años, la necesidad de desarrollar diagramas de corte que permitan confinar la madera central conocida como leño juvenil, separándola del leño maduro que se encuentra justo después del leño juvenil hasta la periferia de la troza. La asignación de usos de la madera juvenil es similar a la madera proveniente de raleos de plantaciones de menos de 15 años. El éxito de lograr un comportamiento satisfactorio de la madera en la gran diversidad de bienes finales, depende de lograr de manera práctica y efectiva en el aserradero la identificación del límite entre el leño joven y el leño maduro, con la finalidad de lograr el confinamiento del leño juvenil, esto exige práctica y una verificación de resultados hasta lograr un método consistente.

4.6. Algunas experiencias de procesamiento mecánico de la madera

4.6.1. Aserrado

Atendiendo aspectos relevantes sobre el manejo y gestión de aserraderos y considerando el potencial objetivo de promover a la especie *Cedrelinga cateniformis* en la economía ecuatoriana, por parte del Clúster Forestal, es determinante el manejo acertado y consistente de variables de desempeño en el aserrío. Ello es esencial para maximizar el rendimiento y productividad, y para el posicionamiento del chuncho en el mercado nacional e internacional de manera confiable, en cuanto a calidad y cantidad.

En orden de importancia, los defectos geométricos de las trozas de la especie *Cedrelinga cateniformis* más determinantes del rendimiento durante el proceso de aserrado son arqueaduras y conicidad, seguidos de médula excéntrica y grietas en los extremos; ello es igual tanto para árboles provenientes de plantaciones como del bosque natural. Las arqueaduras y conicidad tienen elevada incidencia en el rendimiento de la materia prima durante el proceso de aserrado, además de generar piezas aserradas con grano inclinado que afectan la calidad superficial resultante del cepillado y moldurado. El origen del defecto arqueaduras de trozas está relacionado con la pérdida de verticalidad del fuste, bien sea por crecer en terrenos en pendiente o por el peso de las ramas en diferentes direcciones, siendo evidente la necesidad de un adecuado espaciamiento y tratamientos silviculturales de poda. El defecto de arqueaduras de trozas tiene una estrecha relación con la médula excéntrica y consecuentemente grietas en los extremos, es decir, si se logra minimizar la ocurrencia de trozas con arqueaduras mediante un adecuado manejo silvicultural, se logra minimizar la ocurrencia de médula excéntrica y grietas en los extremos.

La conicidad de la primera rola del árbol generalmente se asocia con las características genéticas propias de la especie, sin embargo, si ocurren exageradas conicidades éstas estarían asociadas a la calidad de sitio, un suelo no óptimo para la especie.

Las soluciones tecnológicas para trozas con arqueaduras buscan minimizar la incidencia del defecto sobre el rendimiento de la materia prima, atendiendo básicamente tres aspectos:

- El acertado seccionamiento transversal de las trozas, como tratamiento previo antes de su aserrado, permite reducir de manera importante la magnitud del defecto.
- El seccionamiento transversal de trozas se debe hacer de manera planificada, atendiendo la necesidad de productos aserrados con longitudes menores al largo común de las trozas.
- Durante el proceso de aprovechamiento del bosque o plantación, los operadores de motosierras deben prestar atención a evitar generar trozas con arqueaduras, ejecutando cortes de seccionamiento del árbol tumbado, para obtener trozas lo más recto posible.

Las soluciones tecnológicas para el procesamiento de trozas exageradamente cónicas, exige de sierras que permitan aserrar con la conicidad, preferiblemente sierras cinta con escuadras independientes, de tal manera que las guías se ajusten a la forma cónica de la troza. De igual manera, el posicionamiento de trozas de manera automatizada en la sierra principal es determinante para ejecutar operaciones de manera eficiente y maximizando el rendimiento por troza.

4.6.2. Carpinterías

La aptitud de uso para la madera de *Cedrelinga cateniformis* permite valores agregados como puertas, ventanas y muebles para el hogar u oficina, todos ellos exigentes de un contenido de humedad de la madera entre el 8% y el 12%, a fin de lograr precisión en las uniones y excelente calidad superficial, siendo éstas las características determinantes del potencial posicionamiento del valor agregado en el mercado.

Es de singular importancia la estandarización de los productos de madera aserrada de la especie *Cedrelinga cateniformis*, en este orden de ideas se destacan espesores de 2,5, 3,0, 5 y 10 cm; para el ancho 15, 20, 22, 23, 24 y 25 cm y para el largo 2,40 m. Adicionalmente, es importante, la oferta en los aserraderos de productos con menores dimensiones, denominados “cortos y angostos”, permitiendo una manufactura por parte de las carpinterías notablemente más eficiente, reduciendo procesos de calibrado de madera y permitiendo concentrar esfuerzos en la calidad de uniones y de superficies de los muebles.

La madera de la especie *Cedrelinga cateniformis* presenta defectos superficiales que ocurren durante el labrado de la madera en las carpinterías, siendo en orden de importancia las marcas de viruta y grano velloso, lo cual exige de herramientas con filos en óptimas condiciones. Otro defecto es el grano arrancado, el que tiene su origen en el método de aserrado frente a trozas muy cónicas y/o trozas con arqueaduras, resultando en piezas de madera aserrada con el grano inclinado, provocando el defecto en cuestión.

5. PRODUCCIÓN DE MADERA DE *Cedrelinga cateniformis* O CHUNCHO EN PLANTACIONES

5.1. Experiencias Previas

En Ecuador, y en toda América Latina, existe una vasta experiencia en plantaciones forestales con fines de conservación y de aprovechamiento industrial. Las plantaciones industriales se han fundamentado mayoritariamente en especies introducidas por múltiples razones: a) el conocimiento sobre las bases de producción y manejo de las especies, desde la obtención y manejo de semillas de calidad certificada, producción de plantas en vivero o *in vitro*, plantación en campo, calidad de sitio, hasta manejo silvicultural y sistemas de cosecha y manejo postcosecha; b) existencia de la industria y las bases técnicas y de infraestructura necesarias para la generación de productos procesados de esas maderas; y, c) la demanda del mercado para los productos generados a partir de las especies plantadas. Como ejemplo se tienen numerosas especies de Eucaliptos, Pinos y Cipreses, así como *Tectona grandis*, *Gmelina arborea* y *Ochroma pyramidalis*, entre las más producidas en ambientes fríos de montaña y tropicales cálidos de baja altitud. Sin embargo, ese no es el caso para muchas de las especies maderables del bosque tropical húmedo de la Amazonía, entre ellas, la especie objeto de este estudio, *Cedrelinga cateniformis*, chuncho, seique o tornillo. Sobre esta especie se han hecho y se continúan haciendo algunos estudios en plantaciones experimentales en Perú y aquí en Ecuador, pero aún no existen plantaciones comerciales extensas. La Ficha Técnica preparada por el ing. Marco Vinuesa y publicada por Ecuador Forestal (Ecuador Forestal, 2012) ofrece excelente información sobre la especie. A continuación, se presenta una síntesis de información sobre el rendimiento de la especie en plantaciones experimentales.

Un estudio realizado por Otárola y Linares (2002), a partir de una muestra de 197 árboles cosechados de *Cedrelinga cateniformis*, procedentes de ensayos silviculturales en el Centro de Investigaciones de Jenaro Herrera, en Loreto Perú, permitió determinar que existe una relación directa entre distanciamiento promedio, DAP y volumen total en plantaciones (Cuadro N°7). De allí que los volúmenes comerciales a obtener son influenciados, entre varios factores, por los distanciamientos iniciales de plantación, específicamente el mayor del experimento (4 x 3 m) presentó, a una edad similar, un volumen comercial promedio varias veces mayor que los espaciamientos menores. Afirman Otárola y Linares (2002), al analizar la influencia del distanciamiento sobre los volúmenes por hectárea, que se observa una clara relación entre el volumen comercial y el distanciamiento, así para un distanciamiento de 2x2 m sólo se obtiene 90 m³/ha, a una edad promedio de 23 años, mientras que a un distanciamiento de 4x3 m se obtiene 322 m³/ha a la misma edad.

La relación se invierte cuando se trata de volumen total (biomasa), obteniéndose un volumen de 645 m³/ha a un distanciamiento de 2x2 m y de sólo 613 m³/ha a un distanciamiento de 4x3 m. El factor de forma (o factor mórfico), para el volumen total con corteza también presenta diferencias entre distanciamientos, encontrándose valores entre 0,469 hasta 0,542, siendo el promedio muy cercano a 0,5. Sobre este resultado debe considerarse lo siguiente. La forma de comercialización de las maderas es usualmente en tablones de 2,4 m largo x 0,25 m de ancho y 0,05 m de grosor. Es decir, que las rolas o trozas para el transporte al aserradero deberían ser de 2,5 o 5 m de largo buscando más eficiencia en el transporte y en el aserrado. El factor de forma en trozas de chuncho de esa longitud se aproxima a 0,7, dada la forma bastante cilíndrica del tronco, superando el 0,5 reportado por Otárola y Linares (2002).

Por otra parte, es necesario considerar dos elementos, primero la necesidad de generar árboles de plantación con fustes lo más recto posible y de un diámetro mínimo de 25 cm en el tope del fuste (por ejemplo, a 10 m de altura) para garantizar el mayor número de piezas de un mínimo de 25 cm de ancho. Es decir, que es mucho más favorable que el volumen por hectárea a alcanzar en el turno establecido, esté concentrado en árboles gruesos y no en muchos árboles de diámetro reducido. En segundo lugar, se destaca que, en la Amazonía peruana, se reportan diámetros promedio de alrededor de 20 cm (DAP) a edades de 20 y 21 años, mientras que ese DAP se alcanza en las plantaciones de Napo en alrededor de 10 años; y gracias al alto ritmo de crecimiento, se reportan árboles de 18 a 25 años con valores cercanos y superiores a 50 cm de DAP.

Cuadro N°7. Valores dasométricos promedio para 197 árboles seleccionados de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, bajo diferentes distanciamientos iniciales en Jenaro Herrera, Loreto, Perú (Fuente: Otárola y Linares, 2002). (Factor mórfico 0,5)

Edad	Dist.Inicial (mxm)	N°	dap cm	Alt. (m)	VoltotalCc (m ³)	VoltotalSc (m ³)	Volcom (m ³)	ff	Corteza (%)
21	2x2	25	19,6	17,2	0,258	0,216	0,036	0,498	15,99
20	3x3	41	18,7	19,7	0,253	0,206	0,019	0,469	19,07
21	4x2	56	20,4	18,5	0,285	0,237	0,047	0,474	16,83
25	4x3	75	27,5	22,9	0,736	0,612	0,386	0,542	16,88
Promedio		197	21,5	19,5	0,383	0,318	0,122	0,496	17,19

Edad: Edad de Plantación en Años

VoltotalSc (m³): Volumen total sin corteza

N°: Tamaño de muestra en cantidad de árboles

Volcom(m³): Volumen Comercial promedio

Alt.: Altura total promedio en metros

ff: Factor de forma real

VoltotalCc (m³): Volumen total con corteza promedio

Corteza: Porcentaje de Corteza

El crecimiento en diámetro de los árboles depende de la calidad de sitio (suelos-topografía-clima), de la genética de la semilla (árboles padres) y del manejo de las plantaciones. En relación al chuncho, es necesario asumir una meta que armonice un turno de producción lo más corto posible, con rendimientos suficientemente atractivos como para justificar la inversión necesaria en tierras y recursos presupuestarios. En ese contexto, aquí se plantea un turno estimado de 18-20 años, en el cual el árbol promedio debería alcanzar, al menos, 0,1 m² de área basal (36 cm DAP) y de 12 a 15 m de altura de fuste comercial, para un volumen rollizo por árbol de aproximadamente 1,0 m³, del cual se podría esperar, al menos, 0,5-0,6 m³ de tablones (asumiendo una pérdida de madera en el corte del árbol y procesado del fuste del 50% del volumen real). De esta manera, con una densidad de 300 árboles por hectárea al final del turno resultaría un rendimiento de 300 m³ rollizos en pie, 150 m³ en tablones y, al menos, 100m³ por hectárea de desperdicios utilizables para tableros.

Con esa meta en términos de manejo y producción de la plantación, cada árbol debería disponer para su óptimo desarrollo, de un espacio de 33 m² de superficie en el suelo (espaciamiento medio de 6 x 5,5 m). Ello significa que, ya a mitad del turno (9-10 años de edad) el número de árboles remanentes por hectárea debe acercarse a la densidad final esperada de 300 árboles/ha.

Además, para lograr ese ritmo de crecimiento, debe hacerse una adecuada selección de las condiciones de clima-suelo-topografía y, eventualmente, implementar medidas de mejoramiento de la fertilidad del suelo en los primeros años de la plantación. Ello estaría garantizado al establecer sistemas agroforestales y un manejo adecuado del suelo según el o los rubros establecidos; primeros tres años: maíz, yuca, frijol, malanga, Jamaica, papaya; a partir del 4to año: café, cacao, achote, cardamomo, entre otros.

5.2. Estudio de Plantaciones Jóvenes de *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho o Seike) en Napo, Ecuador

La existencia en Napo, provincia amazónica de Ecuador, de plantaciones forestales de chuncho, puras y combinadas, de edades variables desde 2 a 9 años y algunos árboles de edades de hasta 25 años, permitió realizar una evaluación del crecimiento del chuncho en diferentes condiciones de sitio (altitud, relieve, suelo y drenaje) y manejo (monocultura y policultivo con diferentes distanciamientos). Ello permite analizar la respuesta de la especie a las condiciones edafoclimáticas y su ritmo de crecimiento y, además, sugerir pautas de manejo de las plantaciones a sus propietarios. Adicionalmente, la base de datos obtenida permitirá inferir algunas conclusiones sobre calidad de sitio para la especie y, asimismo, posibilidades de la especie para sistemas agroforestales y plantaciones forestales con fines múltiples (fijación de carbono, producción de alimentos y madera para construcción de viviendas y mobiliario, restauración de áreas degradadas, generar ingresos directos para las familias, tanto productoras como empleadas en las cadenas de valor derivadas de los productos).

5.2.1. Metodología

Una vez localizadas las plantaciones existentes y lograda la aceptación de los propietarios, se organizó el equipo técnico y se formuló e implementó un cronograma de trabajo. El estudio de las plantaciones consideró número de árboles y parcelas de área variable, según el distanciamiento. En plantaciones densas (distanciamiento 3 x 3 m), se levantaron parcelas o grupos de 9 árboles que al repetirse suficientemente arrojó una base adecuada de información cuantitativa sobre el desarrollo de la especie y su variabilidad en el terreno. Se encontraron otros espaciamientos (3,5 x 3,5 m; 4 x 4 m y 10 x 10 m), especialmente en sistemas agroforestales (chuncho + cacao, chuncho + café, chuncho + guayusa). En cada parcela se registró las coordenadas de localización, fecha de plantación (edad), el espaciamiento entre árboles, el sistema de producción (plantación pura o mixta) y medidas de manejo (podas, raleos). En cada parcela se midieron los árboles de chuncho y de especies acompañantes, registrándose: el diámetro a 1,3 m de altura, la altura del fuste a la primera ramificación gruesa y la altura total. A partir de los datos de inventario se calcularon el área basal, el volumen del árbol y el incremento anual en diámetro, altura y volumen.

También se tomó nota de la calidad del tronco (rectitud) y del estado fenológico y la vitalidad del árbol (enfermedades o plagas) y el efecto de la poda, cuando hubo evidencias de haberse realizado. Los datos se utilizaron para evaluar el ritmo de crecimiento en diámetro, altura y volumen y la adaptabilidad y rendimiento de la plantación.

Si bien el grueso de las mediciones se realizó en plantaciones de edad inferior a 10 años, también se evaluaron pequeños grupos de árboles con fechas conocidas de plantación, en los años 1997 (25 años) y 2005 (18 años). Adicionalmente, se evaluaron algunos árboles corpulentos en el bosque natural, cuya edad se estimó aplicando una curva diámetro - edad formulada en

plantaciones experimentales en Perú resultando edades estimadas de 125, 93 y 40 años de edad.

En las plantaciones evaluadas se hizo la descripción del sitio (altitud, topografía y drenaje superficial), y se describió el perfil de suelo de 0 - 120 cm de profundidad (horizontes, color, textura, estructura, raíces, compactación, drenaje interno). Se muestreó el suelo de 0 - 20 cm y 20 - 40 cm y se hicieron los análisis de laboratorio de rutina: textura, pH, materia orgánica, macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre) y micronutrientes (zinc, cobre, manganeso, hierro) y se calculó la suma de bases y la capacidad de intercambio catiónico efectiva. Con la información se hizo una evaluación cualitativa del sitio y el suelo y la interpretación correspondiente a la calidad del sitio para el desarrollo del chuncho en plantaciones. La información del vuelo y del suelo se utilizó para concluir sobre la viabilidad y las proyecciones de producción de madera de chuncho en las condiciones en las cuales se están desarrollando las plantaciones evaluadas.

5.2.2. Resultados

5.2.2.1. Sitios de Estudio

Se estudiaron 9 localidades en los cantones Tena y Archidona, con plantaciones de diversas edades, las cuales se listan en la tabla 2. Incluyen plantaciones de Alto Tena (dos plantaciones estudiadas), de localidades cercanas a Archidona en la vía a Para y a poca distancia de la entrada a Cotundo por el sector de Yana Yaku, igualmente en la parroquia Chontapunta, y en las localidades de Ahuano y Puerto Napo. Para fines comparativos, se registró información de árboles de chuncho plantados junto con otras especies arbóreas en 1998 y 2005 e igualmente, árboles de grandes dimensiones en el bosque natural de la reserva biológica Colonso- Chalupas.

Tabla No. 1. Plantaciones jóvenes de chuncho (menos de 9 años) en varias localidades de Napo y en situaciones diversas (puras y en policultivos), árboles de chuncho de 18 y 25 años y árboles de gran porte en bosque natural. (Evaluación enero-febrero 2023).

Localidad/fecha/ # parcelas	Propietario	Año de plantación	Principales características
Alto Tena 9 parcelas	Plantación privada EB	Mayo 2014- enero 2015, 8,5 años	Plantación de chuncho. Se levantaron 3 grupos de parcelas en pendiente fuertes a moderadas y planas, con un distanciamiento de 4 x 4 m. Colinas a 630 msnm.
Alto Tena 9 parcelas	Plantación privada PR	Julio 2016, 6,5 años	Plantación 4 x 4 con Cacao intercalado y vainilla en tutores de mata ratón (<i>Gliricidia</i> sp.). Terreno plano, 650 msnm.
Chontapunta 6 Parcelas	Plantación privada VL	Marzo 2018, 5 años	Parcelas en una plantación de 4 has con un distanciamiento de 4 x 4. Planicie aluvial reciente, 350 msnm.
Terraza Río Anzu, Puerto Napo 4 parcelas.	Plantación privada PL	2016, 7 años	Plantación de chuncho 10x10m con cacao 4x4 m. Planicie aluvial reciente, 450 msnm.

Localidad/fecha/ # parcelas	Propietario	Año de plantación	Principales características
Yana Yaku entre Cotundo y Archidona 8 parcelas.	Plantación privada D.	2014 y resiembra 2015, 9 años	Plantaciones de 5 x 5 m, con un sotobosque dominado por arbustos de <i>Miconia</i> (Melastomataceae), de hasta 4-5 metros de altura. Colinas 600-650 msnm.
Sacha Yaku entre San Pablo de Ushpayaku y Para 6 parcelas.	Plantación de empresa (Balcaosa)	2014 - 2015, 9 y 8 años.	Plantación de chuncho 3x4 m con guayusa intercalada (Sector 13, terreno plano); 200 has. Colinas 600-650 msnm.
Caimito Yacu Terraza río Misahualli, vía a cascadas Anayaku 4 parcelas	Plantación privada D y S.	2020 – 3 años	Plantación mixta de chuncho 3,5x3.5 m intercalada con <i>Gmelina</i> , plántulas provenientes de un vivero de Archidona. Colinas 600 msnm.
Reserva Biológica Colonso Chalupas	SNAP MAATE	Bosque natural	3 árboles de chuncho de gran porte en su ambiente natural, filo de terreno escarpado, 750 msnm.
Pepita de Oro Tena	Plantación mixta privada MM	1998 – 25 años, 2005 – 18 años	Plantación mixta con otras especies arbóreas al margen izquierdo del río Tena. Planicie aluvial reciente, 500 msnm.
Chontaduro	Plantación mixta privada MM	1998 – 25 años, 2005 – 18 años	Plantación mixta con otras especies arbóreas en colina, al margen izquierdo de río, 520 msnm.

5.2.2.2. Condiciones de Sitio y Suelos de las Plantaciones Estudiadas

Las plantaciones estudiadas están en los cantones Tena y Archidona de la provincia de Napo en la Amazonía ecuatoriana. El clima corresponde a las zonas de vida Bosque muy Húmedo Tropical y Bosque muy Húmedo Premontano según la clasificación de Holdridge. La altitud varió desde 350 hasta 800 msnm; la precipitación supera los 4.000 mm/año en todos los sitios estudiados y la temperatura media anual oscila entre 23 y 26° C. La topografía encontrada va de fuerte a ligeramente ondulada y, en algunos casos es plana, resultando un drenaje de moderado a lento en suelos de textura media a fina y drenaje rápido en texturas gruesas. Los suelos son todos relativamente recientes o poco evolucionados, derivados de sedimentos aluviales del Pleistoceno Superior o del Holoceno, clasificándose como Inceptisoles y Entisoles, los primeros en las terrazas de más edad (normalmente de posiciones más altas en el relieve) y los segundos en los aluviones más recientes en las zonas más planas y cercanas a los ríos. Similarmente, el pH varía entre 4,5 y 5,5 en los más evolucionados (Inceptisoles) y entre 5,5 y 6 en los Entisoles. En los sedimentos más recientes y cercanos a los ríos domina la textura franco arenoso, pero también hay suelos finos y en los más alejados y altos (terrazas onduladas) predomina franco a franco arcilloso. El contenido de materia orgánica en el horizonte A1 es medio a alto (más de

4%) y asimismo los contenidos de N (NH₄) y de micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn, B); los de P (Olsen) pueden ser altos o bajos y los contenidos en bases y la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe: suma de cationes) presenta valores bajos a muy bajos. En general, los suelos son de fertilidad baja a media, con limitaciones por alta acidez, baja CICe y deficiencia en bases (Ca, Mg, K). Su fortaleza radica en altos contenidos de materia orgánica y de N (NH₄), atribuibles a la plantación de chuncho (reciclaje de nutrientes y fijación de N). En la RB Colonso Chalupas, Sachayaku y Parayaku el P en el horizonte A1 se encontró alto, en el resto de suelos son bajos contenidos.

En estos suelos es fundamental mantener el reciclaje de materia orgánica mediante el sistema agroforestal y mejorar la fertilidad mediante el aporte de nutrientes vía roca fosfórica micronizada y/o biochar: 1 Kg por árbol al hacer la plantación (doble efecto al mejorar el pH también) y mediante la adición de bioles preparados con microorganismos del bosque natural anualmente los primeros 3 años, luego de cada control de maleza (vía motoguadaña y/o herbicida orgánico).

Junto con la plantación de árboles puede sembrarse maíz, yuca, frijol, plátano y a los dos años puede plantarse cacao, café, guayusa o sacha inchi, también puede sembrarse *Leucaena sp.* o *Gliricidia sp.* entre los arbolitos ya seguramente de más de 1 m de altura y colocar pastos y conformar un sistema silvopastoril (ganado vacuno o caprino). En el acto de plantar cacao, café o cardamomo es recomendable colocar una mezcla de biochar y biocompost (1 Kg) dentro de la holladura y alrededor del arbolito (control de Cadmio). A los tres años repetir análisis de suelos para control. En las tablas 2 y 3 se presentan los resultados de análisis de suelo realizados en las plantaciones.

Tabla N° 2. Resultados del laboratorio de suelo.

	pH	ppm		meq/100mL			ppm					
		NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
AT EB 0-20	4.53 MAc RC	40.15 A	2.46 B	0.15 B	1.42 B	0.62 B	5.29 B	3.29 M	6.95 A	270.4 A	8.47 M	0.23 B
AT EB 20-40	4.94 MAc RC	53.19 A	1.07 B	0.04 B	0.97 B	0.40 B	4.68 B	1.27 B	5.57 A	200.1 A	4.62 B	0.18 B
AT PR 0-20	4.41 MAc RC	73.67 A	5.74 B	0.11 B	1.21 B	0.51 B	1.27 B	3.13 M	11.28 A	249.3 A	8.00 M	0.32 B
AT PR 20-40	5.14 Ac RC	38.91 M	3.82 B	0.06 B	1.02 B	0.4 B	1.47 B	1.08 B	9.23 A	208.3 A	3.55 B	0.16 B
CHONTA PUNTA VL 0-20	5.33 Ac RC	52.61 A	6.46 B	0.21 M	14.95 A	3.78 A	3.64 B	4.56 M	3.14 M	178.5 A	29.51 A	0.48 B
CHONTA PUNTA VL 20-40	5.56 MeaC	47.73 A	8.35 B	0.11 B	9.06 A	4.78 A	1.42 B	2.30 M	3.63 M	245.2 A	15.87 A	0.35 B
AHUANO EC 0-20	4.64 MAc RC	66.31 A	9.26 B	0.11 B	2.18 B	0.52 B	1.49 B	2.54 M	3.21 M	376.6 A	22.05 A	0.35 B

AHUANO EC 20-40	4.70 MAc RC	53.56 A	1.07 B	0.06 B	1.97 B	0.53 B	1.75 B	1.90 B	2.65 M	305.3 A	11.70 M	0.34 B
ANZU PL 0-20	5.12 Ac RC	74.40 A	3.87 B	0.14 B	3.16 B	0.85 B	2.21 B	1.88 B	4.61 A	210.3 A	5.24 M	0.23 B
ANZU PL 20-40	5.77 MeAc	26.01 M	2.50 B	0.06 B	1.39 B	0.42 B	1.27 B	0.74 B	3.11 M	121.0 A	1.47 B	0.32 B
SACHAYAKU (BALCAOSA) PARAYAKU 0-20	5.60 MeAc	75.83 A	63.01 A	0.17 B	9.18 A	0.90 B	6.11 B	6.44 M	4.83 A	213.6 A	19.20 A	0.29 B
SACHAYAKU PARAYAKU 20 - 40	5.62 MeAc	29.89 M	69.51 A	0.06 B	3.16 B	0.51 B	2.73 B	2.81 M	4.16 A	206.0 A	9.33 M	0.18 B
CAIMITO YAKU 0-20	5.67 MeAc	51.96 A	4.16 B	0.12 B	1.28 B	0.49 B	4.85 B	1.18 B	4.12 A	200.2 A	3.05 B	0.21 B
CAIMITO YAKU 20-40	5.41 Ac RC	21.21 M	9.80 B	0.06 B	0.92 B	0.43 B	2.03 B	0.87 B	4.06 A	92.8 A	1.15 B	0.19 B
COLONSO 0-20	5.78 MeAc	97.75 A	21.83 A	0.22 M	1.50 B	0.62 B	14.6 4 M	2.27 M	2.63 M	176.5 A	17.80 A	0.58 M
COLONSO 20-40	4.84 MAc RC	66.03 A	3.65 B	0.09 B	0.78 B	0.42 B	7.35 B	1.72 B	1.62 M	502.8 A	9.30 M	0.30 B
PARAYAKU 0-20	5.29 Ac RC	101.4 A	28.66 A	0.18 B	7.48 M	0.89 B	5.68 B	11.0 A	6.23 A	259.6 A	15.93 A	0.27 B
PARAYAKU 20-40	5.47 Ac RC	33.51 M	6.32 B	0.04 B	1.78 B	0.42 B	1.26 B	4.62 M	6.22 A	230.8 A	6.62 M	0.20 B
YANAYACU 0-20	5.07 Ac RC	92.91 A	6.08 B	0.13 B	4.57 M	1.58 M	1.23 B	6.0 M	4.67 A	396.1 A	17.80 A	0.29 B
YANAYACU 20-40	5.0 MAc RC	34.61 M	0.82 B	0.05 B	4.12 M	1.03 M	1.30 B	2.52 M	3.75 M	233.4 A	26.43 A	0.24 B

pH: MeAc = Medianamente Ácido; Ac = Ácido; MAc = Muy Ácido; RC = Requiere Cal; B: Bajo; M: Medio; A: Alto

Tabla N° 3. Textura. Materia orgánica, Bases y relaciones Calcio-Magnesio, Magnesio Potasio y Calcio + Magnesio - Potasio.

	Arena	Limo	Arcilla	Clase textural	MO %	Suma Bases meq/100 mL	Ca/Mg	Mg/ K	Ca+Mg/ K
AT EB 0-20	61	29	10	Franco	17.98 A	2.19	2.29 M	4.13 M	13.60 M
AT EB 20-40	61	33	6	Franco- Arenoso	9.01 A	1.41	2.42 M	10.00 M	34.25 M

AT PR 0-20	45	47	8	Franco	15.41 A	1.83	2.37 M	4.64 M	15.64 M
AT PR 20-40	49	43	8	Franco	8.51 A	1.48	2.55 M	6.67 M	23.67 M
CHONTA PUNTA VL 0-20	29	43	28	Franco- Arcilloso	5.36 A	18.94	3.96 M	18.00 A	89.19 A
CHONTA PUNTA VL 20-40	29	43	28	Franco- Arcilloso	0.79 B	13.95	1.90 B	43.45 A	125.82 A
AHUANO EC 0-20	39	35	26	Franco	4.61 M	2.61	4.19 M	4.73 M	24.55 M
AHUANO EC 20-40	35	27	34	Franco- Arcilloso	3.09 B	2.56	3.72 M	8.83 M	41.67 M
ANZU PL 0-20	51	41	8	Franco	9.16 A	4.15	3.72 M	6.07 M	28.64 M
ANZU PL 20-40	63	33	4	Franco - Arenoso	2.21 B	1.87	3.31 M	7.00 M	30.17 M
SACHAYAKU 1 (BALCAOSA) PARAYAKU 0-20	41	43	16	Franco	7.77 A	8.55	8.40 A	4.94 A	46.50 M
SACHAYAKU 1 (BALCAOSA) PARAYAKU 20-40	45	39	16	Franco	5.89 A	2.24	4.24 M	10.50 A	55.00 A
YANAYACU 0-20	37	33	30	Franco- Arcilloso	8.00 A	6.28	2.89 M	12.15 A	47.31 M
YANAYACU 20-40	33	21	46	Arcilloso	2.62 B	5.20	4.00 M	20.60 A	103.00 A
SACHA YAKU 0-20	49	46	5	Franco - Arenoso	12.29 A	10.25	10.20 A	5.29 M	59.29 A
SACHAYAKU Cima 20 - 40	49	46	5	Franco - Arenoso	6.88 A	3.73	6.20 M	8.50 M	61.17 A
CAIMITO YAKU 0-20	59	34	7	Franco - Arenoso	8.89 A	1.89	2.61 M	4.08 M	14.75 M
20-40	48	46	6	Franco - Arenoso	5.85 A	1.41	2.14 M	7.17 M	22.50 M

COLONSO 0-20	71	24	5	Franco - Arenoso	17.64 A	2.34	2.42 M	2.82 M	9.64 B
20-40	71	24	5	Franco - Arenoso	7.88 A	1.29	1.86 B	4.67 M	13.33 M

En los siguientes párrafos, para cada sitio - propietario, se sintetiza la información descriptiva de cada plantación con los resultados calculados a partir de los datos levantados en las parcelas. El primer cuadro resume datos dasonómicos medidos (diámetro, altura) y cálculos volumétricos y de incremento. Un segundo cuadro muestra los resultados prorrateados a porcentaje de las variables cualitativas (posición sociológica, calidad y estado fitosanitario).

5.2.2.3. Plantación E. B. (8,5 años) en Alto Tena

En Alto Tena, zona rural colindante con la Reserva Biológica Colonso-Chalupas, y cercana a la Universidad Regional Amazónica Ikiam, se realizaron evaluaciones de la especie chuncho en tres sitios: dos plantaciones en áreas rurales de propietarios privados y un sitio de bosque natural dentro de la Reserva Biológica (árboles centenarios).

La plantación Alto Tena E.B. se encuentra en la cuenca media del río Colonso, en la margen derecha del cauce a unos 5 km de la base de la cuenca alta, y tiene un área de 4,34 ha, fue establecida en 2014/15. La misma es accesible por la vía a Alto Tena, sector del Campus de Ikiam, a unos 30 minutos de caminata en dirección Oeste, en la margen derecha del río Colonso.

El área es de topografía fuertemente ondulada, con pendientes de 5-10% en las cimas y depresiones y de 10 a 50% en las laderas (buen drenaje), que ocupan la mayor parte de la plantación. Los suelos son franco a franco arenosos, alto contenido en materia orgánica, muy ácidos y de bajo contenido en P y bases cambiables, resultando de baja fertilidad. Se asume que el ciclo de la materia orgánica en el ecosistema y la eficiente micorrización posibilitan el desarrollo de la plantación. Sería recomendable aplicar roca fosfórica micronizada (1 Tn/ha).

Localidad: Cantón Tena. Parroquia Alto Tena, sector aledaño a Ikiam. Cuenca del río Colonso.

Propietario: Sr. E. B. Coordenadas geográficas: 0948826 y 77.326172. Altura: 630 msnm.

Detalles de la plantación: edad 8,5 años, fecha de plantación marzo 2014 a enero 2015, distanciamiento 3 x 4 m. Total en 4,34 ha: 3676 árboles.

Parcelas y Fecha de levantamiento: Se realizaron 7 parcelas de 9 árboles (108 m²) el día 20 y 25 de enero de 2023.

Tabla N° 4. Síntesis de resultados cuantitativos Alto Tena E.B., extrapolados por hectárea.

Árboles /ha	DAP medio (cm)	IMA-DAP (cm/año)	AB (m ² /ha)	Fuste (m)	IMA-Fuste (m)	Vol (m ³ /ha) Fm: 0.7	IMA-VOL (m ³ /ha/año)
847	20	2,35	26,58	8	1	148,8	17.5

DAP: diámetro medio a 1.3 m altura; IMA-DAP: incremento medio anual DAP; AB: área basal en m²; Fuste: altura comercial media del tronco; IMA fuste: incremento medio anual fuste; Vol: Volumen de fustes; IMA-VOL: incremento volumétrico anual.

Resultados generales del inventario:

En las 7 parcelas (756 m²) se encontraron 64 árboles de chuncho, ninguno muerto. Extrapolado por hectárea resultan 847 árboles/ha de chuncho y 13 árboles de otras especies (regeneración espontánea).

El diámetro medio alcanzado en 8,5 años de 20 cm con un incremento medio anual en diámetro de 2,35 cm/año se puede calificar de muy bueno, lográndose alcanzar 26,6 m²/ha de área basal, pero al distribirse en un alto número de fustes no resulta en la mejor dimensión de árbol. Ello requiere correcciones. Por su parte, el incremento anual en altura del tronco de 1 m resulta también muy satisfactorio; todo lo cual deriva en un incremento en volumen de fuste de 17,5 m³/año sumando la totalidad de 847 árboles/ha. Por la alta densidad de plantación, cada árbol dispone actualmente de solo 12 m² de espacio.

La altura total promedio de los 64 árboles fue de 12,8 metros, y el promedio del árbol más alto por parcela fue de 17 m (índice de sitio).

Los parámetros relativos a la posición que ocupan los árboles en el estrato vertical, así como la calidad y el estado fitosanitario son:

Tabla N° 5. Resultados cualitativos para la plantación Alto Tena - E. B.

Parcelas 7	# A	Posición Sociológica %			Calidad %			Estado Fitosanitario		
		E	D	S	0	1	2	0	1	2
% Pondera do	64	24,3	58,3	17,4	37,4	55,3	7,3	13,6	82	4,4

Posición Sociológica donde las categorías son: **E:** Emergente (árboles que sobresalen del dosel del bosque; **D:** Los árboles que ocupan el dosel del bosque (cobertura de copas continua), también denominados codominantes; **S:** Suprimidos, los árboles que ocupan los estratos inferiores del bosque, todos aquellos por debajo del dosel (D). Calidad, donde las categorías incluyen a 0: árboles rectos, sin malformaciones, 1: árboles ligeramente arqueados, 3: árboles de fuste poco recto. Estado fitosanitario: 0: árbol sano, sin ataques; 1: ligeramente afectado y 2: árbol con ataques y con evidencias de ataques.

La posición sociológica muestra a un bosque variable en su estructura sociológica con 58,3 % de árboles dominantes (D), un significativo porcentaje de árboles emergentes (24,3 %) y un 17,4 por ciento de árboles suprimidos, los cuales deberían ser objeto de aprovechamiento temprano (raleo).

En cuanto a clases de calidad: excelente 37,4% de los árboles, media 55,3% (fuste ligeramente desviado) y 7% calidad inferior. En cuanto al estado fitosanitario un 13,6 % de los árboles se encuentran en excelente estado fitosanitario, un 82 % están levemente afectados, mayormente por daños en la corteza causados por hongos; y un 4,4 % de los árboles presentan afectaciones considerables por las cuales deberían ser extraídos.

Es altamente probable que la actual densidad de plantación no permita el desarrollo del fuste en las dimensiones mínimas requeridas, debido a la competencia entre copas por la luz y a la competencia entre sistemas radicales por los nutrientes del suelo. El objetivo del manejo de la plantación es concentrar la capacidad del sitio en el número más adecuado de árboles para

obtener el mayor rendimiento posible en volumen y en las dimensiones de la madera aserrada que garantice el mejor precio posible de la madera a obtener. No es lo mismo 150 m³ en tabloncillos de 20 cm de ancho que 150 m³ en tabloncillos de 15 cm o menos de ancho. Otro aspecto importante a considerar es la proporción de duramen y albura, la que en árboles delgados es más desfavorable que en árboles más gruesos.

En atención a ello, se sugiere realizar de inmediato un aclareo del 30% de los árboles para eliminar los suprimidos, los de baja calidad del fuste y los afectados por enfermedades. Ello permitirá reducir la densidad a aproximadamente 600 árboles/ha. En 4 años debería evaluarse nuevamente la plantación y tomar la decisión sobre el segundo raleo. El turno podría prolongarse a los 20-25 años para aumentar los beneficios a obtener (volumen y calidad).

5.2.2.4. Plantación P. R. (6,5 años)

En los límites de la cuenca media y alta del río Tena, sector Shitig, a un lado de la vía, se encuentra un sistema agroforestal o plantación mixta de chuncho, con cacao y vainilla, de aproximadamente 4 ha. El área es plana (menos de 5% de pendiente), tendiendo a la saturación del suelo en las horas posteriores a fuertes lluvias, sin embargo, la textura favorece el drenaje.

Localidad: Cantón Tena. Parroquia Alto Tena. Cuenca media del río Tena. Propietario: Sr. P. R. Coordenadas geográficas: 0948826 y 77.326172, Altura: 690 msnm. Edad 6,5 años, fecha de plantación julio de 2016. Distanciamiento: 4 x 4, resultando una densidad inicial de plantación de 625 árboles/ha. Se realizaron 9 parcelas el día 26 y 27 de enero de 2023.

Tabla N° 6. Resultados dasonómicos para la plantación Alto Tena - P R.

Árboles /ha	DAP medio (cm)	IMA-DAP (cm/año)	AB (m ² /ha)	Fuste (m)	IMA-Fuste (m)	Volumen (m ³ /ha) fm: 0.7	IMA-Vol m ³ /ha/año
594	19,0	2,9	16,8	7,5	1,15	88,4	13,6

DAP: diámetro a 1.3 m altura; IMA-DAP: incremento medio anual DAP; AB: área basal en m²; Fuste: altura comercial media del tronco; IMA-fuste: incremento medio anual fustes; Volumen de fustes; IMA-Vol: incremento volumétrico anual.

Resultados generales del inventario en Alto Tena:

Número de árboles medidos en 9 parcelas de 144 m² (1296 m²): 77 árboles, lo cual promedia 594 árboles/ha de chuncho. Se registró 19 árboles de otras especies (18 cacaos y 1 pitón) lo que se extrapola a 139 árboles/ha de otras especies. La altura total media fue de 14,16 m.

Los parámetros relativos a la posición que ocupan los árboles en el estrato vertical, así como la calidad y el estado fitosanitario se presentan a continuación.

Tabla N° 7. Resultados cualitativos para la plantación Alto Tena - P R (ponderados por ha)

		Posición Sociológica %	Calidad %	Estado Fitosanitario

Parcela	# A/ha	E	D	S	0	1	2	0	1	2
%	594	21	49	20	51	30	9	58	20	5

Posición Sociológica donde las categorías son: **E**: Emergente (árboles que sobresalen del techo del bosque; **D**: Los árboles que ocupan el Dosel del bosque, el techo continuo, también denominados codominantes; **S**: Suprimidos, los árboles que ocupan los estratos inferiores del bosque, todos aquellos por debajo del dosel (D). Calidad, donde las categorías incluyen a **0**: árboles rectos, sin malformaciones. Estado fitosanitario: **0**: árbol sano, sin ataques; **1**: ligeramente afectado y **2**: árbol con evidencias de ataques.

En esta plantación 20 árboles/ha aparecen suprimidos, por lo que debieran extraerse y liberar espacio para el desarrollo del resto de árboles de chuncho (574/ha) y los de cacao y pitón (139/ha).

Descripción del perfil del suelo Alto Tena P.R. Fecha: 27 de enero de 2023

Plantación de chuncho (Shitig) plantado en julio de 2016 (6,5 años)

Relieve plano, suelo cubierto por mantillo orgánico o capa de hojas recién caídas (90 %) (menos de 2 meses), seguida de 0,5 cm de hojas fragmentadas. Sigue una malla muy densa de raicillas color rojizo del chuncho (0-5 cm) y debajo de 5 cm, raíces medias con tendencia al crecimiento horizontalizado.

Perfil	Descripción
A11 0 - 16	Color pardo muy oscuro (10 YR 3/2); Materia orgánica 15% y pH 4,4; bases cambiables y P muy bajos. Suelo húmedo, raicillas muy abundantes, 1% grava fina muy suave (granito). Textura Franco (8% arcilla, 47% limo, 45% arena fina y muy fina). Estructura granular fina - 3mm, fuerte.
A12 16 - 32	Color pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2); Suelo húmedo, raicillas finas frecuentes. Textura Franco (49% arena fina). Estructura blocosa angular fina muy débil, ligeramente compacto.
A13 32 - 62	Color pardo (10 YR 3/3); Suelo húmedo, raíces frecuentes, horizontalizadas. Textura franco arenosa muy fina, 5% arena gruesa. Estructura granular muy fina, moderada.
AC 62 - 86	Color: 10 YR 4/4; Suelo saturado, textura franco (15% arcilla, 35% limo y 50% arena fina), estructura masiva. Pocas raíces.
C 86 - 120 +	Color pardo amarillento (10 YR 5/3); suelo saturado, textura franco (15% arcilla, 30% limo y 55% arena fina), con 1 % grava gruesa muy dura. Estructura masiva.

Suelo con alto contenido en materia orgánica, pero de baja fertilidad y muy ácido. El perfil muestra saturación creciente a partir de los 70 cm; durante fuertes lluvias la saturación asciende hasta los 18 cm. Las raicillas están concentradas mayormente en los primeros 16 cm y a partir de los 50 cm se observaron muy pocas raicillas en el barrenamiento. Ello es indicativo de

restricciones por drenaje al desarrollo vertical del sistema radical. Requiere enmienda del pH y fertilización, se sugiere aplicar roca fosfórica micronizada.

5.2.2.5. Chontapunta - V L (5 años)

En la cuenca del río Umu Yaku (Umu es una especie de ave en Kichwa), se encuentra una plantación de aproximadamente 4 has. Localidad: Cantón Tena. Parroquia Chontapunta, sector Unión Cívica. Cuenca del río Umu Yaku. Propietario: Sr. V. L. Coordenadas geográficas: - 0.948826, -77.326172 Altura: 324 msnm. Detalles de la plantación: Con fecha de plantación en marzo de 2018, alcanzó 5 años de edad. Su distanciamiento: 4 x 4 m, para un total de 625 árboles iniciales por hectárea. Es la plantación a menor altitud y por lo tanto de clima más cálido (mayor evapotranspiración).

El área es plana (menos de 5% de pendiente), a 100 m de distancia del río y a menos de 2 m de elevación sobre su nivel normal. Corresponde a una terraza (material aluvial reciente) y a un suelo del orden Entisoles (fluvaquent franco arcilloso) de alto contenido en materia orgánica, en N y en bases cambiables, pH 5,3-5,6, resultando un suelo relativamente fértil, salvo la deficiencia en P soluble. Un sector de la plantación se ubica en una depresión de unos 30-40 cm de desnivel, afectando visiblemente su desarrollo, debido al drenaje deficiente en las temporadas más lluviosa.

Parcelas y Fecha de levantamiento: Se realizaron 6 parcelas el día domingo 22 de enero de 2023.

Resultados generales del inventario:

Tabla N° 8. Resultados dasonómicos para la plantación Chontapunta V.L.

Árboles /ha	DAP medio (cm)	IMA-DAP (cm/año)	AB (m ² /ha)	Fuste (m)	IMA Fuste (m)	Vol (m ³ /ha) fm: 0.7	IMA volumen (m ³ /ha/año)
556	13,0	2,6	7,38	6,7	1,34	34,6	6,92

DAP: diámetro medio a 1.3 m altura; IMA-DAP: incremento medio anual DAP; AB: área basal en m²; Fuste: altura comercial media del tronco; IMA fuste: incremento medio anual fuste; Vol: Volumen de fustes; IMA-VOL: incremento volumétrico anual.

El fuste comercial (FU) medio alcanzó a 6,7 m y la altura total media fue de 9,9 m.

Los parámetros relativos a la posición que ocupan los árboles en el estrato vertical, así como la calidad y el estado fitosanitario son:

Tabla N° 9. Resultados cualitativos para la plantación Chontapunta V.L. (ponderados a ha)

Parcela	# A/ha	Posición Sociológica %			Calidad %			Estado Fitosanitario		
		E	D	S	0	1	2	0	1	2
%	556	4	78	19	61	24	15	74	19	7

Posición Sociológica donde las categorías son: **E:** Emergente (árboles que sobresalen del techo del bosque; **D:** Los árboles que ocupan el Dosel del bosque, el techo continuo, también denominados codominantes; **S:** Suprimidos, los árboles que ocupan los estratos inferiores del bosque, todos aquellos por debajo del dosel (D). Calidad, donde las categorías incluyen a **0:** árboles rectos, sin malformaciones. Estado fitosanitario: **0:** árbol sano, sin ataques; **1:** ligeramente afectado y **2:** árbol con evidencias de ataques.

Número de árboles medidos en 6 parcelas de 144 m² (864 m²): 48 árboles, lo cual promedia 556 árboles por ha. Se registraron 5 árboles muertos o ausentes para un total de 57 árboles muertos o ausentes por ha. Otras especies suman 17 árboles por hectárea.

La posición sociológica revela que el bosque es uniforme con 78 % de árboles codominantes (D), con pocos árboles emergentes (solo 4 %) y aproximadamente alrededor del 20 por ciento de árboles en el estrato de árboles suprimidos. Este porcentaje se puede deber a la reposición de árboles en el segundo año y también a las condiciones de sitio de mal drenaje en una de las parcelas.

En cuanto a calidad un promedio de 61 % es un resultado bueno en la evaluación con un 24 % de árboles ligeramente afectados y un 15% con calidad inferior. En cuanto a estado fitosanitario más del 74 % de los árboles se encuentran en excelente estado fitosanitario. Estando cerca del 19 % ligeramente afectados por agentes que comprometen su estado. Un 7 % de la masa arbórea necesitaría atención para mejorar el estado fitosanitario.

Un sector de la plantación mejoraría con la implementación de drenaje. Es necesario realizar un raleo y extraer los árboles enfermos y defectuosos.

5.2.2.6. Ahuano - E. C.

En la planicie del río Napo, a la altura de Ahuano, se encuentra un sistema agroforestal de 2 hectáreas con café y otras especies (guarumo, laurel, chiri, guayusa, banano, chonta) con algunos árboles aislados de chuncho. Localidad: Provincia Napo, Cantón Tena. Parroquia Ahuano, sector Lotización de A. H. Propietarios: Sra. E.C. y Sr. F. G. Coordenadas geográficas: -1°2'55", -77°33' 0", Altura: 400 msnm.

El suelo es de topografía plana (terrazza de río), del orden Inceptisoles, textura franco a franco arcilloso, pH muy ácido (4,5), contenido medio de materia orgánica y bajo contenido en P y bases cambiables, resultando un suelo de baja fertilidad.

Detalles de la plantación: Plantada en 2016, la plantación se aproxima a los 7 años de edad. El distanciamiento: es irregular con las demás plantas de la chakra, el estimado es de 25 x 20 metros para una densidad de 20 árboles por hectárea. La pendiente del terreno es de 10 a 12 %. Se realizaron 3 parcelas el día 01 de febrero de 2023.

Resultados generales del inventario:

Tabla N° 10. Resultados dasonómicos para la plantación El Ahuano E.C.

Árboles /ha	DAP medio (cm)	IMA-DAP (cm/año)	AB (m ² /ha)	Fuste (m)	IMA-Fuste (m)	Vol (m ³ /ha) fm: 0.7	IMA-Vol (m ³ /ha/ año)
20	25,6	3,7	1,0	9,7	1,39	6,79	0,97

DAP: diámetro medio a 1.3 m altura; IMA-DAP: incremento medio anual DAP; AB: área basal en m²; Fuste: altura comercial media del tronco; IMA fuste: incremento medio anual fuste; Vol: Volumen de fustes; IMA-VOL: incremento volumétrico anual.

Número de árboles medidos en 3 parcelas de 500 m²: 1 árbol/parcela, lo cual promedia 20 árboles por ha. Otras especies suman por hectárea 1100 árboles, la mayoría arbustos de café. El fuste comercial medio (FU) alcanzó a 9,7 m, y la altura total promedio a 15,3 m.

Los parámetros relativos a la posición que ocupan los árboles en el estrato vertical, así como la calidad y el estado fitosanitario son:

Tabla N° 11. Resultados cualitativos para la Chakra Ahuano - E C.

Parcela	# A/ha	Posición Sociológica %			Calidad %			Estado Fitosanitario		
		E	D	S	0	1	2	0	1	2
%	20	100	0	0	33	67	0	100	0	0

Posición Sociológica donde las categorías son: **E**: Emergente (árboles que sobresalen del techo del bosque; **D**: Los árboles que ocupan el Dosel del bosque, el techo continuo, también denominados codominantes; **S**: Suprimidos, los árboles que ocupan los estratos inferiores del bosque, todos aquellos por debajo del dosel (D). Calidad, donde las categorías incluyen a **0**: árboles rectos, sin malformaciones. Estado fitosanitario: **0**: árbol sano, sin ataques; **1**: ligeramente afectado y **2**: árbol con daños por plagas o enfermedades.

La posición sociológica de los árboles en un cafetal es la de emergente, sin árboles suprimidos. El café y otras plantas, predominantemente del estrato inferior, alcanzan en este emprendimiento agroforestal a 1100 árboles / ha (café dominante, banano, chonta, guayusa), estimándose 20 árboles /ha de chuncho.

En cuanto a calidad un promedio de 33 % es excelente; con un 67 % de árboles con calidad ligeramente afectada por falta de rectitud en el tronco. En cuanto a estado fitosanitario el 100 % de los árboles se encuentran en excelente estado fitosanitario.

Descripción del perfil del suelo - Ahuano

Chakra de Sra Estela Cerda y Sr. Francisco Greña. Árboles dispersos de chuncho con café y otros árboles y arbustos acompañantes (laurel, guarumo, chonta, banano, guayusa)

Perfil	Descripción
A1 0 - 24	Color pardo (10 YR 4/6); raicillas muy densas de 0 - 7 cm, sistema radical superficial de raíces muy finas, abundantes hasta 17 cm. Textura franca (12% arcilla, 30% limo, 58 % arena fina), material friable. Estructura granular fina moderada
AB 24- 50	Color pardo amarillento (10 YR 5/4); Suelo húmedo, Textura franco arcillosa (25 % arcilla, 45% limo, 30% arena), sin grava. Ligeramente compacto, Estructura blocosa subangular fina cerrada
B21g 50 - 75	Color: 50 % 7,5 YR 10/4; 30% 2,5 YR 6/6; 20% 2,5 YR 6/1 Textura franco arcillosa (40 % arcilla, 30% limo, 30% arena fina y media), compacto. Estructura granular muy fina, moderada. Saturación frecuente.

B22g 75 - 100 +	Color: 85% 2,5 YR 6/1; 15 % 2,5 YR 4/8 rojo Textura arcillosa (60% arcilla, 20% limo y 20% arena fina), muy compacto. Estructura masiva. Saturación prolongada durante el año. Muy húmedo.
IIC 86 - 120 +	Color: 10 YR 5/3; Suelo saturado, Textura franco arenosa (15% arcilla, 25% limo y 60% arena fina); 1 % grava, gruesa muy dura. Estructura masiva.

Los sistemas radicales disponen de 50 cm de suelo bien drenado, pese al relieve casi plano. A 50 cm aumenta el nivel de arcilla y saturación por agua de lluvia.

5.2.2.7. Valle del Río Anzu - P L (7 años)

En la margen derecha del río Napo está la cuenca del río Anzu. Allí se encuentra una plantación de chuncho combinados con cacao y otras especies (yuca, cúrcuma), conformando un sistema agroforestal de aproximadamente 2 ha.

Localidad: Provincia Napo, Cantón Tena. Parroquia rural Puerto Napo, sector de la margen derecha del Río Anzu. Propietario: Sr. P.L. Coordenadas geográficas: -0.948826, -77.326172, Altura 450 msnm.

Detalles de la plantación: edad 7 años, plantada en 2016. El distanciamiento del chuncho es de 10 x 10 metros (100 árboles/ha), con plantas de cacao intercalados a 4 x 4 m (625 cacaos). La pendiente del terreno es menor a 5%. Se trata de una terraza aluvial reciente, de suelos Entisoles, Fluvaquents franco, bajo en materia orgánica, pH ácido, bajo en P y bases cambiables, resultando un suelo de baja fertilidad. Sería recomendable la aplicación de roca fosfórica micronizada (1 Tn/ha).

Parcelas y Fecha de levantamiento: Se realizaron 7 parcelas los días 01 y 02 de febrero de 2023.

Tabla N° 12. Resultados dasonómicos para la plantación de chuncho con cacao de Anzu P L.

Árboles /ha	DAP medio (cm)	IMA-DAP cm/año	AB (m ² /ha)	Fuste medio (m)	IMA-fuste (m)	Vol (m ³ /ha) fm: 0.7	IMA-VOL (m ³ /ha/año)
100	32	4,6	8.0	3,8	0,54	21,3	3,04

DAP: diámetro medio a 1.3 m altura; IMA-DAP: incremento medio anual DAP; AB: área basal en m²; Fuste: altura comercial media del tronco; IMA fuste: incremento medio anual fuste; Vol: Volumen de fustes; IMA-VOL: incremento volumétrico anual.

Número de árboles de chuncho medidos en 7 parcelas de 700 m²: 7 árboles, lo cual promedia 100 árboles por ha. El fuste promedio alcanza a 3,8 m de altura y la altura total media es de 14,7 m. La altura mayor medida fue de 21 m.

Tabla N° 13. Resultados cualitativos para la Chakra Ahuano - E C.

		Posición Sociológica %	Calidad %	Estado Fitosanitario

Parcela	# A/ha	E	D	S	0	1	2	0	1	2
% Ponderad o	100	100	0	0	33	67	0	100	0	0

Posición Sociológica donde las categorías son: **E**: Emergente (árboles que sobresalen del techo del bosque; **D**: Los árboles que ocupan el Dosel del bosque, el techo continuo, también denominados codominantes; **S**: Suprimidos, los árboles que ocupan los estratos inferiores del bosque, todos aquellos por debajo del dosel (D). Calidad, donde las categorías incluyen a **0**: árboles rectos, sin malformaciones. Estado fitosanitario: **0**: árbol sano, sin ataques; **1**: ligeramente afectado y **2**: árbol con evidencias de ataques.

La posición sociológica de los árboles de chuncho es naturalmente emergente, al sobresalir sobre la plantación de cacao de máximo 3 m de altura. Sin embargo, destaca el hecho de que sólo un árbol alcanzó una altura total excepcional de 21 m, con 10 m de fuste, seguido por dos árboles de 5 y 4 metros de altura de fuste, con 13 y 16 metros de altura total, respectivamente. Los otros 4 árboles desarrollaron una amplia copa con ramas gruesas a alrededor de 2 m de altura desde el suelo. Ello parece sugerir que, aunque los chunchos crezcan a cielo abierto sin competencia por luz y la mayoría despliega una amplia copa, puede haber algunos que desarrollan un tronco recto y cilíndrico sin ramas en alrededor del 50% de la altura total. La altura total menor fue de 11 m, con sólo 2 metros de fuste hasta la primera ramificación fuerte.

En cuanto a calidad un promedio de 29 % están excelentes y un 57 % de árboles ligeramente arqueados y un 14 % con calidad inferior por falta de rectitud en el tronco.

En cuanto a estado fitosanitario el 86 % de los árboles se encuentran en excelente estado fitosanitario. El 14 % ligeramente afectado.

Descripción del perfil del suelo - Valle del río Anzu - PL

Fecha: 1 de febrero de 2023

Plantación del Sr. P L. Árboles de chuncho a distanciamiento de 10 x 10 con cacao a 4 x 4 y en el piso herbáceo hay macollas de cúrcuma. Suelo plano, oscuro, arenoso.

En las vegas del río Anzu se encuentra una cantera de material no metálico del municipio.

Perfil	Descripción
A11 0 - 20	Color pardo muy oscuro (10 YR 3/2); malla de raíces de 0 - 18 cm Textura franca (la fracción arena es muy fino), moderadamente seco Estructura granular fina fuerte.
A12 20- 40	Color pardo oscuro (10 YR 3/3); Suelo húmedo, Textura franco arenosa media, ligeramente compacta, coherente, muy friable. Raíces frecuentes.
IIC1 40 - 100	Color pardo amarillento grisáceo (7,5 YR 4/1); muy húmedo Textura arenosa gruesa, 5 % grava fina. Grano suelto. Raíces moderadas.
IIIC2 100 - 120 +	Color pardo amarillento grisáceo (7,5 YR 4/1); saturado; 20 % moteo anaranjado; pocas raicillas. Textura franco arcillo arenosa (22% arcilla, 20% limo y 58% arena fina y media).

5.2.2.8. Yana Yaku - D (8 años)

En esta propiedad se encuentra una de las plantaciones de chuncho más extensas, también hay un sector plantado con melina, ambos suman una superficie en conjunto de aproximadamente 120 has.

Localidad: Cantón Archidona,. Parroquia Cotundo, sector en la vía a las Cascadas de Yana Yaku. Cuenca del río Misahuali. Propietario: Señor D. Coordenadas geográficas: -0.882157, -77.790453 (P4); -0.8824250, -77.7904340 (P5); 0.881875, -77.7897430 (P6); -0.881914, -77.78974340 (P7); Altura: 580 msnm.

Detalles de la plantación: Edad 8 años, fue plantada en el 2015; distanciamiento: 4 x 4 metros para una densidad inicial de plantación de 625 árboles por hectárea.

Parcelas y Fecha de levantamiento: Se realizaron 6 parcelas el día domingo 21 y 22 de febrero de 2023. Resultados generales del inventario en Yana Yaku:

Tabla N° 14. Resultados dasonómicos para la plantación de chuncho con cacao de Yana Yaku (Cotundo).

Árboles /ha	DAP (cm)	IMA-DAP (cm/año)	AB (m ² /ha)	Fuste (m)	IMA-Fuste (m)	Vol (m ³ /ha) fm: 0.7	IMA-Vol (m ³ /ha/año)
399	20,9	2,6	18,8	8,2	1,0	154,2	19,27

DAP: diámetro medio a 1.3 m altura; IMA-DAP: incremento medio anual DAP; AB: área basal en m²; Fuste: altura comercial media del tronco; IMA fuste: incremento medio anual fuste; Vol: Volumen de fustes; IMA-VOL: incremento volumétrico anual.

Fueron medidos 46 árboles en 8 parcelas con un total de superficie de 1.152 m², lo que resulta en 399 árboles/ha. La altura media del fuste fue de 8,2 m y la altura total media fue de 13,1 m. La altura mayor fue 14 m. El volumen de fustes alcanza a 154,2 m³/ha. El incremento medio anual en volumen resultó así en 19,27 m³/ha/año.

Tabla N° 15. Resultados cualitativos para la plantación Yana Yaku.

Parcela	# A/ha	Posición Sociológica %			Calidad %			Estado Fitosanitario		
		E	D	S	0	1	2	0	1	2
%	548	5,5	66,4	28	51,3	39	8,4	68,4	28,1	2,1

Posición Sociológica donde las categorías son: **E:** Emergente (árboles que sobresalen del techo del bosque; **D:** Los árboles que ocupan el Dosel del bosque, el techo continuo, también denominados codominantes; **S:** Suprimidos, los árboles que ocupan los estratos inferiores del bosque, todos aquellos por debajo del dosel (D). Calidad, donde las categorías incluyen a **0:** árboles rectos, sin malformaciones. Estado fitosanitario: **0:** árbol sano, sin ataques; **1:** ligeramente afectado y **2:** árbol con evidencias de ataques.

La posición sociológica revela que el bosque es uniforme con 66,4 % de árboles dominantes, con pocos árboles emergentes (5,5 %) y aproximadamente alrededor del 28 % de árboles en el estrato de árboles suprimidos. Se observó algunos árboles descopados por efecto de ráfagas de viento durante tormentas. También parece haber habido reposición de árboles algún tiempo luego de la plantación inicial, ambos efectos derivan en árboles con retraso en el crecimiento (suprimidos).

En cuanto a calidad un promedio de 51,3 % son de buena calidad y un 39 % de árboles con calidad ligeramente afectada y un 8,4 % con calidad inferior.

En cuanto a estado fitosanitario más del 68,4 % de los árboles se encuentran en excelente estado fitosanitario. Estando el 28,1 % ligeramente afectados por agentes que comprometen su estado. Un 2,1 % de los árboles están afectados sanitariamente.

Descripción del perfil del suelo – Yana Yaku

Fecha: 22 de febrero de 2023

Plantación del Sr. D, esta descripción fue realizada en la parcela 5, ubicada en la parte baja y cambio de pendiente /100 metros. Cambio de pendiente de 20-30% a 40-60% (a 3 metros del borde). Pendiente: noroeste, sureste. Topografía fuertemente ondulada (terrazas del Pleistoceno modeladas por la erosión).

El suelo es un Inceptisol, franco arcilloso, alto en materia orgánica, de pH ácido, bajo en P y medio en Ca y Mg. Fertilidad media a baja. Requiere enmienda del pH y adición de P, lo cual se lograría con una mezcla de cal agrícola y roca fosfórica.

Mantillo orgánico: suelo cubierto por hierba rastrera, selaginellas 80-90%, con poáceas y ciperáceas / helechos. OL: hojas recientes de 3 meses cubren el 80%. OF: inexistente.

El suelo obliga al desarrollo de sistemas radicales superficiales, presentándose volcamiento de árboles por efectos de la pendiente y las tormentas.

Perfil	Descripción
A1 0 - 11	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 3/6); suelo húmedo; raicillas finas y muy finas abundantes. Textura franco arcilloso, sin grava (influencia de ceniza volcánica). Estructura granular, fina, fuerte. MOS alta (8%), pH ácido (5%).
A2 11- 33	Color: amarillo parduzco (10 YR 6/6), moteo 30% pardo rojizo; suelo saturado; raíces finas, frecuentes. Textura arcillosa. Estructura blocosa granular, fina, débil, tendencia a masivo.
ABg 33 - 59	Color: 15 % 10 YR 4/6 pardo amarillento oscuro; 85% 7,5 YR 6/8 amarillo rojizo; saturado; pocas raíces. Textura franco arcillosa con 10% grava muy meteorizada. Estructura blocosa angular, fina, débil, tendencia a masiva.
B2 59 - 98	Color: 5 YR 5 / 8 rojo amarillento; 10 YR 5 / 8 rojo; 2,5 Y 7 / 8 amarillo; pocas raíces; saturado. Textura: arcillosa, 5 % grava cuarcítica, dura, grava irregular.

5.2.2.9. Sacha Yaku - Balcaosa (8 años)

En esta propiedad se encuentra la plantación más extensa entre las estudiadas, la cual buena parte fue plantada con chuncho y una superficie menor con *Gmelina arborea*. En conjunto el área plantada es de aproximadamente 200 ha. El lugar fue conocido como la Isla de los Monos. Un aspecto importante de considerar es la mezcla de chuncho con guayusa en algunos sectores (bloques) de la plantación.

Localidad: Provincia Napo. Cantón Tena. Parroquia Cotundo, sector en la vía a Para Yaku. Cuenca del río Misahuali. Propietario: Empresa Finca Balcaosa. Administración Ing. J C.

Coordenadas geográficas: 0°57'12"S, 77° 43' 44"W (P1); 0°57'13,5"S, 77° 43' 43"W (P2); 0°57'16"S, 77° 43' 40"W (P5); 0°57'20"S, 77° 43' 42"W (P8); 0°57'27"S, 77° 43' 40"W (P9). Altura: 780 - 800 msnm. Es la plantación a mayor altitud entre las estudiadas. Topografía fuertemente ondulada de pendientes de 10 a 30% en las laderas y menores de 5% en las áreas planas, con desniveles de 20-25 entre la base y el tope de las ondulaciones. Los suelos son Inceptisoles de textura franca, ácidos (pH 5,6), de contenidos altos en materia orgánica (7,8%), N, P y Ca; bajos en K y Mg, resultando suelos de fertilidad media (abajo descripción de perfiles de suelos).

Detalles de la plantación: Edad 8 años, plantación en el 2015, con un distanciamiento de 4 x 4 m para 625 árboles por hectárea. Resultados generales del inventario en Sacha Yaku:

Tabla N° 16. Resultados dasonómicos para la plantación de chuncho con guayusa de Sacha Yaku (Cotundo).

Árboles /ha	DAP medio (cm)	IMA-DAP (cm/año)	AB (m ² /ha)	Fuste (m)	IMA-Fuste (m)	Vol (m ³ /ha) fm: 0.7	IMA-VOL (m ³ /ha/año)
463	15,1	1,89	8.33	7,7	0.96	44,89	5,61

DAP: diámetro medio a 1.3 m altura; IMA-DAP: incremento medio anual DAP; AB: área basal en m²; Fuste: altura comercial media del tronco; IMA fuste: incremento medio anual fuste; Vol: Volumen de fustes; IMA-VOL: incremento volumétrico anual.

El número de árboles medidos en 9 parcelas de 144 m² (1296 m²) fue de 60 árboles, lo cual promedia 463 árboles por ha. Así mismo, se registraron en las 9 parcelas un total de 22 árboles muertos o ausentes que al extrapolar a una hectárea resultan 170 árboles por hectárea.

El área basal resultó en 8,33 m²/ha. El fuste comercial promedio alcanzó a 7,7 m y la altura total promedio fue de 10,6 m. El volumen resultó en 44,89 m³/ha y el incremento medio anual en volumen en 5,61 m³/ha/año.

La evaluación de la posición que ocupan en el estrato vertical, la calidad y el estado fitosanitario de los árboles se resumen a continuación.

Tabla N° 17. Resultados cualitativos para la plantación Sacha Yaku.

Parcela	# A/ha	Posición Sociológica %			Calidad %			Estado Fitosanitario		
		E	D	S	0	1	2	0	1	2

% Ponderado	463	15,9	60,7	18,3	25,9	59,8	14,5	74,9	12,1	13,1
-----------------------	------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Posición Sociológica donde las categorías son: **E**: Emergente (árboles que sobresalen del techo del bosque; **D**: Los árboles que ocupan el Dosel del bosque, el techo continuo, también denominados codominantes; **S**: Suprimidos, los árboles que ocupan los estratos inferiores del bosque, todos aquellos por debajo del dosel (D). Calidad, donde las categorías incluyen a **0**: árboles rectos, sin malformaciones. Estado fitosanitario: **0**: árbol sano, sin ataques; **1**: ligeramente afectado y **2**: árbol con evidencias de ataques.

La posición sociológica revela que el bosque tiene un 60,7 % de árboles dominantes, con 15,9 % de árboles emergentes y 18,3 % de árboles en el estrato suprimido.

En cuanto a calidad un promedio de 25,9 % son de buena calidad y un 59,8 % de árboles con calidad ligeramente afectada y un 14,5 % con calidad inferior.

En cuanto a estado fitosanitario más del 74,9 % de los árboles se encuentran en excelente estado fitosanitario. Estando el 12,1 % ligeramente afectados por agentes que comprometen su estado. Un 13,1 % de los árboles están afectados.

Descripción de perfiles de suelo – Sacha Yaku (Balcaosa)

Perfil de la parcela 1: ubicado en la zona baja en sistema agroforestal chuncho con guayusa, topografía plana. Coordenadas: 0°57'12"S 77°43'44", altitud: 780 msnm

Perfil	Descripción
A11 0 - 10	Color pardo muy oscuro (10 YR 3/2); suelo húmedo; raicillas abundantes. Textura: franca; estructura: granular, fina, fuerte, suelo poroso.
A12 10- 30	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4); suelo húmedo, raíces finas y medias frecuentes. Textura franca. Estructura: granular fina fuerte.
AB 30 - 70	Color pardo amarillento oscuro (7,5 YR 4/3), moteo amarillo 10%. Suelo húmedo; Raíces: raicillas frecuentes. Textura: Franca. Estructura blocosa angular, fina, débil, ligeramente compacto.
B2 70 - 115	Color pardo amarillento (5 YR 5/4); pocas raíces; saturado. Textura franco limosa. Estructura masivo.

Perfil de la parcela 7: posición topográfica de cima con 5 % de pendiente. Coordenadas: 0°57'28"S 77°43'41", altitud: 800 msnm.

Perfil	Descripción
A11 0 - 10	Color 10 YR 3/2, pardo grisáceo muy oscuro; raicillas abundantes. Textura franca (43% limo, 41% arena muy fina, 16% arcilla). Húmedo. Estructura granular fina, fuerte, suelo poroso.
A12 10- 30	Color 10 YR 3/3, pardo oscuro, moteo rojizo 15%. Textura franca. Húmedo. Estructura: blocosa angular, fina y muy débil. Ligeramente compacto.
AB	Color 10 YR 3/4; pardo amarillento oscuro; suelo húmedo; raicillas frecuentes.

30 - 70	Textura Franca. Húmedo. Estructura: blocosa subangular, fina moderada..
IIA1 fósil 70 - 120	Color 10 YR 3/3, pardo oscuro; 5% moteo fino rojo, tendencia a nódulos finos de Fe. Saturado. Textura franca. Saturado. Estructura blocosa subangular, fina, moderada.

Perfil de la parcela 9: Coordenadas: 0°57'27"S 77°43'40", altitud: 800 msnm, posición de ladera con pendiente 30 - 40 %.

Mantillo orgánico con malla profusa de raicillas (y raíces de 2 - 3 mm grosor) de chuncho, sobre el suelo mineral.

Perfil	Descripción
A11 0 - 10	Color pardo muy oscuro, 10 YR 3/2; malla de raicillas. Textura franca. Húmedo. Estructura: granular fina, fuerte.
A12 10- 38	Color pardo amarillento, 10 YR 3/6. Textura franca. Húmedo. Estructura blocosa subangular, moderada, fina. Ligeramente compacto.
B21 38 - 90	Color pardo amarillento, 10 YR 4/4; moteo anaranjado desde 65 cm. Suelo húmedo. Textura franca. Estructura angular, fina, débil, ligeramente compacta.
B22g 90 - 108	Color pardo 7,5 YR 5/4, con 30% color amarillo. Saturado. Textura franco limosa, 20% grava. Estructura: Masiva.
Regolito +108	Material franco arenoso fino, gravoso, abigarrado (60% 10 YR 6/1; 40% 5 YR 5/4). Regolito de limonita.

5.2.2.10. Caimito Yacu - S K

Esta plantación es la de menor edad entre las estudiadas (3 años de edad). Es una plantación mixta de chuncho y *Gmelina arborea*, con una superficie de aproximadamente 4 has. Terraza aluvial reciente, topografía plana, suelos Entisoles, franco arenosos, ácidos (pH 5,6); contenido de materia orgánica y N altos; P y bases en valores bajos. Suelo reciente de baja a media fertilidad.

Localidad: Provincia Napo, Cantón Tena. Parroquia Cotundo, margen izquierda del río Misahualli. Plantación en áreas de Pacha Ecolodge y Kayak Ecuador. Propietarios: Señores S y D K R. Coordenadas geográficas: -0.880372, -77.794535 (P1) -0.880610, -77.794667 (P2); -0.881179, -77.794618 (P4). Altitud: 630 msnm.

Plantación del 2020, con un distanciamiento: 3,5 x 3,5 m para una densidad inicial de 816 árboles/ha.

Resultados generales del inventario en Caimito Yaku.

Tabla N° 18. Resultados dasonómicos para la plantación de chuncho en Caimito Yaku.

Árboles /ha plantación mixta	DAP medio (cm)	IMA-DAP (cm/año)	AB: (m ² /ha)	Fuste (m)	IMA-Fuste (m)	Volu (m ³ /ha) fm: 0.7	IMA-VOL m ³ /ha/año
523 chuncho	7,58	2,5	2,36	2,9	0,97	6,84	2,28
292 melina	7,96	2,7	1,45	2,0	0,67	2,03	0,68
813 total	-	-	3,81	-	-	8,87	2,96

DAP: diámetro medio a 1.3 m altura; IMA-DAP: incremento medio anual DAP; AB: área basal en m²; Fuste: altura comercial media del tronco; IMA fuste: incremento medio anual fuste; Vol: Volumen de fustes; IMA-VOL: incremento volumétrico anual.

El número de árboles medidos en 4 parcelas con un total de 478 m² fue de 25 árboles de chuncho y 14 árboles de melina (Gmelina), lo cual promedia 523 y 292 árboles por ha, respectivamente, de cada especie y un total de 813 entre ambas.

El incremento en DAP de la melina es ligeramente superior al del chuncho y el desarrollo del fuste es superior en el chuncho. La melina es una especie arbórea del Asia tropical, de madera industrial muy conocida a nivel global, comúnmente se cultiva para tableros de partículas en ciclos cortos de 6 a 8 años. En esta evaluación el chuncho demuestra un crecimiento inicial comparativo al de la melina en diámetro y superior en altura, alcanzando una altura media del fuste de 2,9 m y altura total media de 5,5 m. Sumando los volúmenes de ambas especies, el incremento medio anual en volumen fue de 2,96 m³/ha/año en los primeros tres años.

En la siguiente tabla No. 19 se observan parámetros evaluados relativos a la posición que ocupan en el estrato vertical, la calidad y el estado fitosanitario en la plantación de Caimito Yaku.

Tabla N° 19. Resultados cualitativos para la plantación Caimito Yaku.

		Posición Sociológica %			Calidad %			Estado Fitosanitario		
Parcela	# A/ha	E	D	S	0	1	2	0	1	2
% Ponderado	813	-	70,8	29,25	29	71	--	100	-	-

Posición Sociológica donde las categorías son: **E:** Emergente (árboles que sobresalen del techo del bosque); **D:** Los árboles que ocupan el Dosel del bosque, el techo continuo, también denominados codominantes; **S:** Suprimidos, los árboles que ocupan los estratos inferiores del bosque, todos aquellos por debajo del dosel (D). Calidad, donde las categorías incluyen a **0:** árboles rectos, sin malformaciones. Estado fitosanitario: **0:** árbol sano, sin ataques; **1:** ligeramente afectado y **2:** árbol con evidencias de ataques.

La posición sociológica revela que en la plantación de 3 años hay uniformidad con 70,8 % de árboles co-dominantes, sin árboles emergentes y 29,2 % de árboles en el estrato de árboles rezagados en su desarrollo.

En cuanto a calidad un promedio de 29 % son de buena calidad y un 71% de árboles con calidad ligeramente afectada. En cuanto a estado fitosanitario el 100 % de los árboles se encuentran en excelente estado fitosanitario.

Perfil de suelo - Caimito Yaku

En la parcela 1, coordenadas: 0°52'50,5"S 77°47'40", altitud 630 msnm, pendiente 0 - 5 %. Mantillo orgánico en malla de raicillas finas, superficiales y raíces de 2 - 3 mm de chuncho, sobre el suelo mineral. La malla de raicillas no está aún generalizada en toda la superficie.

Perfil	Descripción
A1 0 - 17	Color 10 YR 2/1, negro; malla densa de raicillas. Textura Franco arenoso fino a medio. 5 % grave fina, nódulos suaves Fe y Mn. Húmedo. Estructura migajosa, fina, fuerte; suelo muy poroso
A2 17- 40	Color 10 YR 4/3, pardo, con moteo fino naranja (15%). Textura franco arenosa media, raíces abundantes. Estructura: blocosa subangular fina, moderada.
A4 100 - 125	Color 10 YR 4/6, pardo amarillento oscuro. Textura areno francosa media a gruesa. Estructura débil, tiende a grano suelto.

5.2.2.11. Tena (Pepita de Oro y Morete) - M M (25 y 18 años de edad)

En estos dos sitios se encuentran plantaciones mixtas con algunos árboles de chuncho plantados hace 25 y 18 años, junto con otras especies. Localidad: Provincia Napo, Cantón Tena, Tena, barrio Pepita de Oro y Morete, sitio entre Tena y Archidona. Ambas plantaciones se localizan en terrazas a orilla de ríos. Pepita de oro reciente del río Tena, a unos 3 metros sobre el nivel del río, por lo que ocasionalmente sufre el efecto del desborde del cauce. La textura gruesa del material arenoso propicia el desalojo rápido del agua y se beneficia con el efecto de fertilización del agua de desborde.

Propietarios: Señor M M. Altitud: 510 msnm.

Se trata de una plantación con múltiples especies arbóreas (jacaranda, batea, canelo negro, chuncho, laurel y otros, cubriendo una hectárea; incluye un chuncho de 25 años (árbol No. 6 en la tabla #20) y dos chunchos de 18 años (No. 4 y 5). La plantación es densa (aproximadamente 3 x 4 m) y todos los árboles superan los 20 m de altura. Dos árboles están en posición co-dominante con el resto de los árboles circundantes, mientras que el chuncho más alto está en posición emergente.

Todos muestran excelente rectitud en el tallo y en las condiciones sanitarias. Parte de los árboles fueron plantados en 1998 (25 años) y otros en 2005 (18 años).

Resultados generales del inventario en Pepita de Oro:

Tabla N° 20. Resultados dasonómicos árboles de chuncho # 1, 2 y 3 en Tena, barrio Pepita de Oro, terraza reciente de textura franco arenosa, suelo profundo; y árboles 4, 5 y 6 en el sector Morete (entre Tena y Archidona), terraza del Pleistoceno, fuertemente ondulada, textura franca.

Árbol	DAP cm	IMA DAP	AB m2	Fuste m	IMA Fuste (m)	Altura Total m	Vol fuste	IMA VOL fuste	Edad años
1	80	4,4	0,5	14	0,78	30	5,1	0,28	18
2	87	4,8	0,6	16,5	0,92	32	6,7	0,37	18
3	118	4,7	1,1	18	0,72	34	11,8	0,6	25
4	43,0	2,39	0,15	10	0,33	23	0,43	0,024	18
5	52,8	2,9	0,22	14	0,78	28	2,16	0,12	18
6	84,8	3,4	0,56	10	0,40	30	3,92	0,16	25

DAP: diámetro medio a 1.3 m altura; IMA DAP: incremento medio anual DAP; AB: área basal en m²; Fuste: altura comercial media del tronco; IMA Fuste: incremento medio anual fuste; Altura total: altura total media de árboles; Vol: Volumen de fustes; IMA-VOL: incremento volumétrico anual del fuste.

Los árboles 1, 2 y 3 (Figura 6) muestran la mayor tasa de crecimiento diamétrico entre las plantaciones evaluadas.



Figura 6. Chunchos plantados en 2005 (izq. 18 años, 87 cm DAP y 32 m altura total) y en 1998 (der. 25 años, 118 cm DAP y 34 m altura total) por el Ing. Michael McColm en Tena.

5.2.2.12. Bosque Natural: Reserva Biológica Colonso Chalupas

Esta área protegida cuenta con árboles de chuncho en su estado natural, árboles de gran dimensión como ya difícilmente se encuentra en los bosques amazónicos de propiedad privada o comunitaria de donde han venido siendo extraídos para el aprovechamiento de su madera.

Según la descripción del MAE, la reserva se ubica en los cantones de Archidona y Tena, entre la Reserva Ecológica Antisana y el Parque Nacional Llanganates, y de esta manera conforma un corredor natural en la zona alta de la cuenca amazónica. La Reserva Biológica Colonso Chalupas, en su sector de Alto Tena, protege la cuenca de los ríos Colonso, Tena, Shitig e Inchillaqui y alberga ecosistemas que van desde el piedemonte andino-amazónico hasta zonas de páramo en las partes más altas. Este territorio guarda una inmensa diversidad de flora y fauna, y sus ecosistemas brindan importantes servicios ambientales para la provincia del Napo, principalmente relacionados con la provisión de agua y la recreación. Su topografía muy irregular ha permitido que se haya mantenido a través del tiempo y se encuentre en buen estado de conservación. Su gran biodiversidad y singulares paisajes poseen un gran potencial turístico. No existen grandes centros poblados cerca del área protegida; sin embargo, hay poblaciones Kichwa y mestizas ubicadas en la zona de amortiguamiento que se dedican a actividades agrícolas y pecuarias (MAE, 2023).

Localidad: Provincia Napo, Cantón Tena. Parroquia Alto Tena, piedemonte de la Reserva Biológica Colonso Chalupas. Bosque natural protegido.

Propietarios: Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador.

Resultados generales del inventario:

Tabla 21. Resultados dasonómicos para árboles individuales del Bosque Natural Colonso Chalupas.

# A	DAP cm	Área Basal m ²	Altura de Fuste m	Altura total m	Vol fuste m ³ (factor mórfico 0,7) / Tn de carbono	Incremento anual volumen m ³ /año/árbol	Edad estimada años
1	96	0,72	24	40	12,1 / 2,7	0,16	78
1	1,26	1,24	18	35	15,64 / 3,5	0,14	115
1	1,40	1,54	22	40	23,72 / 5,3	0,18	135

Los grandes árboles individuales del bosque natural no son abundantes, pero son los más altos del bosque (emergentes) y alcanzan un gran volumen de biomasa y, por ende, de fijación de carbono (ver imagen en la contraportada del libro). Además, muestran la forma como se integran las diferentes especies de acuerdo a sus diversas adaptaciones al medio en una compleja sinergia interespecífica, que incluye las capacidades de explorar el suelo y competir por la luz en el dosel. Es de destacar que en los bosques accesibles de Napo ya no se encuentran las especies Caoba, Cedro, Chuncho y Ceiba. Son comunes en las chakras laurel, batea, sangre de gallina, Intachi, Avío, entre otras. Es necesario y conveniente plantar las especies maderables.

5.3. Discusión de los Resultados de la Evaluación de las Plantaciones de Chuncho

5.3.1. Análisis comparativo

En la Tabla 22 se presentan los resultados de cada plantación como base de comparación para la discusión.

Tabla 22. Resultados de las plantaciones estudiadas.

SITIO / EDAD	Árboles /ha	DAP medio (cm)	IMA DAP (cm/año)	Área basal (m ² /ha)	Altura fuste promedio (m)	IMA fuste (m)	Volumen (m ³ /ha) factor mórfico 0.7	IMA volumen (m ³ /ha/año)
CY mixta 3 años	523 (+292 melina) 3,5 x 3,5 m	7,58	2,5	2,36	2,9	0,97	6,84	2,3
Ch VL 5 años	556 4 x 4 m	13,0	2,6	7,38	6,7	1,34	34,6	6,9
AT PR 6,5 años	594 (Cacao y vainilla) 4 x 4 m	19,0	2,9	16,8	7,5	1,15	88,4	13,6
Ahuano EC 7 años	20 (Café) 20x25m	25,6	3,7	1,0	9,7	1,39	6,79	1,0
Anzu PL 7 años	100 (Cacao) 10x10m	32	4,6	8,0	3,8	0,54	21,3	3,0
SY Balcaosa 8 años	463 (Guayusa) 4 x 4 m	15,1	1,9	8,33	7,7	0,78	44,89	5,6
YY D 8 años	399 4 x 4 m	20,9	2,6	18,8	8,2	1,0	154,2	19,3
AT EB 8,5 años	847 3 x 4 m	20	2,4	26,58	8	1	148,8	17,5
Tena Terrazas Franco arenosa 18 años	4 árboles en plantación mixta	65,7	3,6	34 (100 árboles) *	13,6	0,75	323,7 (100 árboles) *	18,0

*Cálculo asumiendo un Sistema Agroforestal con 100 árboles de chuncho al final del turno de 18 años, edad de los árboles medidos.

Se considera la edad, desde 3 hasta 18 años, la densidad o espaciamiento desde 3 x 4; 3,5 x 3,5 m hasta 10x10 y 20x25 m, la condición pura o mixta de la plantación (chuncho con cacao/vainilla,

café, guayusa o melina) y las condiciones de sitio (suelo y topografía). La precipitación pluvial está por encima de 4.000 mm en todas las áreas evaluadas, la altitud varía de 800 a 300 msnm y la topografía va de fuertemente ondulada hasta plana. El clima amazónico genera un balance hídrico con un considerable excedente en agua que puede causar mal drenaje según la pendiente local y la textura del suelo, facto que afecta el desarrollo de la especie.

En primer lugar es de destacar que, los valores obtenidos, en la evaluación realizada a algunas plantaciones de chuncho en Napo, demuestra las condiciones excepcionalmente favorables de la Amazonía periandina del Ecuador, y, particularmente, de la provincia de Napo, para el buen desarrollo de la especie. Las figuras 7 y 8 de Brienen & Zuidema (2003) parten de los datos obtenidos del análisis de anillos de crecimiento de 13 árboles de *Cedrela odorata*, 17 árboles de *Cedrelinga catenaeformis* y 11 árboles de *Peltogyne heterophylla* de bosques tropicales bajo manejo en Bolivia.

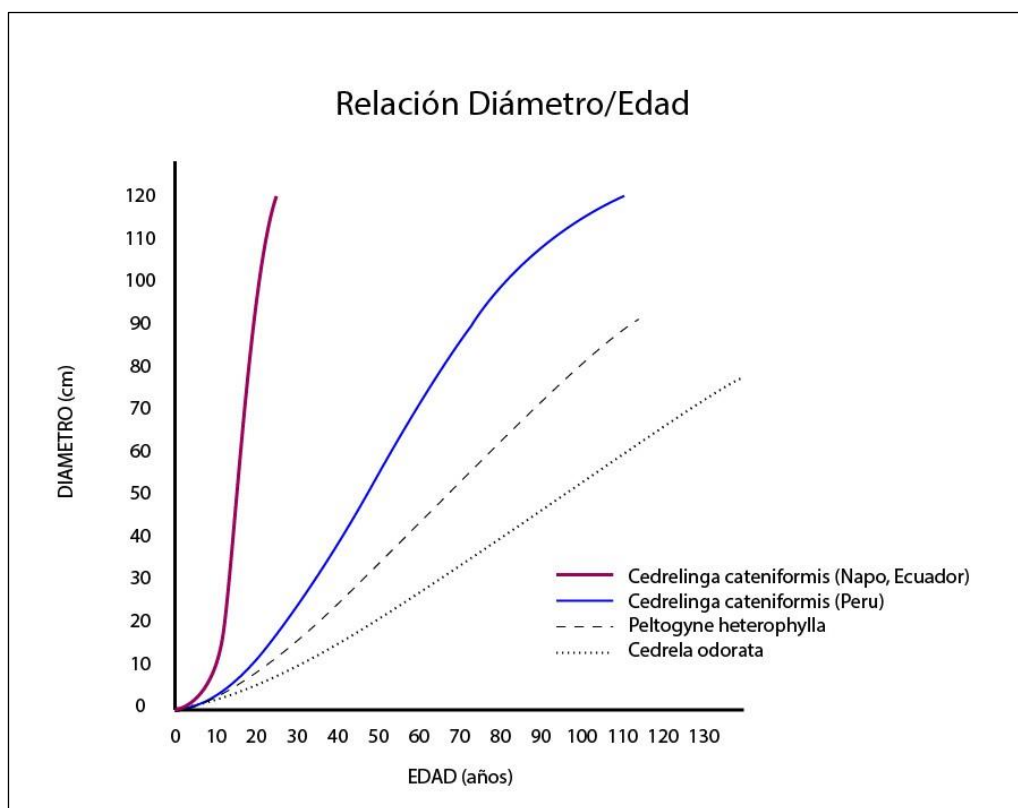


Figura 7. Relación Diámetro/Edad a partir de plantaciones de Napo-Ecuador (1ª curva). Las otras curvas representan una estimación de crecimiento promedio usando la ecuación Hossfeld de árboles del bosque natural en Bolivia. Modificado de: Brienen & Zuidema (2003).

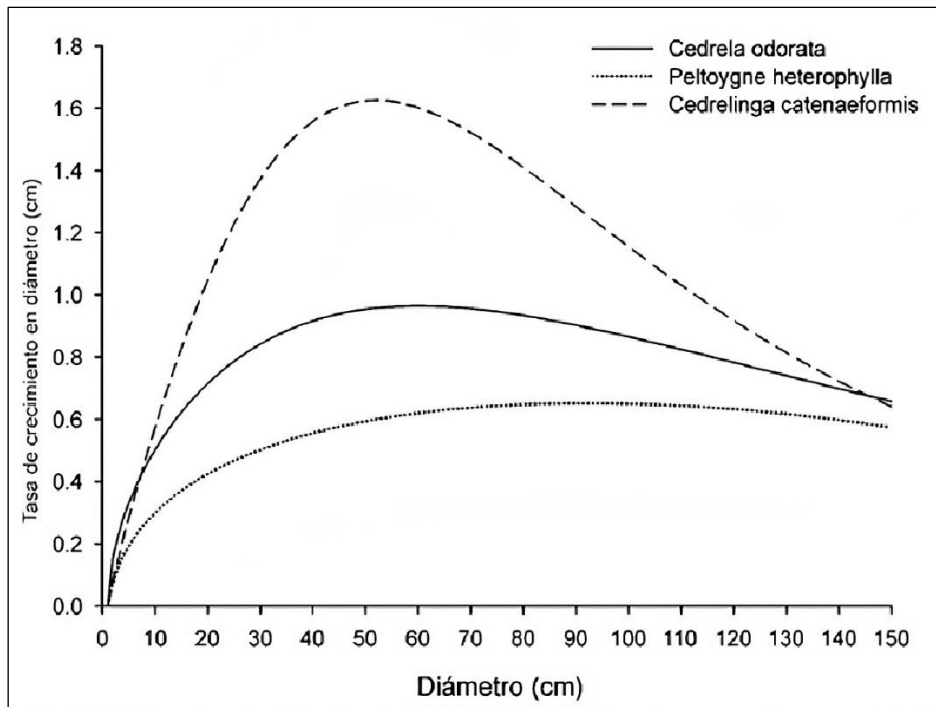


Figura 8: Variación de la tasa de crecimiento diamétrico según el diámetro del árbol, obtenida del análisis de anillos de crecimiento. La curva de *Cedrelinga* está basada en 17 árboles y la de *Peltogyne* en 11 individuos. Fuente: Brienen & Zuidema (2003).

Chuncho o tornillo crece mucho más rápido en diámetro que *Peltogyne heterophylla* y *Cedrela odorata*, y, al comparar las curvas de Napo y Bolivia del chuncho, se evidencia una diferencia determinante en el ritmo de crecimiento diamétrico; hacia los 10 años las plantaciones de Napo ya han superado los 20 cm de diámetro (DAP), dimensión que requiere más de 20 años en árboles del bosque natural en Bolivia. En Napo, las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (chuncho o tornillo) muestran un rápido crecimiento diamétrico en los primeros 10 años, que se mantiene aún más alto a los 25 años. La tasa de crecimiento en diámetro, altura y, consecuentemente en el volumen de los árboles de chuncho, sobrepasa en mucho la reportada para la misma especie en bosques naturales de Bolivia. Ello pudiera estar relacionado con los suelos de material aluvial del Holoceno, de textura gruesa, alto contenido de materia orgánica y pH sobre 5,5, favorecido por el desborde frecuente de los ríos (fertilización natural), el contenido en cenizas volcánicas del sustrato y el clima del piedemonte andino (500-800 msnm). (Figura 9).

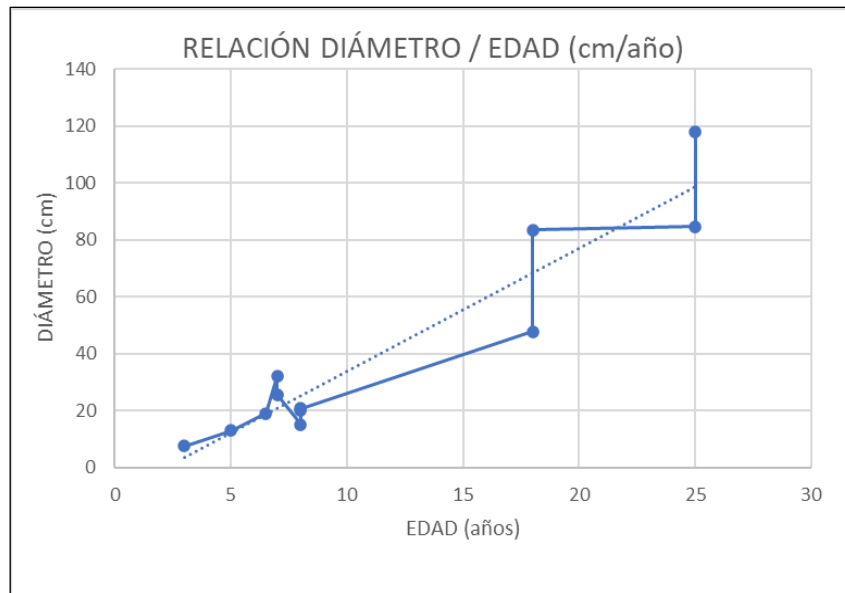


Figura 9. Relación Diámetro/Edad encontrada en plantaciones de Napo-Ecuador.

Brienen & Zuidema (2003) estudiaron en bosques naturales de Bolivia las tasas de crecimiento de especies maderables en base a los anillos de crecimiento en cortes de árboles. Según los autores *Cedrelinga cateniformis* y *Peltogyne heterophylla* difieren claramente en sus tasas de crecimiento, y en la relación entre diámetro y crecimiento en diámetro. El crecimiento óptimo logrado es cerca de 3 veces más alto para *C. cateniformis* que para *P. heterophylla*.

Pero el descubrimiento más interesante es que *C. cateniformis* mantiene una alta tasa de crecimiento hasta alcanzar alrededor de 50 cm de DAP, cuando alcanza un valor tope de 1,6 cm/año, y luego reduce el ritmo de crecimiento diamétrico progresivamente a 1,0 cm/año a los 115 cm DAP y a 0,65 cm/año a los 150 cm DAP. En las plantaciones de Napo se observan tasas mayores de incremento del DAP en árboles plantados (Figura 7): a los 25 años de edad alcanzaron 84 y 118 cm DAP (3,4 cm/año y 4,7 cm/año); y 4 árboles plantados de 18 años alcanzaron en promedio 65,7 cm (3,7 cm/año), en condiciones edafoclimáticas muy favorables.

El rápido crecimiento en diámetro no se refleja necesariamente en un mayor crecimiento longitudinal del árbol, pues otros factores inciden en esa variable. Los fustes (medidos desde el suelo hasta las primeras ramas gruesas) mantienen un ritmo de crecimiento alrededor de 0,6-0,7 m por año, en promedio, durante los primeros 15-20 años (alcanzando, alrededor de 9 a 12 m de fuste comercial). En Napo, podría esperarse una altura promedio de los árboles de 15 m a los 10 años, alcanzando a 22-23 m a los 15 años (Figura 10), correspondiendo alrededor del 65% de esa longitud al fuste comercial.

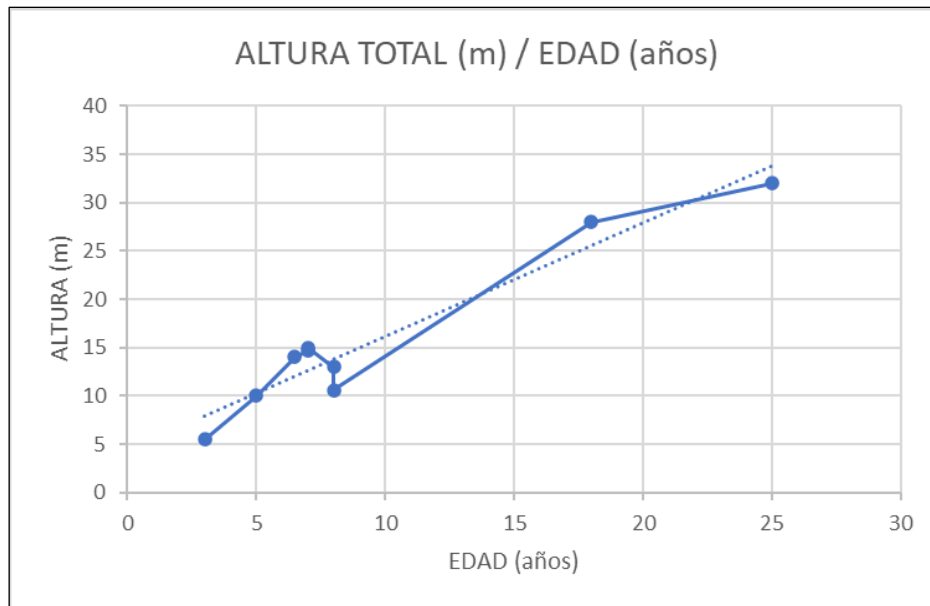


Figura 10. Relación altura total promedio / edad de los árboles, en las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* en Napo, Ecuador. A los 15 años, la curva de crecimiento indica 22 a 23 m de altura dominante.

En la localidad de Jenaro Herrera, Loreto, Perú, Otárola-Acevedo et al., (2001) obtuvieron los siguientes índices de calidad de sitio para chuncho en base a la altura dominante de los árboles de las parcelas a los 15 años (edad base): i) más de 28,04 m de altura dominante, calidad o clase de sitio alta; ii) entre 22,32 y 28,04 m corresponde a clase media, y iii) menor a 22,32 m a la clase de sitio baja. Según esta clasificación, las plantaciones de Napo evaluadas corresponden a la calidad de sitio media (basada en la altura dominante media de los árboles).

En Napo, al comparar los incrementos anuales en diámetro y volumen de las plantaciones más densas (3 x 4 y 3,5 x 3,5 m espaciamiento) se observan incrementos de diámetro, poco diferenciados entre 1,9 y 2,9 cm/año en todo el rango de edades, pero al comparar con mayores espaciamientos (10 x 10 o más) el incremento diamétrico aumenta a 3,7 y 4,6 cm/año, lo cual se relaciona con la amplitud de la copa y seguramente con la menor competencia por los recursos del suelo a nivel de sistemas radicales; la ramificación ocurre a menor altura del tronco, lo que se refleja en la copa (tabla 22). Al comparar el incremento anual en volumen en las plantaciones densas (3 x 4; 3,5 x 3,5 m) se observa un claro aumento en la tasa de crecimiento del volumen anual con la edad, al pasar de 3 a 8,5 años, con la excepción de la plantación en SAF chuncho + guayusa de Sacha Yaku (Balcaosa) (Figura 11).

En la evaluación realizada se incluyeron plantaciones puras y mixtas, éstas últimas con cacao-vainilla, café, guayusa y *Gmelina arborea*, otra especie maderable de rápido desarrollo. Tales combinaciones trajeron consigo espaciamientos entre los árboles de chuncho muy variables (3,5x3,5, 3x4, 4x4, 10x10 y 20x25).

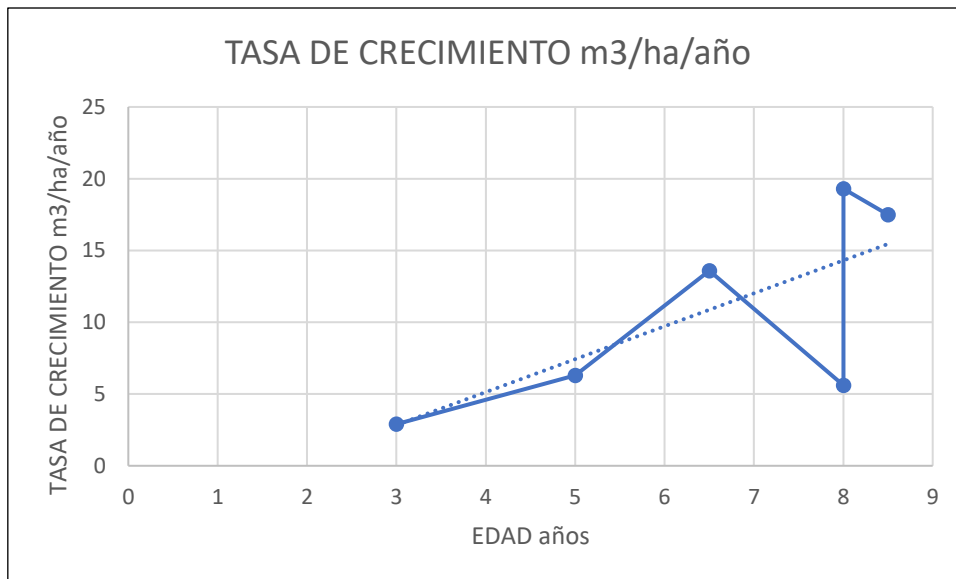


Figura 11. Tasa de crecimiento medio anual en volumen en parcelas de chuncho según la edad (espaciamientos de 3x3 a 4x4).

La tasa de crecimiento medio anual en volumen del fuste se incrementa con la edad, alcanzando una tendencia de alrededor de 15 m³/ha/año cerca de los 9 años de edad. Se destaca una notable diferencia en una de las plantaciones de 8 años de edad. La plantación de menor tasa de crecimiento en el volumen del fuste se encuentra en terreno colinado a fuertemente ondulado, con pendientes en las laderas de 20 a 30% y textura franca en los suelos, allí se manifiestan períodos de déficit hídrico durante los días continuos sin lluvia. Por el contrario, entre las colinas se encuentra terreno plano donde se acumula el agua de escorrentía más el agua caída en el sitio, habiendo períodos de exceso de humedad en el suelo durante días de fuertes lluvias. Ambas situaciones limitan el crecimiento de la plantación. La relativa baja fertilidad en estos suelos coincide con la de las otras plantaciones. Otro factor que ha podido afectar a la plantación es la alta densidad y desarrollo de la vegetación acompañante.

El espaciamiento determina el número de árboles a cosechar por hectárea al final del turno y tiene influencia en el crecimiento vertical y diamétrico de cada árbol y, a su vez, determina el volumen de fustes (madera) a generarse. Este último valor va a depender en alto grado de la densidad con la cual se desarrollen los árboles desde la mitad del turno, es decir, el manejo de la densidad arbórea en la plantación tiene una gran influencia en la calidad y el valor de la madera a obtener al final del turno. Alta densidad genera árboles altos y de poco diámetro o grosor reduciendo la proporción de piezas aserradas de al menos 25 cm de ancho; por el contrario, muy baja densidad de plantación genera árboles de copas muy desarrolladas desde poca altura, formando troncos gruesos pero muy cortos. Ambos extremos no son convenientes para generar madera en volumen, calidad y valor. El distanciamiento 4 x 4 (distanciamiento inicial de 625 plantas/ha), que permite además el policultivo o plantación mixta con rubros agroalimentarios, surge como el más favorable.

A espaciamientos de 10 x 10 m (SAF chuncho + cacao) se observó la tendencia de alrededor del 50% de los árboles, ya a 5 o 6 años de edad a ramificarse desde los 4 o 5 m de altura y a desarrollar una copa amplia. Al crecer sin competencia, cierta proporción de árboles, de acuerdo a su carga genética, puede tender a ramificarse reduciendo el crecimiento longitudinal del tronco con las consecuencias correspondientes en la reducción del volumen de madera

comercial. En ese contexto, es necesario continuar los ensayos de espaciamiento y mezcla en policultivos ya iniciados por la EECA-INIAP (Sacha). En sistemas agroforestales, una alternativa a experimentar es la del cultivo en franjas del chuncho y los rubros acompañantes. Por ejemplo, en 1 ha pueden plantarse franjas de 16 m de ancho cada una, integrando tres franjas de cacao o café con 2 franjas intercaladas de chuncho, aplicando los espaciamientos acostumbrados para los componentes del SAF.

Por otra parte, el manejo de la densidad a través del raleo oportuno de la plantación, que además sirve para el control de plagas y enfermedades y la extracción de árboles suprimidos, es una técnica de intervención intermedia que permite concentrar en el número óptimo de árboles/ha la capacidad productiva del sitio. Los resultados sugieren establecer, en las condiciones de Napo, un turno de 18-20 años, y la reducción de la densidad a 250-300 árboles/ha hacia la mitad del turno (9 a 10 años). Con ello, la expectativa sería la de generar árboles de 50-60 cm de DAP y 10 m de fuste, y con ello un volumen por árbol de 1,25 a 1,50 m³ de madera aserrada, para un total de al menos 300 m³/ha/turno. Debe considerarse que estas estimaciones se fundamentan en las condiciones edafoclimáticas y de relieve de Napo, y, además, en el germoplasma utilizado en las plantaciones evaluadas. No se descarta una cierta variabilidad de expresiones genéticas de la especie *Cedrelinga cateniformis*, que pudieran derivar en tasas de crecimiento y fenotipos variables.

5.3.2. Capacidad de Adaptación Agroecológica del Chuncho

En el estudio de las diez localidades se pudo corroborar el amplio rango de adaptación del chuncho a distintas condiciones ambientales. Siendo el de mayor limitación donde se presentan períodos de mal drenaje o anegamiento por un alto nivel freático. En estos lugares se debe evitar la plantación. En áreas donde haya mezcla de condiciones, el chuncho responde adaptándose y se observará respuesta favorable a suelos de pendientes superiores a 10%, lo que permite drenar las abundantes precipitaciones del clima amazónico. Conviene evitar las pendientes por encima de 50% por la tendencia de los árboles a volcarse, la cual se incrementa si, por limitaciones del suelo, el enraizamiento es superficial; a ello se suma la eventual exposición a fuertes ráfagas de viento. En la evaluación realizada se registraron casos de chunchos abatidos o copas partidas evidentemente por ráfagas de viento durante fuertes tormentas amazónicas.

En los sistemas de producción mixtos o policultivos, con criterio agroecológico o agroforestal, la especie ofrece varias ventajas:

1. Al ser una Fabaceae (leguminosa) promueve la fijación de N en el suelo a través de bacterias simbióticas, beneficiando a los cultivos acompañantes;
2. El chuncho se desarrolla verticalmente con una copa pequeña hasta los 8 o 9 años, cuando comienza a ampliarse; ello significa que la especie ya a espaciamientos de 4 x 4, o 4 x 5 metros permite el paso de luminosidad suficiente para el desarrollo de cultivos intercalados.

Esta adaptabilidad de la especie al policultivo, permite establecer mezclas de especies con mayor ingreso económico a la familia y, al mismo tiempo, promoviendo la biocomplejidad y la restauración de funciones ecológicas necesarias, como el ciclo de materia orgánica y nutrientes, la creación de un microclima favorable (control de radiación, temperatura y humedad), estratificación de la vegetación y aumento de su capacidad hospedera de aves, murciélagos, anfibios, insectos, etc., favoreciendo los procesos de polinización y de control de plagas y

enfermedades, acercándose el agroecosistema generado a las condiciones propias de los complejos sistemas ambientales amazónicos.

En este estudio se ha demostrado que el chuncho es una especie con una muy interesante capacidad de adaptación ecológica entre los 300 y 800 metros de altitud bajo clima hiperhúmedo (más de 4000 mm de precipitación) y diversas condiciones de suelo. En ese contexto, es una especie recomendable para proyectos de producción agroforestal, de restauración ecológica y de creación de corredores biológicos. Con las precipitaciones tan elevadas de la Amazonía ecuatoriana es conveniente evitar terrenos planos con suelos finos (alto contenido de arcilla), pues ello conduce a estados de saturación frecuentes del suelo superficial, lo que parece afectar el crecimiento de la especie y fomentar pudrición en la base del tronco.

La fertilidad del suelo, a niveles altos o moderados sería lo más favorable, como lo demuestran los valores obtenidos; sin embargo, la baja fertilidad de los suelos no es factor limitante si se establecen sistemas agroforestales con chuncho. En razón de ello amplias áreas de la Amazonía son aptas para plantaciones y sistemas agroforestales pudiéndose esperar rendimientos muy satisfactorios. La mayor parte de las tierras de la Amazonía ecuatoriana se han catalogado como de fertilidad media a moderadamente baja (ver Figuras 12).

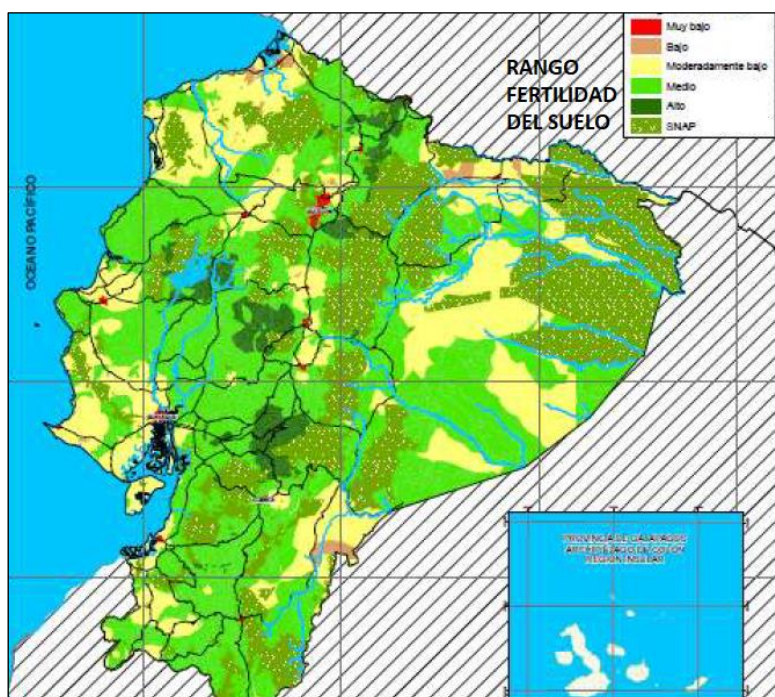


Figura 12. La fertilidad del suelo en la Región Amazónica es media y moderadamente baja. Fuente: Boada y Resl, (2015).

6. ANÁLISIS DEL MERCADO

6.1. Mercado

El mercado mundial de productos forestales maderables está dominado por la producción de madera de los bosques templados, tanto cultivados, como los de algunos países de Europa (cultivados desde hace siglos), y otros naturales, pero en todo caso manejados, como los de la Federación Rusa, Estados Unidos y Canadá. La FAO (2020) presenta estadísticas de 2019 sobre

compradores y productores de los principales rubros, en base a madera, comercializados en el mundo. Entre los consumidores, China y Estados Unidos lideran en madera rolliza, madera aserrada y tableros de madera, constituyendo aproximadamente la mitad del consumo mundial en estos rubros. Y entre los productores de madera en rollo, Estados Unidos, Federación Rusa, China, Canadá y Brasil conforman el 53% de la oferta, en madera aserrada Estados Unidos, Federación Rusa, China y Canadá alcanzan al 53% de la oferta y en tableros de madera China produce el 40% de la oferta mundial, seguido por Estados Unidos con el 10%.

Principales consumidores de productos forestales (Porcentaje del consumo mundial en 2019)

- **Combustible de madera:** India (16%); China (8%); Brasil (6%); Etiopía (6%); República Democrática del Congo (4%); Estados Unidos de América (4%); Nigeria (3%).
- **Madera en rollo industrial:** Estados Unidos de América (19%); China (12%); Federación de Rusia (9%); Brasil (7%); Canadá (7%); Indonesia (4%); Suecia (4%); Finlandia (3%); India (3%); Alemania (3%).
- **Carbón vegetal de madera:** Brasil (12%); Etiopía (9%); Nigeria (8%); India (5%); República Democrática del Congo (5%).
- **Pellets de madera y otros productos aglomerados:** Reino Unido (21%); Alemania (8%); República de Corea (8%); Brasil (6%); Italia (6%); Dinamarca (5%); Estados Unidos de América (5%); Suecia (4%); Francia (4%); Japón (4%); Bélgica (3%); Polonia (3%); Países Bajos (3%).
- **Madera aserrada:** China (27%); Estados Unidos de América (21%); Alemania (4%); Canadá (3%); Japón (3%).
- **Tableros a base de madera:** China (37%); Estados Unidos de América (13%); India (4%); Federación de Rusia (3%); Alemania (3%); Polonia (3%).
- **Pulpa para papel:** Estados Unidos de América (26%); China (22%); Japón (5%); Suecia (4%); Finlandia (4%); Canadá (4%); India (4%); Federación de Rusia (3%); Alemania (3%); Brasil (3%).
- **Papel recuperado:** China (27%); Estados Unidos de América (12%); Alemania (7%); Japón (7%); India (4%); República de Corea (4%); México (3%); Indonesia (3%); España (3%).
- **Papel y cartón:** China (27%); Estados Unidos de América (17%); Japón (6%); India (5%); Alemania (5%); Italia (3%).

Principales productores de productos forestales (Porcentaje de la producción mundial en 2019)

- **Combustible de madera:** India (16%); China (8%); Brasil (6%); Etiopía (6%); República Democrática del Congo (4%); Estados Unidos de América (4%); Nigeria (3%).
- **Madera en rollo industrial:** Estados Unidos de América (18%); Federación de Rusia (11%); China (9%); Brasil (8%); Canadá (7%); Indonesia (4%); Suecia (3%); Finlandia (3%); Alemania (3%); India (3%).
- **Carbón vegetal de madera:** Brasil (12%); Nigeria (9%); Etiopía (9%); India (5%); República Democrática del Congo (5%).
- **Pellets de madera y otros productos aglomerados:** Estados Unidos de América (19%); Alemania (8%); Viet Nam (7%); Canadá (7%); Brasil (6%); Federación de Rusia (5%); Letonia (4%); Suecia (4%); Polonia (3%); Francia (3%); Austria (3%); Estonia (3%).
- **Madera aserrada:** China (18%); Estados Unidos de América (17%); Federación de Rusia (9%); Canadá (9%); Alemania (5%); Suecia (4%).
- **Tableros a base de madera:** China (40%); Estados Unidos de América (10%); Federación de Rusia (5%); Alemania (4%); India (3%); Brasil (3%); Polonia (3%); Canadá (3%); Turquía (3%).
- **Pulpa para papel:** Estados Unidos de América (26%); Brasil (10%); China (10%); Canadá (8%); Finlandia (6%); Suecia (6%); Japón (4%); Federación de Rusia (4%); Indonesia (4%); India (3%); Chile (3%).
- **Papel recuperado:** China (23%); Estados Unidos de América (19%); Japón (9%); Alemania (6%); República de Corea (4%); Reino Unido (3%); Francia (3%).
- **Papel y cartón:** China (27%); Estados Unidos de América (17%); Japón (6%); Alemania (5%); India (4%); Indonesia (3%); República de Corea (3%); Brasil (3%).

Fuente: FAO <https://www.fao.org/forestry/statistics/80938@180723/es/>

Entre los países tropicales, sólo Brasil aparece con el 7% de la oferta de madera en rollo industrial. Este país tiene la mayor proporción de bosque tropical del mundo bajo planes de ordenación y manejo para la producción de madera y posee, asimismo cerca de 5 millones de hectáreas de plantaciones forestales comerciales.

En Ecuador, según cifras del Sistema de Administración Forestal (SAF) del MAE, citadas por Mejía (2021), el chuncho o seique (*Cedrelinga cateniformis*) es una de las maderas más aprovechadas de la Amazonía. Según el autor, la cifra de lo que se aprovecha puede ser el doble. En general, las áreas boscosas más accesibles ya han sido aprovechadas, lo que obliga a implementar medidas que eviten su agotamiento a los niveles ya alcanzados por el cedro y la caoba (ambas especies vedadas por su escasez crítica). En ese contexto, el MAE hace esfuerzos por mejorar la trazabilidad de la madera comercializada en el país.

6.2. La Oferta y Demanda de Madera

El análisis de la oferta y demanda de madera debe partir del ya citado informe de la ITTO: *Maderas tropicales 2050, un análisis de la oferta y demanda futuras de maderas tropicales y sus contribuciones a una economía sostenible* (Held et al. 2021). Allí se proyecta la oferta y demanda de maderas tropicales y las tendencias de los recursos, productos e industrias de madera tropical hasta el año 2050.

La comercialización de los productos de la industria maderera en el Ecuador, orienta principalmente sus esfuerzos al mercado interno, exceptuando la industria de los tableros y astillas, en las que gran parte de su producción tiene como destino los mercados internacionales. Los principales canales de distribución, son los siguientes: Depósitos de madera, cadenas distribuidoras, almacenes distribuidores de muebles, exportadores. Estos canales de comercialización desarrollan actividades como el control de calidad, embalaje, transporte; y, además, todo lo relacionado a los trámites de aduana para exportar los productos de madera. Vásconez & Villacis (2013) mencionan que, según un estudio del MAE sobre cadenas productivas de madera, entre las especies forestales que más se comercializan en el país están el pino y eucalipto, provenientes de plantaciones forestales ubicadas principalmente en la región Sierra. En cambio, en la región Costa, la provincia de Esmeraldas es el principal origen del chanul; por su parte, de varias provincias de la región amazónica proviene el seike o chuncho, de la provincia de Orellana el arenillo, de Morona Santiago el copal y de Napo y Pastaza el laurel. Los compradores de estas especies son los industriales de Cuenca, Quito, Guayaquil, Riobamba, Ambato, Machala, Huaquillas y Loja dentro del Ecuador, y Perú y Colombia fuera del país (Ecuador Forestal, 2007).

6.3. Trabajo por Hacer en Temes de Mercado

Para definir adecuadamente la dimensión del mercado para la especie chuncho y los múltiples productos que pueden obtenerse mediante su procesamiento industrial, habría que realizar dos estudios detallados:

1. Un estudio con una muestra representativa de los productores, actuales y potenciales, de la madera de chuncho en las diferentes provincias de la Amazonia ecuatoriana, analizando los factores que influyen en su decisión de plantar y mantener árboles de

chuncho en sus chakras y los incentivos económicos y no económicos que podrían motivarlos para aumentar el número de árboles existentes en sus áreas.

2. Un estudio detallado con una muestra representativa de los consumidores nacionales de muebles y otros productos elaborados en base a madera de chuncho. Ello permitiría analizar el nivel de conocimiento sobre la madera y sus principales características, en relación a las preferencias de los consumidores y su disposición a pagar por productos preparados a base de esta madera. Los resultados podrían fundamentar una estrategia nacional para aumentar el conocimiento y la promoción de productos procesados a base de la madera de chuncho.

3. Un estudio detallado con una muestra representativa de los consumidores internacionales en los principales países importadores de madera de Ecuador. Se analizaría su nivel de conocimiento sobre la madera del chuncho y sus principales características, en relación con las preferencias de los consumidores y su disposición a pagar por productos elaborados a base de la madera del chuncho procedente del Ecuador.

6.4. Estudio de las encuestas sobre procesamiento de madera de chuncho

A continuación, se presenta un análisis de las encuestas realizadas a aserraderos y carpinterías en Tena y en Quito, con preguntas sobre aspectos relevantes del manejo y gestión de aserraderos. Ello se hizo con especial consideración de la especie Chuncho o Tornillo (*Cedrelinga cateniformis*), donde es determinante el manejo acertado y consistente de variables de desempeño, a fin de maximizar el rendimiento y productividad. La meta es posicionar los productos procesados a partir de esta madera, tanto en el mercado nacional como el internacional, de manera confiable en cuanto a calidad y cantidad. Por otra parte, tal como ha ocurrido con las especies maderables que dominan la producción a nivel global (tanto coníferas como latifoliadas, tanto de las zonas templadas como tropicales), la industria deberá adaptarse a madera cultivada, y en el caso del chuncho, generada en sistemas agroforestales.

6.4.1. Aserraderos

Sobre la caracterización de la materia prima (rolas o trozas), tanto para las provenientes de bosque natural como las de plantaciones, el orden de importancia de los defectos en trozas de *Cedrelinga cateniformis*, son Arqueaduras y Conicidad, seguidos de Médula Excéntrica y Grietas en los extremos.

Los defectos Arqueaduras y Conicidad tienen elevada incidencia en el rendimiento de la materia prima durante el proceso de aserrado, además de generar piezas aserradas con grano inclinado que afectan la calidad superficial resultante del cepillado y moldurado.

Las Arqueaduras de Trozas tienen su origen en la pérdida de verticalidad del fuste, bien sea por terrenos en pendiente o por la ausencia de tratamientos silviculturales de poda. El defecto de Arqueaduras de Trozas genera a su vez Médula Excéntrica y consecuentemente Grietas en los Extremos, es decir, si se logra minimizar la ocurrencia de trozas con Arqueaduras mediante tratamientos silviculturales de poda se minimiza la ocurrencia de Médula Excéntrica y Grietas en los Extremos.

La conicidad de la primera rola del árbol generalmente se asocia con las características genéticas propias de la especie, sin embargo, si ocurren exageradas conicidades éstas estarían asociadas a un suelo no óptimo para la especie, generalmente debido a suelos poco cohesionados por bajo contenido de arcillas en el suelo (suelo muy arenoso).

Las soluciones tecnológicas para trozas con Arqueaduras, exige de una secuencia de procedimientos en pro de maximizar el rendimiento de materia prima, atendiendo básicamente tres aspectos:

- El seccionamiento transversal de las trozas o rolas, como tratamiento previo antes de su aserrado, permite reducir de manera importante la magnitud del defecto.
- El seccionamiento transversal de trozas se debe hacer de manera racional, atendiendo la necesidad de productos aserrados con longitudes menores al largo de las trozas.
- Durante el proceso de aprovechamiento del bosque o plantación, los operadores de motosierra deben prestar atención para evitar generar trozas con arqueaduras, ejecutando cortes de seccionamiento del árbol tumbado, buscando la mayor rectitud posible de las secciones del tronco.

Las soluciones tecnológicas para el procesamiento de trozas exageradamente cónicas, exige de sierras que permitan aserrar con la conicidad, preferiblemente sierras cinta con escuadras independientes, de tal manera que las guías se ajusten a la forma cónica de la troza. Según los resultados de las encuestas aplicadas, pocos aserraderos cuentan con sierra cinta, y los aserraderos que las poseen no tienen escuadras independientes (la respuesta a la pregunta sobre escuadras independientes fue mal interpretada). Actualmente el parque industrial tiene dificultades para ofrecer soluciones tecnológicas en este sentido.

Se destaca, los siguientes aspectos relevantes sobre el manejo y gestión de la materia prima de los aserraderos encuestados, considerando la intención de un Clúster Forestal donde es determinante el rendimiento y productividad, para posicionarse en el mercado nacional e internacional, como sigue:

- La mayoría de los aserraderos encuestados clasifica la materia prima atendiendo categorías diamétricas, permitiendo manejar una importante variable de desempeño para la planificación de producción.
- La mayoría de las operaciones de posicionamiento de trozas en la sierra principal y sus productos resultantes, se ejecutan de manera manual, afectando el desempeño del aserradero. Las inversiones asociadas a sistemas de posicionamiento automatizado de trozas permiten importantes incrementos en la productividad y rendimiento de materia prima.
- Se destaca, a partir de la presencia del defecto rayado en la madera aserrada, fallas en las técnicas de afilado para el mantenimiento de herramientas cortantes y por otra parte, la presencia de defectos de variación de espesor, evidencia la ausencia de parámetros de optimización de valores angulares de herramientas cortantes así como fallas de potencia holgada para el corte. Por otra parte, la ausencia o mínima capacitación del personal de afilado se constituye en una importante debilidad para lograr alcanzar las mínimas

exigencias de un Clúster Forestal tanto para la especie *Cedrelinga cateniformis* como para el resto de especies. La mayoría de las respuestas de la encuesta en cuanto a valores angulares se refieren a “no sabe” o dan valores angulares “fuera de lógica”, lo cual indica la necesidad de mejoras importantes en cuanto a la capacidad técnica.

- La mayoría de los aserraderos no posee planta de secado, afectando el desempeño de la cadena valor hacia el eslabón “carpinterías”. Las evidencias de la necesidad de aplicar técnicas de secado son muy claras, al observar los resultados de la calidad de madera aserrada que recibe el eslabón “carpinterías”.

6.4.2. Carpinterías

Los productos elaborados en las carpinterías son puertas, ventanas y muebles para el hogar u oficina, todos ellos exigentes de un contenido de humedad de la madera entre el 8% y el 12%, a fin de lograr precisión en las uniones y excelente calidad superficial, siendo estas las características determinantes del posicionamiento del valor agregado de la madera de *Cedrelinga cateniformis* como Clúster Forestal para el mercado nacional e internacional. A partir de la encuesta realizada a 11 carpinterías en Napo y Quito, se pueden afirmar las siguientes consideraciones:

- Tanto los proveedores de madera aserrada como los propios carpinteros, no tienen condiciones técnicas ni de infraestructura para el secado de la madera antes de ser calibrada para obtener piezas y partes para la elaboración de muebles. Es de relevancia la ausencia de secadores y más aun la ausencia de medidores de humedad de la madera, para su control.
- La madera aserrada que recibe las carpinterías por parte de los aserraderos, presenta defectos asociados al método de aserrado y a deficiencias en las técnicas de secado, así como deficiencias en las técnicas de mantenimiento y reparación de herramientas cortantes. Independientemente de la proveniencia (bosque natural o plantación) los defectos de secado más importantes son las arqueaduras, encorvaduras, acanaladuras, torceduras. Los defectos como acebolladuras y rajaduras se asocian con fallas en los tratamientos silviculturales como la poda, mientras que los defectos de variación de espesor y marcas de aserrado son defectos causados por deficiencias en técnicas de mantenimiento y reparación de herramientas cortantes. Todos los defectos mencionados generan a las carpinterías retrabajos y pérdidas de materia prima que alejan a la especie *Cedrelinga cateniformis* como especie focal del Clúster Forestal. Es de suponer, que estas deficiencias se repiten para la mayoría de las especies maderables que se utilizan en las carpinterías.
- La estandarización de los productos de madera aserrada para espesor es de 2,5cm, 3,0cm, 5cm y 10cm; para el ancho 15cm, 20cm, 22cm, 23cm, 24cm y 25cm y para el largo 2,40m. Se destaca la ausencia de oferta por parte de los aserraderos a las carpinterías de dimensiones estándares asociados a “cortos y angostos” muy propios de la industria del mueble y que participan en la mayoría de sus componentes, lo cual tendría un importante impacto sobre el rendimiento de materia prima en ambos eslabones de la cadena valor, ya que se constituye básicamente en madera de recuperación en los aserraderos.

- La oferta de aserraderos de productos de “cortos y angostos” permite una manufactura por parte de las carpinterías notablemente más eficiente, reduciendo procesos de calibrado de madera y permitiendo concentrar esfuerzos en la calidad de uniones y de superficies de los muebles.
- Los defectos superficiales más importantes que ocurren durante el labrado de la madera en las carpinterías, son las marcas de viruta y grano vellosa, lo cual ocurre por deficiencias en la optimización del ángulo de corte de las herramientas cortantes junto con un mínimo mantenimiento del filo. Otro defecto como la marca de cuchillas, son causadas, entre otras razones, por desajustes del sistema de alimentación de la madera hacia el corte. El grano arrancado tiene su origen en el método de aserrado frente a trozas muy cónicas y/o trozas con arqueaduras, resultando en piezas de madera aserrada con el grano inclinado.
- Las respuestas asociadas al rendimiento de productos que se aplican a la madera para obtener su acabado final se caracterizan por ser “no razonables” o de “bajo rendimiento”, siendo este uno de los insumos más determinantes de la calidad del mueble. Es necesario atender mediante capacitación, la mejora en técnicas para lograr la calidad superficial y la rentabilidad de este proceso, que exige un Clúster Forestal para *Cedrelinga cateniformis*, así como para el resto de especies maderables.

7. GOBERNABILIDAD Y BASE INSTITUCIONAL

Es necesario conformar una sólida base de gobernabilidad para un programa de largo plazo, que propenda hacia la meta del desarrollo sostenible con fuerte énfasis en el cultivo de maderas mediante Sistemas Agroforestales y Plantaciones. A continuación, se describen muy brevemente las principales instituciones y organismos llamados a contribuir en la creación e instrumentación del programa que se propone.

7.1. El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) es el ente del Estado responsable de las políticas públicas para el ambiente y el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En el MAATE se encuentra el Sistema de Administración Forestal (SAF), instancia con el personal y las herramientas tecnológicas para la administración y documentación de los recursos forestales de Ecuador. El aprovechamiento de volúmenes de chuncho procedentes del bosque natural es competencia del SAF. Información disponible: <https://n9.cl/yb1zw>

7.2. PROAMAZONÍA

Es un programa donde se integran los esfuerzos del MAATE y el MAG, como entes del Estado, y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (pnud), como administrador de fondos de las Naciones Unidas. Lleva adelante proyectos de restauración en la Amazonía, adquiriendo una muy útil experiencia en la organización y financiamiento de restauración. Información disponible: <https://www.proamazonia.org/>

7.3. Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG

Es el ente responsable de los proyectos de plantaciones forestales en Ecuador y ya ha experimentado programas de estímulo a las plantaciones de chuncho. Enlace e información disponible: <https://www.agricultura.gob.ec/>

7.4. Instituciones Académicas y Centros de Investigación

Varias Universidades del Ecuador tienen programas académicos que generan conocimiento y experiencias, a través de tesis y proyectos específicos de investigación en la Amazonía; entre ellas, cabe destacar a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), la Universidad Nacional de Loja (UNL), la Universidad Politécnica Salesiana de Quito (UPS) y la Universidad de San Francisco. Como entes regionales, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), la Universidad Estatal Amazónica (UEA) en El Puyo y sus núcleos en Lago Agrio y El Panguí; y la Universidad Regional Amazónica Ikiam en Tena, poseen capacidades para fortalecer el programa a través de la investigación y la vinculación.

7.5. Organizaciones internacionales

Diversas instituciones internacionales, ONGs y de carácter gubernamental trabajan activamente en programas y proyectos en la Región Amazónica Ecuatoriana. Su rol en la consecución de financiamiento e instrumentación del programa propuesto puede ser clave. De modo que la gestión y fortalecimiento de alianzas es un aspecto fundamental a considerar.

7.5.1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) está presente con programas y proyectos en la Amazonía Ecuatoriana, jugando un rol de máxima importancia en múltiples proyectos, destacando en los últimos años el fortalecimiento de la chakra como sistema tradicional de producción agrícola en la región. Enlace e información disponible: <https://www.fao.org/home/es/>

7.5.2. Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT)

La OIMT (ITTO en inglés) es un ente internacional que se ocupa del tema de la producción y comercio sostenible de las maderas tropicales en el mundo. Posee una dilatada trayectoria derivada de numerosos proyectos en temas de agro-forestería y agroecología como base de producción sostenible de maderas en países tropicales. Cuenta con una Serie Técnica cuyos documentos son de necesaria consulta para fortalecer las bases de un programa basado en sistemas agroforestales. Entre ellas, destacan las publicaciones de la serie # 49 de Held, C., Meier-Landsberg, E. & Alonso, V. (2021) y la serie # 48, que trata el tema de los incentivos fiscales y no fiscales para el manejo forestal sostenible (Karsenty, 2021). Información disponible: https://www.itto.int/es/about_itto/

7.5.3. Centro Internacional para la Investigación Forestal (CIFOR)

CIFOR es una institución científica sin fines de lucro que lleva a cabo investigación sobre los temas más apremiantes para el manejo de los bosques y los paisajes forestales en todo el mundo. CIFOR genera más de 400 publicaciones sobre bosques y cambio climático, restauración de paisajes, derechos, políticas forestales y otros temas relacionados cada año. Tiene una sede en Lima para América Latina y ha realizado trabajos de investigación en Ecuador. Información disponible: <https://www.cifor.org/es/>

7.6. Necesidades Institucionales para un Programa de Sistemas Agroforestales Amazónicos a Escala Industrial

Para orientar la realización de un programa con la envergadura propuesta en la Amazonía ecuatoriana, es esencial considerar la experiencia de otros países. En Chile, al decretarse en 1974 la Ley General Forestal de la Nación (Decreto Ley 11.686) se creó el Centro de Desarrollo Forestal (CDF), como la institución estatal responsable de proveer servicios y fiscalizar la actividad forestal. Posteriormente, habiéndose creado un extenso patrimonio forestal de más de dos millones de hectáreas de plantaciones, con la consiguiente ampliación y fortalecimiento de la industria forestal y el comercio, fue creada por decreto presidencial el 4 de abril del 2001 (17 años después), la Comisión Nacional Forestal, un Organismo Público Descentralizado cuyo objetivo es desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de los planes y programas y en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable y sus instrumentos. También es necesario considerar el contexto, de que en Chile las plantaciones forestales son de propiedad privada. En la Amazonía ecuatoriana, las tierras con vocación y condiciones para establecer SAF son mayormente de familias organizadas en asociaciones agrícolas y pecuarias y de familias de comunidades de los Pueblos y Nacionalidades. Esas condiciones están entre las bases para la organización del programa propuesto, que debe integrar a las familias con tierras, capital de inversión, organizaciones que aporten con ciencia y tecnología, empresas privadas del Clúster Forestal y el Estado como promotor, co-administrador y garante del programa a través de un ente con las capacidades para ello.

Otra experiencia digna de mencionar se produjo en Venezuela, donde fue posible establecer 500.000 hectáreas de plantaciones de pino caribe con fines industriales, mediante la creación de una empresa forestal *ad-hoc* (Productos Forestales de Oriente C.A. (CVG-PROFORCA). Esta empresa, de carácter público, pero con la autonomía administrativa derivada de su adscripción a la Corporación Venezolana de Guayana, institución de administración autónoma y descentralizada, desarrolló la capacidad técnica y logística y de consecución de tierras para plantar entre 20.000 y 30.000 hectáreas anualmente entre 1970 y 2.000.

En el caso de la Amazonía ecuatoriana, al considerar las especiales condiciones territoriales, demográficas, culturales, políticas y socioeconómicas pertinentes podrá concluirse en que la mancomunidad de actores es esencial. El primer actor surge al analizar el estado jurídico o la propiedad de las tierras ya deforestadas, aptas para su restauración, por lo que debe partirse de establecer mesas de trabajo con los propietarios colectivos (asociaciones y comunidades de Pueblos y Nacionalidades de la Amazonía) y propietarios individuales de fincas para establecer los acuerdos y condiciones del programa de restauración productiva. En segundo lugar, se requiere desarrollar la base técnica (personal, equipos, capacidades) para generar las semillas,

producir las plantas y ejecutar, junto con las familias locales, las plantaciones bajo sistemas agroforestales; y, además, asegurar el debido mantenimiento de las plantaciones. Asimismo, deberán establecerse los mecanismos necesarios para asegurar las capacidades industriales para la transformación de los volúmenes de madera y rubros agroalimentarios a producir en el programa de restauración productiva mediante sistemas agroforestales.

La experiencia de los proyectos en curso de restauración forestal llevados adelante por el MAATE y PROAMAZONÍA, a través de ONG's y comunidades, constituye una escuela de aprendizaje muy valiosa para orientar la creación de una Institución *de carácter permanente*, que pueda tener como meta establecer al menos 100.000 hectáreas de plantaciones forestales hacia el 2050 (5.000 ha/año en promedio en los próximos 25 años). Las condiciones vigentes sugieren una alianza público privada para crear una *Empresa Amazónica de Restauración Productiva*, que pueda integrar a las comunidades y propietarios de tierras, a la industria forestal, a la Academia y a diferentes entes del Estado (nivel nacional, provincial, cantonal y parroquial) en los esfuerzos por concretar las metas de largo alcance planteadas.

La institución a crear debería poseer suficiente autonomía administrativa para facilitar los procesos de ejecución de proyectos, establecer convenios de diversa índole y desarrollar las capacidades requeridas para su misión. Entre sus capacidades debería incluirse la posibilidad de establecer relaciones de trabajo conjunto con organizaciones de cooperación internacional y entes nacionales de carácter público y privado. La conformación y adscripción de esta empresa público-privada debería ser objeto de análisis al más alto nivel político, dada su importancia y la dimensión de su misión: crear un patrimonio agroforestal de gran impacto en lo social, en lo económico y en lo ambiental, incluso constituyéndose en la más importante herramienta de desarrollo sostenible de la Amazonía ecuatoriana en las próximas décadas.

Será un reto de gran significación, garantizar la continuidad del esfuerzo combinado de restauración forestal y producción agroindustrial a lo largo de dos o tres décadas, mediante un avance progresivo en la incorporación de comunidades y propietarios de tierras deforestadas, áreas de vegetación secundaria y pastizales, motivados y capacitados para emprender nuevas alternativas agroforestales y silvopastoriles de producción de alimentos, fibras y maderas. Precisamente la continuidad del programa sería la garantía de la sostenibilidad de la restauración. Los proyectos actuales, con una temporalidad de 1 a 3 años, no ofrecen garantías de sostenibilidad del esfuerzo de restauración, el que depende al finalizar el proyecto y los estímulos monetarios y de otra índole inherentes, de la voluntad de los beneficiados.

La organización del programa a través de proyectos localizados y acordados con las familias propietarias de tierras deberá posibilitar la secuencia productiva a lo largo del turno de 18 a 20 años previsto para la cosecha final de la madera de chuncho, como especie guía. A título ilustrativo, una secuencia, entre muchas posibles, en áreas desprovistas de vegetación alta (pastizales o terrenos degradados por uso agrícola convencional) podría ser:

1. Inicio: preparación de la tierra, plantación de chuncho 4 x 4 y siembra de maíz entre las hileras de arbolitos; 2. a los seis meses: cosecha de maíz, barbecho por tres meses y siembra de papaya, Jamaica y yuca en sectores entre los arbolitos; 3. a los cuatro a seis meses cosecha de Jamaica y progresivamente de yuca y papaya (papaya por dos años); 4. al finalizar la cosecha de yuca y papaya, siembra de plátano y a los 6 meses de cacao o café, bajo los arbolitos de chuncho ya de 3 años de edad (6 a 9 m de alto); 5. entre 3 y 18 años cosecha de cacao o café, y extracción del 50% de los árboles de chuncho de 7-9 años de edad (uso como postes de cerca una vez

preservados, también ciertos usos de carpintería); 6. Aprovechamiento del volumen de madera de chuncho a los 18-20 años, estimado en 250-300 m³/ha. Posibilidad de ingresos por madera y bonos de carbono. Las alternativas de los sistemas agroforestales son muy diversas y van a depender del mercado local y nacional, y de los bioemprendimientos que existan o que puedan establecerse.

8. BASES PARA UN PROGRAMA DE RESTAURACIÓN FORESTAL PRODUCTIVA EN BASE A SISTEMAS AGROFORESTALES Y PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES EN LA AMAZONÍA

8.1. ¿Por qué y para qué un Programa de Restauración Forestal Productiva?

La restauración productiva es esencialmente un conjunto de acciones destinadas a fortalecer, ampliar y diversificar la cobertura vegetal, especialmente arbórea, incluyendo especies forestales de reconocido valor. De esta forma, áreas deforestadas, desvalorizadas y degradadas son intervenidas buscando recuperar sus cualidades de protección (biodiversidad, suelos, aguas, aire) con el añadido de generar productos (madera, alimentos, frutas, fibras, etc.) con potencial de mercado. Ello hace la restauración una actividad atractiva para las familias de las comunidades del área restaurada. En síntesis, la restauración tiene, como fin último, valorar y reforzar la cubierta arbórea de las áreas y motivar a la comunidad hacia la conservación ambiental y de la biodiversidad, entendiéndose que el esfuerzo, abre oportunidades de ingreso y mejoramiento de la calidad de vida.

En el presente capítulo se formulan las bases para un programa de fomento de plantaciones y sistemas agroforestales, con el chuncho como especie guía, aunque no exclusiva. El programa de fomento propuesto tiene múltiples finalidades, pero seis deben destacarse:

1. Contribuir con la creación de oportunidades económicas para la población que va a plantar y mantener las plantaciones y ofertar la madera al mercado en lapsos de 5-7 años (1er raleo), 10-12 años (2do raleo) y 15 a 20 años (cosecha final); también ofertará diversidad de productos agroalimentarios producidos junto el chuncho: años 1 a 3 maíz, yuca, papaya, Jamaica, etc.; años 3 en adelante cacao, café, borjón, guayusa, miel, forraje, etc.
2. Contribuir con materia prima para las organizaciones y empresas de las cadenas de valor de la madera y los productos agroalimentarios que van a procesar y comercializar diversidad de productos de valor agregado.
3. Contribuir con la restauración de áreas deforestadas y degradadas en la geografía del Ecuador (Figura xx) y con la mitigación del cambio climático mediante el secuestro de carbono; generando con ello la oportunidad de participar en el mercado internacional de los bonos de carbono.
4. La cubierta forestal a desarrollar contribuirá con la conservación de especies de la fauna silvestre y la conservación de los suelos y la calidad de las aguas, y, ante todo, contribuirá a reducir la presión sobre el bosque amazónico, sobre el cual podría plantearse a mediano plazo una política de conservación total como reservorio de vida y Carbono, de alta significación política internacional.

5. Generación de recursos del propio programa para asegurar su ampliación y sostenibilidad. Un margen de los beneficios económicos derivados de la producción forestal y agroforestal y de la industria conexas, permitirá la renovación continua de las plantaciones y su ampliación a nuevas áreas, garantizando la sostenibilidad de toda la cadena de valor a lo largo de las próximas generaciones, consolidando así una creciente y significativa alternativa económica para el país.

Algunas preguntas clave son: ¿Quiénes serán los actores clave de tales programas? ¿Cómo concebir, planificar e instrumentar un programa de restauración productiva de gran alcance y significativo impacto en la mejora de los índices de bienestar social y económico de una región como la Amazónica, urgida de soluciones socioambientales? ¿Dónde se podrían establecer los programas de plantación y SAF? Y ¿En qué mercados se colocarán los productos generados: vigas, tablas, columnas, tableros, puertas, ventanas, tableros, mobiliario y otros componentes para construcción y equipamiento de viviendas?

8.2. Formulación e Instrumentación de un Plan de Restauración Forestal Productiva

8.2.1. El Rol del Estado, de la Sociedad Civil Organizada y de las Instituciones Públicas y Privadas

El rol del Estado, como ente rector, promotor e instrumentador del programa, abarca una serie de intervenciones que incluyen:

1. Formulación y planificación del programa, en consulta con la sociedad organizada e instituciones y organizaciones pertinentes, especialmente de los cantones donde se localizan las áreas prioritarias para restauración;
2. Definición y aseguramiento de la base presupuestaria multianual para la fase inicial de desarrollo (deseable 10 años, óptima duración 1er turno:20 años);
3. Decreto de creación del programa;
4. Creación de la organización institucional del programa (se sugiere basada en una alianza público-privada);
5. Establecimiento de una plataforma informativa detallando los beneficios del programa e incluyendo información cartográfica y edafoclimática de acceso público, a ser utilizada como orientación de las comunidades, organizaciones y personas propietarios de tierras, potencialmente interesados en el programa; y
6. El Estado, a través de sus órganos competentes, informará a la comunidad internacional y organismos multilaterales sobre la naturaleza del programa, y gestionará el cofinanciamiento internacional.

Entre los avances más significativos del país en la materia, está el Programa Nacional de Reforestación 2019-2030 del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (PNR 19-30) Este programa plantea las modalidades activa y pasiva para la recuperación de la cobertura vegetal en las áreas priorizadas. La restauración pasiva consiste en garantizar las condiciones para la sucesión natural, suprimiendo los factores que impiden o afectan su progresión, como el fuego repetitivo, el ganado o la tala. Su éxito depende del nivel de degradación de la vegetación y los suelos y de la posibilidad de contar con suficientes fuentes y dispersores de semillas de la vegetación original. La restauración activa es la intervención mediante plantaciones de especies

vegetales apropiadas para las áreas a recuperar (desde el punto de vista agroecológico y sociocultural), medidas de mejoramiento del suelo degradado, corrección de pendientes y flujos superficiales de agua con potencial erosivo u otros factores degradantes. Asimismo, el PNR 19-30 incluye el enfoque de género, que busca empoderar y estimular grupos sociales de mujeres para su participación protagonista en los proyectos de restauración forestal y en emprendimientos de transformación productiva. Igualmente, se le otorga un especial valor al sistema de Monitoreo Reporte y Verificación sobre el progreso y los efectos de la restauración realizada.

En ese contexto de protagonismo de la comunidad local, la selección definitiva de áreas para la implementación de proyectos en el marco del programa se lograría a través del mecanismo previsto en el PNR 19-30: las mesas territoriales, espacio de encuentro de actores interesados, organizado inicialmente a nivel de parroquia, para irse ampliando a medida que más interesados se sumen a una iniciativa de restauración productiva. Las mesas son espacios para el análisis y construcción de mancomunidad en base a intereses y necesidades comunes, en los cuales los distintos actores presentan sus ideas y propuestas y, al analizarlas en conjunto, arribarían a una propuesta común: objetivos, justificación y viabilidad, superficie, especies del policultivo a implementar, potenciales fuentes de semilla, localización de viveros y responsables, cronograma de trabajo, presupuesto y potencial agregación de valor y mercados, entre otros aspectos. De esta manera, la selección de áreas potenciales para el programa de plantaciones y sistemas agroforestales surgirá de la interacción entre la sociedad organizada y el equipo del programa.

En la Amazonía, existe la posibilidad de producir múltiples rubros agroalimentarios y maderas comerciales de turno corto, medio y largo, tal como se indica en la lista de especies en el anexo; es decir, un proyecto de restauración productiva puede incluir objetivos de producción de 6 meses (maíz, flor de Jamaica y otros), 12 meses (yuca, plátano y otros), 2 años (papaya y otros), 3 a 20 años (cacao, café, guanábana, borojón, camu camu, etc.), e igualmente maderas de 3 a 20 años (balsa, pigüe, laurel, batea, cedro, caoba, chuncho y otras). En ese contexto, es necesario, y conveniente, incorporar a la mesa de encuentro a actores y propuestas del sector procesador y comercializador, tanto agroalimentario como del sector forestal industrial.

8.2.2. Experiencias Previas

La planificación e instrumentación de un programa de restauración productiva como el que se propone puede beneficiarse de las bases conceptuales, organizativas y legales y, asimismo, de la experiencia lograda a través de programas de orientación socioambiental y agroproductiva, con fuerte protagonismo del Estado y de la Sociedad organizada. En Ecuador, el Proyecto Sociobosque de conservación es un sistema para protección de bosques, páramos, manglares y vegetación nativa, mediante la entrega de incentivos que benefician a poblaciones indígenas y campesinas en la Costa, Sierra y Amazonía. Este proyecto, iniciado en 2008, reportó en 2019 ya una cobertura de 1,6 millones de hectáreas de bosques protegidos por propietarios individuales y comunidades. En el periodo 2008 – 2021 dispuso de US\$ 128.790.398,66; de los cuales los incentivos para conservación ascendieron a \$ 89.863.659,71 equivalentes al 69,78%. El Estado aportó el 83% y la cooperación internacional el 17%, valor que se ha incrementado al 30% en los últimos dos años.

Los objetivos del proyecto Sociobosque son: 1. Lograr la conservación de las áreas de bosques nativos, páramos y otras formas vegetales nativas del Ecuador. 2. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por efecto de la deforestación. 3. Contribuir a la mejora de las

condiciones de vida de los habitantes de poblaciones rurales asentadas en dichas áreas. Los principales logros incluyen una superficie de cobertura boscosa primaria bajo conservación voluntaria e individual de 1.614.000 hectáreas desde 2008 hasta 2017, mediante 2.661 convenios, con la participación voluntaria de 45.914 familias. La mayor parte de las áreas bajo protección por Sociobosque en la Amazonía son de propiedad comunitaria, mientras que en la Costa son de propiedad individual (Figura 11).



Figura 13. Proyecto Socio Bosque: en rojo áreas protegidas en tierras comunitarias, en azul propiedad individual. En total hasta 2019 alcanzaba a 1,6 millones de hectáreas.

El programa que se propone, basado en Sistemas Agroforestales y Bosques Cultivados debe concebirse como un esfuerzo nacional de largo alcance en integración de actores, en tiempo y en superficie a cubrir. Por ello, puede aprovechar la experiencia del proyecto Sociobosque en varias dimensiones, puesto que el mismo deberá sustentarse en las siguientes variables:

1. Su concepción y aceptación se dará en el marco de las políticas socioeconómicas y ambientales del Estado, alineadas con los ODS y las políticas internacionales relacionadas con la mitigación del Cambio Climático y de conservación ambiental;
2. Será necesaria su aceptación por parte de propietarios individuales y asociaciones o comunidades poseedoras de derechos sobre tierras deforestadas y/o degradadas, aptas para el establecimiento de sistemas agroforestales;
3. Deberá insertarse como componente del sector forestal industrial del país (Clúster Forestal), el que está llamado a promover la cadena de valor de las maderas cultivadas; y
4. Deberá ser priorizado por el sector Ciencia y Tecnología del Ecuador, donde la SENESCYT, las Universidades, el INIAP y otros institutos de investigación y desarrollo tecnológico aportarán con las bases científico-tecnológicas necesarias para la consolidación y perfeccionamiento continuo de todas las fases del programa.

El programa de restauración productiva que se propone estará dirigido a lograr un nuevo sector forestal industrial, que surgirá a partir del existente, adquiriendo el potencial para convertirse en un soporte significativo de la economía nacional a partir de 2035-2040. Ello tendrá un profundo efecto en la mitigación de la pobreza en el medio rural amazónico, al generar una transferencia de efectivo, que puede ser muy significativa, directamente a la población productora local, además de la creación de empleo en las instalaciones industriales que se desarrollarán gracias al estímulo, tanto de la mayor oferta de maderas de diversas calidades y propiedades, como de la mayor demanda nacional e internacional de productos forestales. Por ejemplo, en el propio Ecuador se abriría la posibilidad de programas de viviendas con sustitución de concreto en paredes y vigas de acero por componentes de madera, tal como se construye en Europa y Norteamérica, por cierto, con maderas de menor durabilidad y resistencia que las maderas duras y semiduras a ser cultivadas en las tierras degradadas de la región amazónica ecuatoriana.

En 2013, hubo lo que podría considerarse un ensayo de restauración productiva: el Estado ecuatoriano lanzó un programa de incentivos para la reforestación con fines comerciales, consistente en el reembolso parcial de costos de plantación una vez certificado el establecimiento con más de 75% de sobrevivencia de la plantación. El programa se justificó en la necesidad de generar materia prima, reducir la importación de madera, fomentar las exportaciones y reducir la tala indiscriminada de bosque nativo. En Napo, numerosos propietarios plantaron pequeños lotes de 3 a 4 hectáreas y una empresa de la Costa plantó un lote de 120 ha en 2014/15, con la especie chuncho. Esos lotes, ya de 8 y 9 años en desarrollo fueron evaluados para este trabajo.

Una iniciativa ecuatoriana más reciente, basada en aportes del Fondo Verde de las Naciones Unidas administrados a través del PNUD, es la relacionada con los proyectos de restauración de 500 y 1000 ha convocados para su financiamiento por parte de PROAMAZONÍA (programa PNUD-MAATE-MAG), los cuales contemplan una inversión de US\$ 30 millones para restaurar 30.000 ha, un promedio de US\$ 1000/ha, de los cuales una proporción significativa se transfiere a los propietarios de tierra locales (individuales o comunitarios) por su esfuerzo en preparar la tierra, plantar y mantener los arbolitos durante la duración del proyecto (hasta 3 años); una condición es establecer garantías de sostenibilidad más allá de la finalización del proyecto. Se han practicado dos modalidades, pago de efectivo al productor por arbolito establecido en su chakra o financiamiento de bienes y servicios colectivos a través del proyecto. El MAATE, por su parte, ha hecho convocatorias similares. Ambos programas han cubierto hasta ahora un aproximado de 10.000 ha en los últimos 5 años.

En Chile (CONAF, 1981; citado por FAO, 1995) el programa de estímulo al desarrollo forestal iniciado mediante el Decreto Ley No 701, de 1974, y el reglamento D.S.N°259 de 1980, se basó en reembolsos a los dueños de las plantaciones por superficie plantada, bonificando 800 mil hectáreas con un total de US\$136 millones (US\$170/ha, equivalente actualmente a US\$1000/ha), dando un impulso notable a las plantaciones y, consecuentemente, a la industria forestal. Más adelante, buscando mejorar calidad y productividad también se bonificaron las acciones de podas y raleos. En la primera fase del programa, la sociedad organizada, propietarios de tierras y empresas lograron crear cerca de un millón de hectáreas de plantaciones, y al alcanzar un cuarto de siglo ya se había superado los 2 millones de hectáreas. En la actualidad, gracias al manejo forestal, que incluye el replante de las áreas aprovechadas, y al extraordinario desarrollo forestal industrial alcanzado se mantiene la superficie cubierta por plantaciones

forestales comerciales en alrededor de 2,33 millones de hectáreas, generando ingresos al país de casi 6.000 millones de dólares, 6,3% del total de exportaciones (Figura 12). El sector forestal genera 112.000 empleos en la producción y 63.000 empleos en la industria, y considerando los empleos indirectos sobrepasa los 300.000 empleos.

El crecimiento de las exportaciones de productos forestales de Chile se evidencia al constatar que en 1975 las exportaciones alcanzaron a US\$135 millones, alcanzando en el 2000 a US\$2.355 millones y en el 2018 a US\$6.538. Chile posee también 14,7 millones de ha de bosques nativos (primarios y secundarios) y una extensa red de áreas protegidas, sobre las cuales se ha reducido la presión por efecto de la disponibilidad de una creciente oferta de madera cultivada para múltiples fines industriales (Barros et al., 2022).

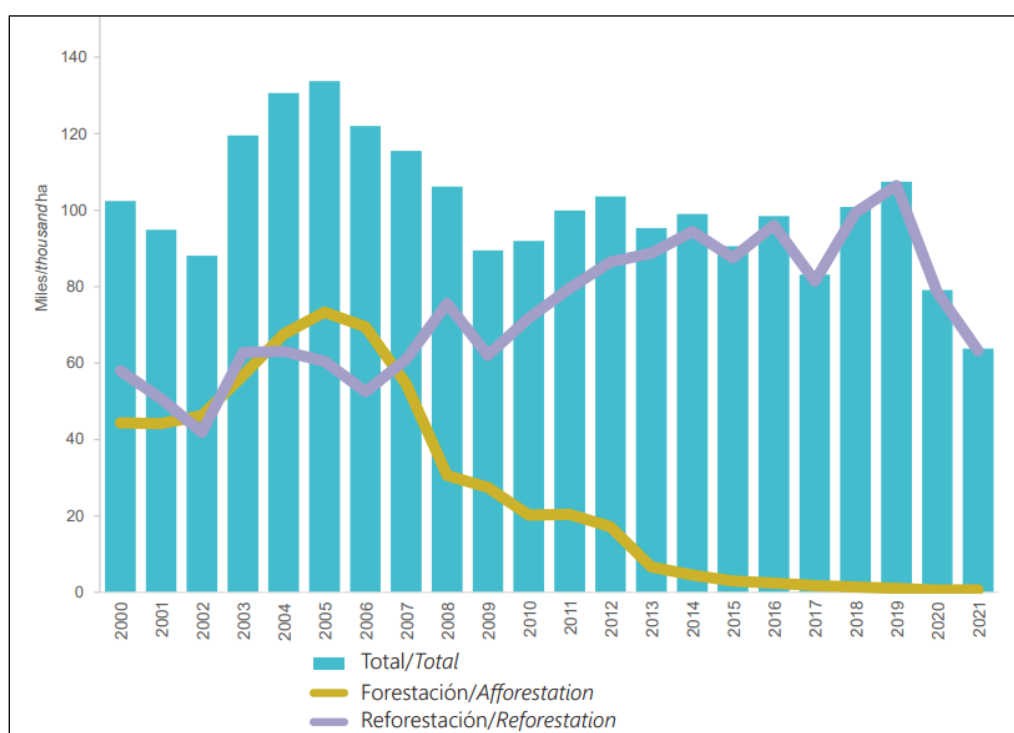


Figura 14. Superficie anual de plantación forestal con *Pinus radiata*, *Eucaliptus spp.*, *Atriplex spp.* y *Pinus spp.* (forestación en nuevas áreas y reforestación en áreas cosechadas) en Chile. Fuente: INFOR, 2022.

Según la figura 14, desde 2017 se mantiene estable la superficie en 2,33 millones de hectáreas cubiertas de plantaciones comerciales, pues luego de 2005, año en que se plantaron más de 70.000 ha nuevas, el esfuerzo se fue concentrando cada vez más en la reposición de las áreas cosechadas (INFOR, 2022).

En Chile, la producción de madera a través de los 2,33 millones de hectáreas de plantaciones es realizada por 24.577 propietarios de menos de 200 ha, 579 propietarios de lotes entre 200 y 5.000 ha, 14 empresas medianas con superficies entre 5.000 y 30.000 ha y cuatro grandes empresas con más de 30.000 ha. La industria, que incluye aserraderos, plantas de tableros y plantas de pulpa y papel, carpinterías, ebanisterías y mueblerías, entre otras, procesa 43,9 millones de m³ de madera rolliza anualmente, generando diversidad de productos forestales,

destacando 3,5 millones de m3 de tableros y chapas, 0,5 millones de m3 de madera aserrada para estructuras, 1,2 millones de Tm de papel y 5 millones de Tm de pulpa de madera (INFOR, 2022). La figura 15 muestra la participación de los sectores de recursos naturales en el valor agregado nacional y la figura 16 el destino de los productos de la industria forestal chilena.

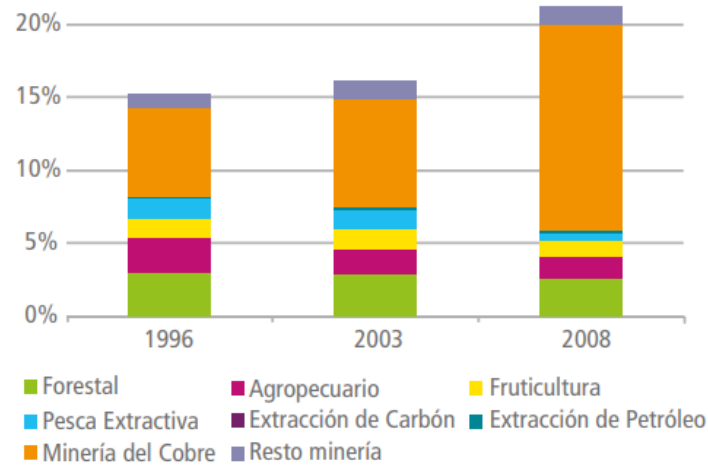


Figura 15. Participación de los sectores de recursos naturales en el valor agregado nacional de Chile.

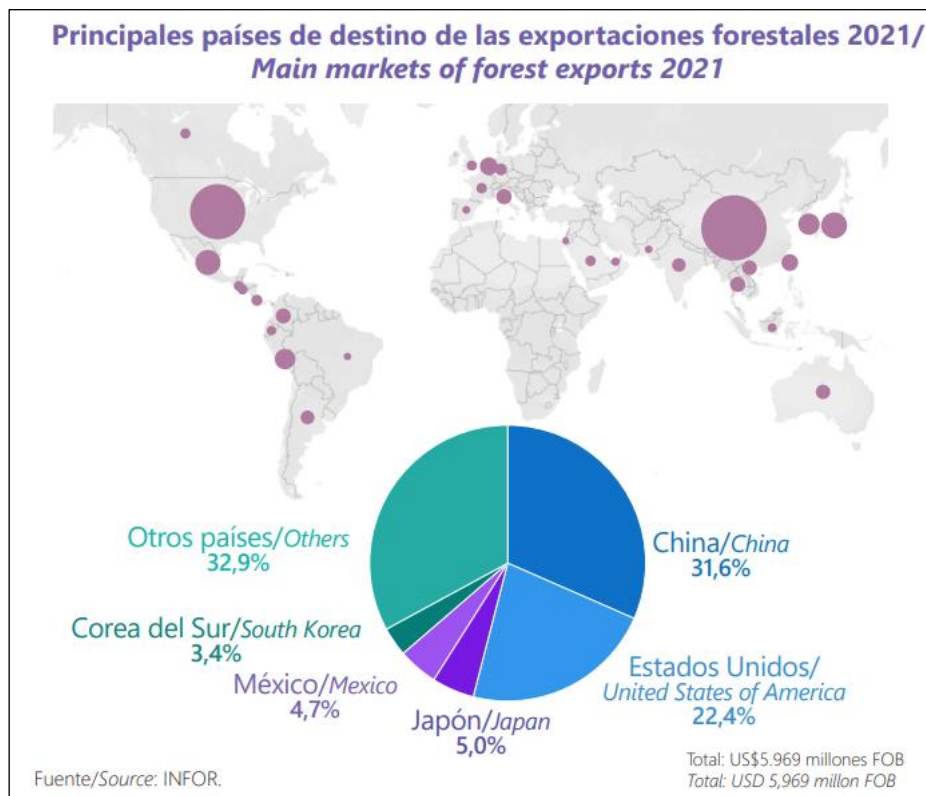


Figura 16. Las exportaciones de productos forestales de Chile van a cuatro continentes, 54% a China y Estados Unidos.

Además del ejemplo de Chile, otros países como Brasil, Argentina y Costa Rica muestran logros socioeconómicos sostenibles muy significativos, basados en el sector forestal industrial, muy estimulantes para el resto de América Latina.

La intervención mancomunada del Estado, el sector privado y las instituciones de Ciencia y Tecnología, junto con la población local, como se propone aquí, muestra un vasto récord de éxitos en numerosos países de Asia, impulsando fuertemente la economía, la generación de empleo y el bienestar social y económico de la población más urgida de empleo estable y mejoras en la calidad de vida. Luego de Japón desde los 50,s, siguieron los llamados “tigres asiáticos” a partir de los 70’s y China a partir de los 80’s. En la actualidad, India e Indonesia son ya gigantes de la economía mundial, y Vietnam, Malasia, Filipinas y otros países asiáticos muestran avances notables en sus índices socioeconómicos.

Focalizando el sector Agro, una experiencia implementada en muchos países tropicales, fue la del fomento estatal, en mancomunidad con propietarios de tierras e inversores industriales privados, de un cultivo arbóreo agroalimentario, como es la palma aceitera. Es cuestionable que sea una monocultura y que, ante la ausencia de criterios agroecológicos, el cultivo requiera de la aplicación de agroquímicos que impactan la calidad ambiental y de suelos y aguas. Incluso es conocida la pérdida reciente por enfermedades (aspecto en vías de resolución mediante la hibridación con una palmera local). Esta iniciativa se cumplió en casi todos los países de la América Tropical desde los años 60’s y 70’s, y esta política se mantiene aún en algunos países, con déficit marcado de aceites y grasas comestibles. Por ejemplo, en Colombia se establecieron más de 600.000 ha de plantaciones de palma africana, gracias al estímulo otorgado por el Estado en forma de subsidios y créditos blandos, exenciones de impuestos, creación de institutos para la investigación y organismos para el desarrollo de la cadena de valor de la palma. Y, del mismo modo, gracias a las inversiones del sector privado en tierras, plantaciones y plantas industriales.

A nivel global, desde 1970, se han plantado en todo el mundo tropical más de 26 millones de hectáreas de palma aceitera (Figura 17), y por regla general mediante programas de estímulo de los gobiernos. Indonesia (más de 16 millones), Malasia (más de 5,5 millones) y Tailandia (más de 1 millón de hectáreas) lideran la lista de países.

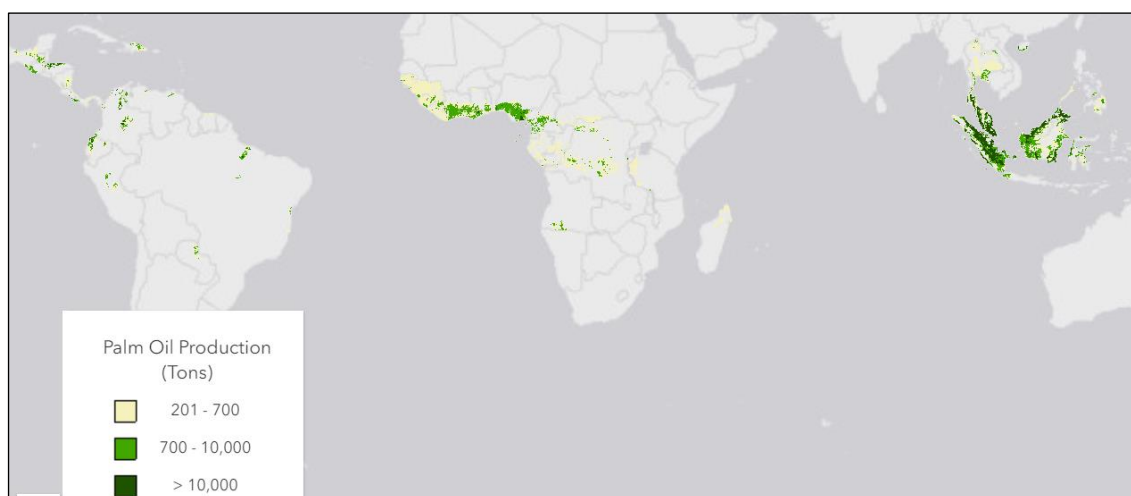


Figura 17. Cobertura de palma aceitera en el mundo tropical, la producción mundial alcanza a 73 millones de Tm. Fuente: USDA, Palm Oil explorer.

En busca de respuestas a estas preguntas pueden analizarse, en primer lugar, los mapas de deforestación histórica y de áreas para restauración en el Ecuador. Al igual que en todos los países tropicales de Asia, África y América, la masiva deforestación en curso, especialmente en los últimos 70 años, constituye una megadeuda ambiental por saldar.

La tasa de deforestación en Ecuador alcanzó cifras tope en América Latina durante la segunda mitad del siglo XX, contribuyendo a dejar sin selvas nubladas a más del 90% del valle interandino convertido a agroecosistemas de pastos introducidos de África, ganado introducido de Europa y especies arbóreas de Australia. Similarmente, la deforestación también afectó grandes espacios en la Costa para la expansión de la agricultura comercial, y, desde la irrupción de la actividad petrolera desde los 60's cambió drásticamente la ecología en amplias áreas de la Amazonía, sumando enormes pasivos ambientales por la contaminación petrolera del suelo, agua, aire y biodiversidad. El programa de restauración forestal propuesto sería un acto de justicia ambiental y acatamiento de la Constitución de la República del Ecuador, y una sustancial contribución con los derechos a un ambiente sano de las presentes y futuras generaciones en la Amazonía.

Los autores del mapa presentado en la Figura 19, (MAE) interpretaron muy asertivamente la realidad de la deuda ambiental del Ecuador al establecer como "sitios para la reforestación/aforestación" más de 6,2 millones de hectáreas en todo el territorio nacional.

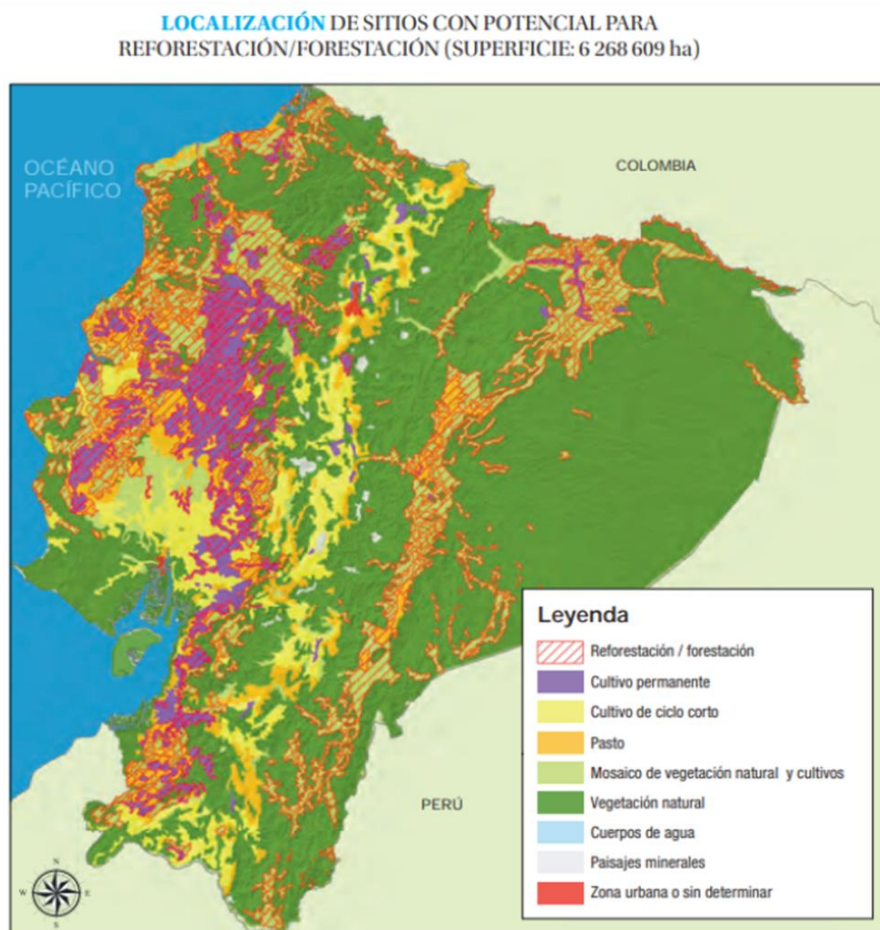


Figura 19. Áreas de interés para proyectos de reforestación/restauración. Fuente: MAE.

Naturalmente, parte de las extensas áreas deforestadas y degradadas a lo largo del último medio siglo en Ecuador deberían ser priorizadas en un programa de restauración o reforestación productiva, en un proceso de decisión colectiva junto con las comunidades y organizaciones locales. Y es que las iniciativas en el marco de este programa deben tener como protagonistas a las organizaciones locales, estimuladas por los beneficios inmediatos del programa y la oportunidad de una producción diversificada a lo largo del período de desarrollo del turno de cosecha de la madera del chuncho (15 a 20 años), y, más aún, por los beneficios de la cosecha de madera y el desarrollo de la cadena de valor: todo ello en el contexto socioeconómico y agroproductivo local.

Al buscar con más especificidad las áreas más pertinentes para el programa propuesto, es necesario volver a considerar el PNR 19-30. Este plan presenta una selección de áreas prioritarias para restauración socioambiental, concepto perfectamente compatible con los Sistemas Agroforestales basados en policultivos agrícolas y especies maderables de uso industrial (Figura 20).

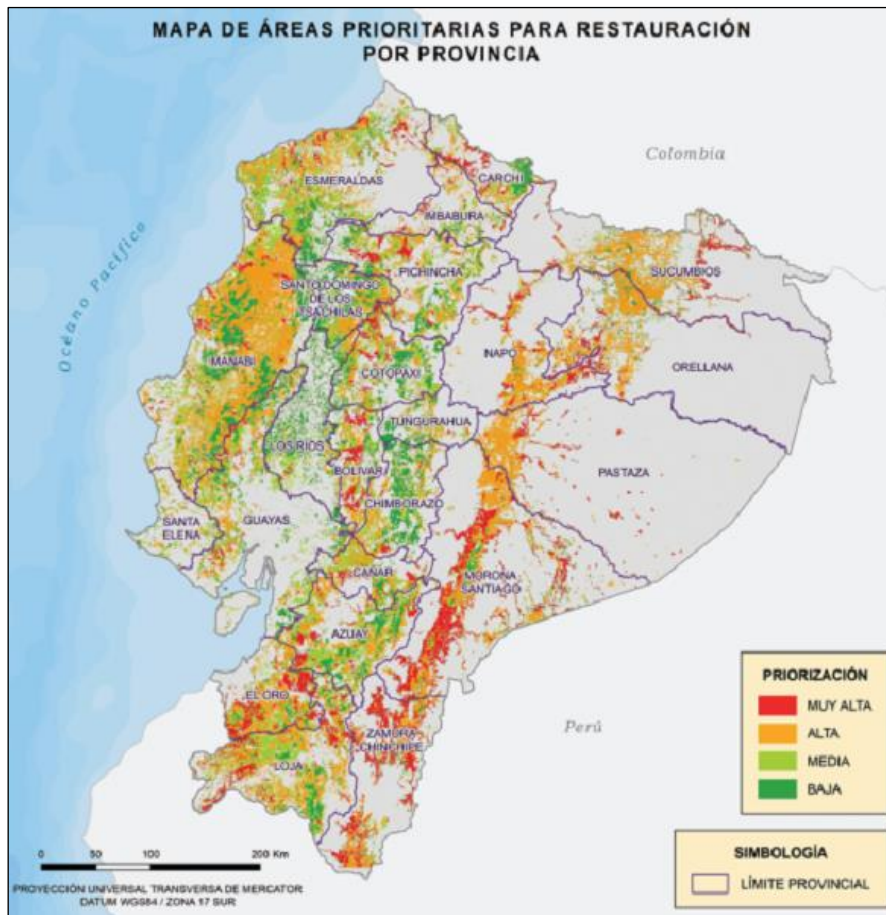


Figura 20. Áreas por provincia y clase de prioridad para restauración. Fuente: Plan Nacional de Restauración Forestal 2019-2030.

Considerando la región amazónica, en la tabla 23, el PNR 19-30 presenta las superficies de acuerdo a la provincia y a la categoría de priorización para restauración. Allí se destaca la cuantificación de más de 1,6 millones de hectáreas, de las cuales 350.000 ha son de muy alta prioridad y 650.000 de alta prioridad para proyectos de restauración. En base a esa propuesta, este programa tendría al menos un millón de hectáreas en la región amazónica, donde las

variables biofísicas y socioambientales son propicias para el establecimiento de Sistemas Agroforestales/Plantaciones Forestales para la producción combinada de cultivos alimentarios y de especies maderables apropiadas para fomentar la industrialización del país y reducir la pobreza en el medio rural.

Tabla 23. Superficies priorizadas para restauración en las provincias amazónicas. Fuente: Plan Nacional de Restauración Forestal 2019-2030.

PROVINCIA	PRIORIDAD PARA PROYECTOS DE RESTAURACIÓN				TOTAL
	MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	
Morona Santiago	158.827	192.291	33.194	23.615	407.926
Napo	30.824	85.293	10.797	5.647	132.561
Orellana	18.003	102.444	2.842	15.183	138.472
Pastaza	24.591	84.017	2.654	3.157	114.419
Sucumbíos	26.907	115.497	3.092	19.729	165.225
Zamora Chinchipe	89.766	69.605	9.430	7.146	175.948
Totales	348.918	649.147	62.009	74.477	1.134.551

En la superficie preestablecida se incluye una serie de áreas asociadas al eje vial troncal amazónico flanqueado por extensas zonas deforestadas y degradadas a lo largo de los últimos 50 años, en las cuales se han definido clases de prioridad surgidas de la integración de los modelos biofísicos y socioambientales (integración de parámetros de ambas dimensiones). De esta manera, partiendo de la unidad sociopolítica de parroquia en las áreas de muy alta y alta prioridad, eventualmente también prioridad media, se dispondría de las áreas de acción del programa que se propone. La creación del programa y la difusión de la información correspondiente pondría en acción a los actores locales como primer paso en el proceso de instrumentación de los proyectos de restauración productiva.

7.4. Hacia el Desarrollo del Sector Forestal Ecuatoriano – La Exitosa Experiencia de Chile

En este punto, es necesario volver a considerar la experiencia de Chile, puesto que no bastaría con disponer de superficies plantadas y volúmenes de madera cultivada. ¿Qué desarrollos paralelos deben emprenderse para lograr crear un sector forestal productivo e industrializado, con alta capacidad exportadora? En 1992, dieciocho años después del decreto ley de 1974 que motivó en Chile el inicio del desarrollo forestal, un informe sobre el sector (INFOR, 1992) describió la evolución ocurrida, mostrando un camino esclarecedor para otros países:

“Treinta años atrás pocos imaginaron la relevancia que adquiriría el sector forestal en el contexto económico del país. Si bien, hasta entonces el bosque nativo -principal recurso forestal- se había utilizado básicamente en la producción de madera aserrada, su degradación, producto

de la sobreexplotación realizada, constituía una seria limitante para transformarse en un pilar de desarrollo económico y social del país (argumento *válido para la región amazónica ecuatoriana*). A partir de los años 60 comienza una etapa de industrialización, basada en las plantaciones de pino radiata, que habían mostrado altas tasas de crecimiento en ciclos relativamente cortos. En este periodo la participación del sector público y privado tuvo especial relevancia, interviniendo ambos en la formación del recurso, su transformación industrial y creación de nuevas empresas. En este sentido, al Estado le cupo además la responsabilidad de investigar y transferir tecnología, necesaria para el establecimiento y el manejo de dichas plantaciones. En esta etapa la creación del Instituto Forestal (INFOR) en 1961, por iniciativa de la FAO y del Gobierno de Chile constituyó un organismo clave en el desarrollo experimentado. En la década de los 70 la actividad forestal se ve reforzada por una política económica que promueve la apertura al comercio internacional, en el cual el sector forestal encuentra un terreno propicio para su desarrollo. Asimismo, el establecimiento de un cuerpo legal destinado a fomentar la forestación masiva, a través de un subsidio directo a esta actividad, cimienta las bases para un desarrollo sostenido de largo plazo (*en este documento se propone un programa que incluye un estímulo económico*). Se llega así a la actual situación donde una considerable superficie de plantaciones de pino radiata y eucalipto, constituyen la sustentación del crecimiento industrial. A futuro, la incorporación productiva del bosque nativo, debidamente normada a través de una legislación adecuada, junto a la gran disponibilidad de terrenos de aptitud forestal, ofrece enormes perspectivas de ampliar esta base. El crecimiento industrial se encuentra respaldado por las altas tasas de inversión que se registran anualmente, por parte de inversionistas nacionales y extranjeros. En los próximos años esta tendencia se espera continúe, con lo cual el país se potenciará en algunos rubros, como un importante proveedor a nivel internacional. El dinamismo de la industria forestal, permitirá que el sector eleve considerablemente su actual aporte en la generación de divisas". Precisamente, hacia esa meta apunta la propuesta formulada en este trabajo.

Este testimonio demuestra la factibilidad de creación y desarrollo de un vigoroso sector de la economía nacional. A Chile le tomó 3 décadas alcanzar ese logro. A Ecuador le podría tomar la mitad del tiempo por tres razones: 1. Las condiciones climáticas del trópico amazónico y la calidad de las tierras propician tasas más altas de crecimiento de las plantaciones; 2. Se dispone de una gran diversidad de especies maderables, desde las más ligeras como la balsa, a las más duras y densas como el avío, pasando por las maderas finas más cotizadas internacionalmente (caoba, cedro, chuncho, laurel, batea, entre otras); 3. El país ya dispone de un sector forestal en la Costa y la Sierra con décadas de experiencia en el cultivo y la industrialización de maderas (eucalipto, pino, teca y balsa) y en la exportación de productos de valor agregado. El reto es ahora incorporar a la región de la Amazonía y, asimismo, amplias extensiones degradadas de la Sierra y de la Costa a la producción forestal.

La creación del equivalente a un instituto de investigación forestal (CIFOR, en el caso de Chile) y siendo efectivamente necesario un amplio programa de investigaciones forestales en la Amazonía ecuatoriana, ello podría lograrse a través de un esfuerzo conjunto entre la Academia (varias universidades con extensiones y proyectos en la región, además de IKIAM y la UEA) junto con el INIAP y el financiamiento de la SENESCYT y la Cooperación internacional: la FAO, GIZ, AFD, AECID, ENGIN son organizaciones internacionales muy activas en la Amazonía ecuatoriana.

Una diferencia con el desarrollo en Chile, es que, en la Amazonía ecuatoriana, el bosque natural podría ser mantenido bajo protección una vez disponibles cuantiosos volúmenes de madera

cultivada. Puede asumirse que sería viable y aceptable, social y económicamente, la protección total del bosque amazónico primario. El desarrollo de extensas plantaciones de maderas tropicales, un producto cada vez más escaso en los mercados internacionales, contribuirá a atraer las necesarias inversiones en capital y tecnología necesarias para su transformación.

Con una visión futurista, el mismo informe sobre el sector forestal chileno de 1992, ofrecía una serie de planteamientos hacia futuro (décadas 1990-2000-2010), todo lo cual es válido para el Ecuador forestal del presente visualizando su desarrollo hacia 2040-2050:

“Uno de los más importantes desafíos a cumplir para mantener la dinámica del sector, será elevar la competitividad internacional, en función de procesos sistemáticos de capacitación y adaptación de tecnologías productivas y organizacionales, a nivel de empresas individuales, de complejos industriales y de instituciones públicas y privadas (*el sector forestal ecuatoriano ya se encuentra inmerso en ello*). Otro desafío será estimular y desarrollar una industria forestal orientada hacia productos de alto valor agregado, de gran dinamismo en los mercados internacionales, y que, además, permita minimizar la alta incidencia del flete en el precio final de los productos forestales chilenos. En este contexto, la competitividad estará dada en la medida que se formulen estrategias tendientes a satisfacer permanentemente los requerimientos de los clientes, lo cual aparte de especialización y productividad, implica un mejoramiento continuo del diseño, la calidad y la innovación de productos. El aumento de la oferta exportable -por esta vía- y sus consiguientes beneficios económicos y sociales, permitirá a nivel del país y de las empresas individuales, compensar, además, eventuales gastos e inversiones para mitigar el impacto ambiental que las actividades silvícolas e industriales pueden provocar (*todo ello son excelentes aprendizajes*). Por parte del Estado, será necesario crear los mecanismos que faciliten la materialización de las inversiones requeridas en infraestructura vial, ferroviaria y portuaria, a fin de que no se transformen en una limitante para el desarrollo esperado. Asimismo, se deberá fortalecer y estimular la capacidad de investigación científica y tecnológica con que cuenta el país y dotar a las instituciones públicas de las herramientas e incentivos para aumentar la competitividad del sector (*recomendaciones de alta valía para el Estado ecuatoriano*). Otra tarea indispensable, de responsabilidad compartida entre el sector público y privado, se relaciona con el fortalecimiento de la pequeña y mediana industria, de manera de incorporar activamente al desarrollo alcanzado por el resto del sector. Para que esto ocurra, el Estado debe proporcionar los instrumentos adecuados para su modernización productiva y la capacitación de su recurso humano. En tanto, el compromiso del sector privado estará dado en el ofrecimiento real de oportunidades de integración, sea como abastecedores de materias primas, empresas de servicio en el rubro de elaboración o como proveedoras de productos semielaborados. Otro desafío del Estado y el sector privado, es la promoción del consumo interno de madera y derivados en la construcción, de manera de acelerar el proceso de aprendizaje en la generación de productos con mayor valor agregado, concordantes con las exigencias de los mercados externos, a la vez que contribuir con ello al mejoramiento de la calidad de vida de la población”. Todas estas *lecciones* son válidas para Ecuador y cualquier país que se plantee fortalecer su sector forestal como un pilar sostenible de su economía

Chile lo hizo posible y hoy cuenta con un sector forestal basado en madera cultivada y su industrialización, que constituye uno de los principales soportes de la economía nacional. ¿Cuáles fueron los instrumentos que propulsaron el aporte del sector forestal industrial a la economía nacional de Chile, desde US\$250 millones en 1980 a 2.365 millones en el 2000, y a más de 6.000 millones en 2020?

Una vez encendido el motor del proceso de desarrollo en 1974, y establecidas las primeras 800.000 hectáreas mediante el incentivo económico estatal a las plantaciones forestales, el sector privado nacional e internacional respondió positivamente con crecientes inversiones, al igual que el sector Ciencia y Tecnología, con el apoyo de organizaciones internacionales, creando las bases científicas y tecnológicas necesarias para la optimización del desarrollo en curso.

En 2013, el patrimonio aproximado de 2,2 millones de hectáreas de plantaciones forestales, principalmente Pino insigne (o radiata) y eucaliptos, atrajo más inversiones industriales por su demostrada sostenibilidad, transformando al sector forestal en la actividad económica sostenible más importante de Chile, con el 3,5% del producto interno bruto (PIB). https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_5848_2866580%20Mercado%20de%20la%20madera%20en%20el%20mundo.pdf).

La industria forestal chilena produce una amplia gama de productos fundamentalmente a partir de sus plantaciones de pino y eucalipto. Está constituida preponderantemente por plantas de celulosa, de aserrío y de tableros, con capacidades para competir exitosamente en los mercados internacionales. Chile es el mayor exportador de pasta química de coníferas (cruda) y madera perfilada de coníferas. Adicionalmente, ha desarrollado una amplia gama de empresas proveedoras y de servicios. El sector de aserrío incluye un gran número de pequeños, medianos y grandes aserraderos. La industria de tableros y paneles se mantienen al tope de la tecnología moderna y la de pulpa y papel están bien desarrolladas y producen pulpa química y mecánica, papel de prensa y otros papeles (impresión, facial, corrugado y cartulina). Además de los procesadores primarios, hay multiplicidad de empresas de molduras, puertas, ventanas, piezas para muebles, muebles terminados y gran variedad de otros productos de madera.

Para ventaja del Ecuador, el Sector Forestal ya posee un camino transitado. Ecuador es líder mundial como exportador de madera de balsa y también produce y exporta madera de teca, ambos desarrollos llevan más de tres décadas en la Costa. La madera contribuyó ya en el 2008 con el 10 % del PIB Industrial no Petrolero, con un monto de 571 millones de dólares, de acuerdo a datos publicados por el Banco Central del Ecuador (Reyes, 2012). La capacidad instalada ya desde décadas previas puede evidenciarse en las cifras de procesamiento en 2003 (Tabla 24).

PRODUCCIÓN FORESTAL DE LA INDUSTRIA PRIMARIA EN ECUADOR (2003)		
Tipo de Producto	Unidad	Producción
Aserrado	m3	750 000
Contrachapado (Tableros)	m3	120 000
Tableros Reconstituidos		
- Aglomerados	m3	94 000
- MDF	m3	66 000
Astillas	Ton	100 000

Fuente: OIMT 2004, "Consecución del objetivo 2000 y la ordenación forestal sostenible en Ecuador"

Tabla 24. Producción forestal de la industria primaria en Ecuador para el 2003.

Como un antecedente significativo puede citarse la formulación en 2007 de la Planificación Estratégica de la Transformación y Comercialización de Madera en el Ecuador 2007-2012

(EXPOECUADOR et al., 2007). De allí rescatamos la definición de la Visión y la Misión del sector forestal industrial:

Visión: Contribuir al desarrollo del País integrando la cadena de valor y produciendo bienes de alto valor agregado para el mercado nacional e internacional, bajo esquemas de sustentabilidad en el óptimo aprovechamiento de la materia prima.

Misión: Generar riqueza y bienestar en el país, proporcionando productos de madera con alto valor agregado, que cumplan normativas nacionales e internacionales; trabajados de forma eficiente y sustentable, sobre una base de valores éticos, sociales y ambientales, para satisfacer las necesidades del mercado nacional e internacional.

La industria de la madera en Ecuador está conformada por un segmento primario, que incluye a la gran industria de producción y exportación de tableros, aglomerados, listones, incluso a la comercialización en trozas; y, otro secundario formado por pequeñas empresas, talleres y artesanos (Pymes), que transforman la madera en bienes con mayor valor agregado, mayormente para el mercado nacional, incluyendo muebles para el hogar y componentes para vivienda y construcción, entre otros. La expansión y consolidación de la Pymes de la madera depende del acceso a los insumos nacionales y extranjeros que se utilizan para la industrialización de la madera, el abastecimiento de la principal materia prima, políticas estatales de incentivos y apertura de nuevas oportunidades comerciales, todo ello permitiría aumentar los beneficios en cada uno de los eslabones del sector (Reyes, 2012).

Según el MAG, citado por UTA (2019), Ecuador registró 180.000 ha de plantaciones forestales comerciales en 2019, lo que equivale a una masa aproximada de 160-170 millones de árboles plantados. El 65% de las plantaciones forestales comerciales se reportaron en Cotopaxi, Los Ríos, Guayas, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas; 160.000 ha del total corresponden a pino, teca, eucalipto, melina y balsa. Según ello, Ecuador posee el equivalente al 7,5% de la superficie de plantaciones de Chile. Las exportaciones totales de Ecuador alcanzaron un valor de 22.329,4 millones de dólares FOB en 2019, de las cuales el 80,5% se destinaron a América y Asia; correspondiendo sólo 304,1 millones de dólares a madera (1,4% del total de exportaciones). Ello equivalió a 637.000 toneladas métricas, cuyo valor promedio fue de 495,7 dólares entre 2010 y 2019. La exportación de madera aumentó 25,6% en relación al 2018 y tuvo una tasa promedio de variación interanual de 9,8% entre 2010 y 2019 (Figura 21).

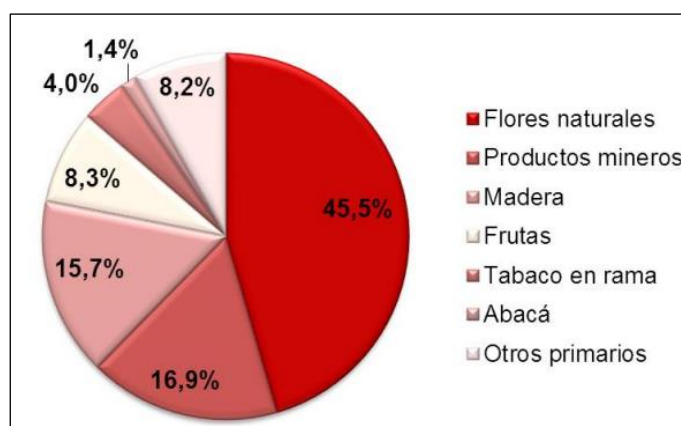


Figura 21. Exportaciones no tradicionales del Ecuador en 2019. Fuente: BCE.

En ese período se exportaron 19 variedades de madera, siendo la balsa y la teca las de mayor volumen, y sus principales destinos fueron India, Japón, Estados Unidos y China (UTA, 2020). En 2019, la madera y derivados alcanzó al 15,7% de las exportaciones no tradicionales, lo cual puede considerarse un hito muy significativo. Pese a los evidentes avances, Ecuador obtiene por madera y derivados un ingreso de divisas equivalente al 5% de los ingresos de Chile por el mismo concepto, lo cual muestra la dimensión del espacio por desarrollar.

Entre los actores que intervienen en la industria forestal están los propietarios de bosques y los intermediarios que compran, aprovechan y transportan la madera, tanto de bosques nativos como de chakras y plantaciones. Siguen los aserraderos, que cortan y preparan la madera en piezas; los depósitos, que venden la madera a consumidores finales, en especial para la construcción, y la industria que comprende las fábricas de tableros, contrachapados y aglomerados, las mueblerías y artesanos, en la que también se incluye a la pequeña industria que fabrica muebles a una escala media (Reyes, 2012).

Es necesario destacar que la mayor parte de la madera utilizada por la economía en Ecuador proviene de las plantaciones de la Sierra (eucalipto, ciprés y pino) y de la Costa (balsa y teca). En la tabla 1 se ofrecen las cifras de madera rolliza y en la tabla 2 la producción industrial primaria. Aquí cabe acotar que en un análisis FODA realizado a la Pymes de la madera de Pichincha, se identificó como la principal Amenaza el abastecimiento de materia prima, mientras que las oportunidades señaladas fueron la inversión en programas de Forestación y Reforestación del Estado, la oferta de fondos públicos para la capacitación, la formación de Clústeres y la creación de Centro tecnológico de la madera; entre las debilidades la falta en el mercado de un producto financiero que satisfaga al cien por ciento las necesidades de capital de trabajo y el acceso a materia prima de calidad y mano de obra calificada (Reyes, 2012).

En la primera década de este siglo, la madera provenía del bosque nativo (2.590.000 m³), y de las plantaciones (850.000 m³). La industria de tableros generó 226.000 m³, y la de aserrío 1.200.000 m³, alcanzando la balsa 60.000 m³ (Vásquez, 2005). En 2011 la proporción cambió, siendo los volúmenes de madera de las plantaciones y sistemas agroforestales 2.39 millones de m³ (mayoritariamente de la Sierra y de la Costa), valores muy superiores a los del bosque nativo con sólo 0,33 millones de m³. (Tabla 25). Eso significa que la industria se ha ido adaptando progresivamente a la madera de plantaciones. Vale destacar que el chuncho o seike (*Cedrelinga catenaeformis*), es una especie de alta demanda proveniente de los bosques amazónicos y utilizada principalmente para la fabricación de puertas y marcos. Según el SAF (2011) representó el 4,5% del volumen total movilizado en la región amazónica.

En fecha más reciente, MAATE (2016), a través del sistema de control forestal, determinó que las principales especies aprovechadas a nivel nacional provienen de plantaciones forestales de eucalipto y pino, principalmente de la Sierra, y de plantaciones de balsa, pachaco, melina y teca de la Costa (Esmeraldas, Los Ríos y Santo Domingo de Los Tsáchilas). La madera del bosque nativo (húmedo y seco tropical) representó solamente el 11.19% del total de madera legalmente aprovechada, y un tercio de este volumen provino de la provincia de Esmeraldas, poseedora de sólo el 6,4% de bosque húmedo tropical del país. En la figura 20 se muestra el flujo de madera entre las provincias en 2011, según cifras del MAATE.

Tabla 25. Volúmenes de madera en la economía ecuatoriana en 2011. Aprovechamiento por región y tipo de bosques en el 2011 (miles de m³)

	Tipo de bosques(en miles de m ³)					Total
	Bosques nativos (a)	Plantaciones forestales (b)	Sistemas agroforestales (c)	Formaciones pioneras (d)	Conversión legal (e)	
Aprobado						
Costa	129	684	535	30	13	1391
Sierra	1	920	228		0	942
Amazonía	204	1	20	11	15	458
Total	334	1604	784	41	28	2791
Movilizado						
Costa	121	547	295	30	7	1000
Sierra	1	768	115		0.15	780
Amazonía	113	0,4	11	11	7	246
Total	235	1316	420	41	15	2026

En los últimos años, la región amazónica ha venido demostrando que, más allá de los volúmenes de madera del bosque natural (realidad que perdería razón de ser con el programa de sistemas agroforestales propuesto en este trabajo) puede aportar al país madera cultivada en cantidades significativas. La especie pionera de rápido crecimiento Balsa, cultivada desde hace cerca de medio siglo en la Costa, ahora es también ampliamente cultivada por las comunidades amazónicas y propietarios de fincas, sin más estímulo que la demanda creada por la industria de la Costa exportadora de tableros de balsa, principalmente a China. Y la otra especie pionera, que se regenera abundantemente en forma natural, es el Pigüe, y las chagramamas, agrosilvicultoras por excelencia, manejan los rodales de esta especie hasta su cosecha y puesta en venta para la fabricación de cajas para frutas y verduras. Ambas especies se han convertido en una significativa fuente de ingresos de las familias rurales de la Amazonía. La figura 22 es una muestra del comercio de madera en el país y el rol de la región amazónica.

Las experiencias de producción de balsa y pigüe se suman a la ya tradicional producción de diversidad de maderas comerciales en las chakras amazónicas. Ello permite asumir con optimismo bien fundamentado un programa de desarrollo forestal basado en maderas cultivadas en las tierras deforestadas y en las áreas de vegetación secundaria de la región amazónica.

7.5. La Restauración Forestal de las Tierras Degradadas de la Región Amazónica Ecuatoriana

Según lo descrito sobre el sector forestal ecuatoriano actual, están dadas las condiciones para un programa de gran escala de restauración forestal productiva, vía sistemas agroforestales y plantaciones forestales en la región amazónica. Ecuador posee la experiencia y la capacidad humana tanto para crear bosques comerciales como para industrializar la madera y comercializar los productos con valor agregado. La disponibilidad creciente de volúmenes de madera provocará la expansión industrial y de los servicios requeridos, tal como lo indica la experiencia de Chile y otros países.

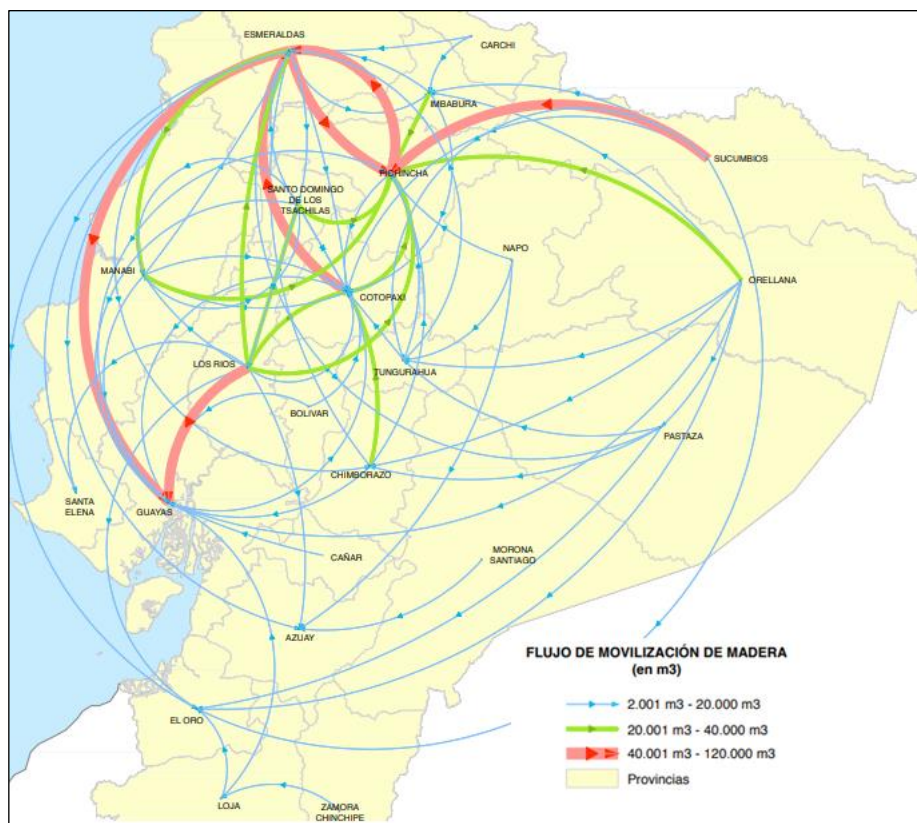


Figura 22. Flujos de madera entre provincias en 2011. Fuente: Mejía y Pacheco (2013).

La Amazonía ofrece, como su principal alternativa de madera semidura, a la especie *Cedrelinga cateniformis*, por ser una leguminosa arbórea de la familia Fabaceae, que posee características muy favorables desde el punto de vista agroecológico (potencial de cultivo en Sistemas Agroforestales) y desde el punto de vista comercial, al ser un árbol de gran porte, tronco cilíndrico y madera de calidad apta para múltiples usos; además, es de crecimiento sorprendentemente rápido, superior al de las maderas finas cedro y caoba, como se demuestra en este trabajo. Las raicillas de *C. cateniformis* crecen profusamente en la superficie del suelo y están asociadas con bacterias que fijan el N atmosférico, beneficiándose así la propia especie y otras que puedan ser integradas en policultivos o sistemas agroforestales.

El árbol adquiere, en condiciones de bosque natural, un porte de 35 a 40 m de alto, del cual al menos 2/3 corresponden a un tronco recto, cilíndrico, de 1 a 1,5 m de diámetro, libre de ramas, lo que favorece el procesamiento industrial de la madera. Árboles plantados y medidos de 18 a 25 años de edad han alcanzado una dimensión aproximada al 50% de la correspondiente a los árboles dominantes del bosque (28 metros de altura y más de 50 cm de diámetro). La madera de plantaciones posee propiedades tecnológicas que, sin alcanzar las correspondientes a las meliaceae: *Cedrela angustifolia* (o *montana*) y *Swietenia macrophylla*, pueden considerarse muy favorables al procesamiento y transformación para componentes de viviendas y mobiliario. Estas propiedades se abordarán en detalle más adelante.

El favorable contexto ambiental, nacional e internacional, que requiere y promueve alternativas para la creación de cobertura forestal, secuestro de carbono y producción sostenible de madera, crea una extraordinaria oportunidad para especies forestales como el chuncho, que puede ser la “especie-guía” de una política de desarrollo rural en base a una bioeconomía integrada, donde

la madera cultivada sea un componente mayor, junto a rubros tradicionales como yuca, plátano, cacao, café y otros.

La especie chuncho, junto con otras de valor comercial existentes en los territorios de las comunidades de Pueblos y Nacionalidades, constituyen una base de recursos económicos que se utiliza, frecuentemente, en momentos de urgencia o requerimientos especiales de efectivo. En la Figura 23 se presentan los volúmenes de madera de chuncho aprovechados en los últimos 10 años en la provincia de Napo.

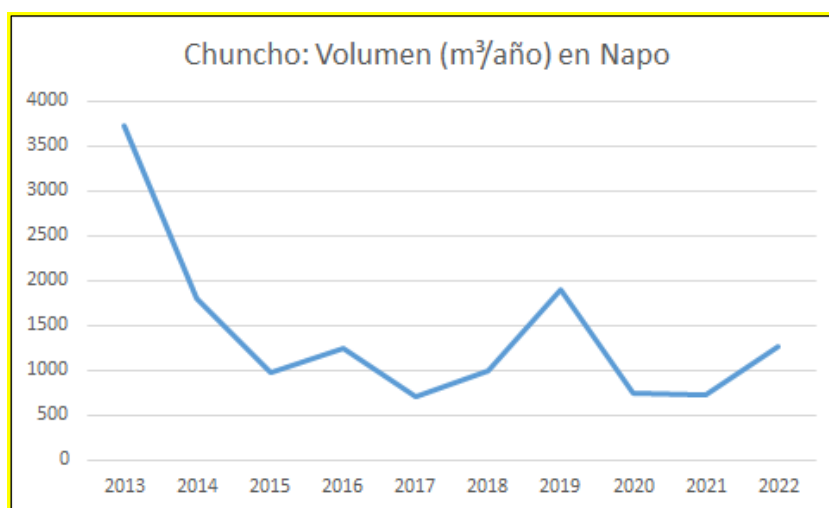


Figura 23. Volúmenes de madera de *Cedrelinga cateniformis* (chuncho o tornillo) registrados en la provincia de Napo entre 2013 y 2022 (Fuente: MAATE, Napo).

El Chuncho se ha venido aprovechando desde hace relativamente poco tiempo, junto con otra docena de especies de bosques naturales y chakras amazónicas, luego del agotamiento (y finalmente veda) de las maderas más utilizadas desde el inicio de la colonización de la región a mitad del siglo pasado: las meliáceas (caoba y cedro). Sin embargo, como era de esperarse, los volúmenes de chuncho en los rodales de bosque natural accesible y chakras son cada vez más reducidos. La madera, registrada y legalizada, son normalmente trozas o cuarterones de madera aserrada con motosierra en el lugar de corta del árbol. Es evidente la tendencia a la reducción del volumen anual de madera proveniente del bosque primario y el bosque secundario antiguo (más de 30 años) derivado de chakras agotadas y dejadas a la sucesión vegetal natural. La mayor necesidad de maderas de origen certificado como sostenible, a nivel nacional e internacional, acrecentará la demanda en las próximas décadas, creando oportunidades para el desarrollo social y económico en regiones como la Amazonía, especialmente, en las áreas intervenidas y cubiertas actualmente por matorrales, pastizales, vegetación secundaria joven y chakras.

La madera de chuncho utilizada por la industria para muebles y viviendas procede mayormente de árboles de más de 40 años (eventualmente de hasta 80-100 años) procedente de chakras y bosque natural. Para viabilizar una oferta de volúmenes de madera de árboles de plantaciones y chakras de 18 a 20 años de edad será necesario implementar políticas que establezcan las bases para lograr:

1. Consolidar las capacidades agrosilviculturales y la organización productiva de las comunidades rurales de Pueblos y Nacionalidades, por una parte y de las familias descendientes de la colonización establecida en la región desde décadas pasadas;

2. El establecimiento, a un ritmo deseable, de plantaciones y sistemas agroforestales en las chakras y tierras deforestadas con fines agropecuarios;
3. Promover las adaptaciones tecnológicas de la industria de la madera para la utilización de madera de árboles de 15 a 20 años de edad; y
4. Fomentar la arquitectura sostenible, fundamentada en la utilización de más madera (y otros componentes constructivos de origen renovable y no contaminante) y menos cemento y hierro.

En ese contexto, el desarrollo de la madera de chuncho, como alternativa de la bioeconomía amazónica sostenible, exige implementar una política integral de estímulo a las plantaciones forestales y sistemas agroforestales (con *C. cateniformis* como especie-guía) en fincas y chakras, donde las condiciones edafoclimáticas y de cobertura vegetal sean favorables al desarrollo de la especie. Esa política debe incluir varios aspectos clave:

1. Implementar una política de estímulo al cultivo de maderas comerciales, a través de sistemas agroforestales (eventualmente también de plantaciones forestales), asociados a cadenas de valor, a objeto de vencer la común resistencia a plantar especies maderables que requieren alrededor de dos décadas para el turno de corta. Se propone establecer sistemas agroforestales que posibiliten ingresos desde el primer año (maíz, yuca, plátano, frijol, etc.). Efectivamente, el policultivo o SAF permitirá ingresos a través de la generación de diversidad de rubros agroalimentarios e industriales a lo largo del crecimiento de los volúmenes de madera, incluyendo raleos de la propia especie.
2. Favorecer la disponibilidad de tierras para proyectos de plantaciones forestales y sistemas agroforestales, mediante acuerdos entre actores locales, implementados en el marco del Clúster Forestal Nacional y las mesas territoriales, tal como descrito anteriormente. La cooperación internacional y las ONGs activas en la Amazonía pueden jugar un rol clave en la promoción e instrumentación de los proyectos.
3. Promover la capacitación continua, que tendrá efectos motivadores, desde el Clúster Forestal a las organizaciones interesadas en participar.
4. Enmarcar el desarrollo forestal basado en madera cultivada, en los acuerdos internacionales de comercio internacional de maderas y productos derivados que pueda promover el Estado y diligenciar la obtención de las certificaciones correspondientes a productos sostenibles, libres de deforestación, comercio justo, entre otras. Y, asimismo, lograr la inserción del desarrollo forestal en los acuerdos internacionales para la mitigación del cambio climático, a los fines de obtener los beneficios que corresponden por la fijación de carbono (bonos de carbono), restauración ambiental y cualquier otro que corresponda.
5. Desde el sistema nacional de Ciencia y Tecnología, fomentar la investigación sobre las especies maderables: producción de semillas, viveros y sistemas de plantación y manejo. Asimismo, promover la tecnología de procesamiento de madera de plantaciones e innovación en productos terminados en base a madera cultivada. Ello debe incluir la madera generada en raleos de 5 o más años, hasta la resultante del corte final a partir de 15-20 años.
6. Estimular desarrollos urbanos y de fabricación de muebles con los criterios de la Arquitectura Sostenible, basados en la creatividad y la innovación de productos a partir de madera cultivada.
7. Realizar estudios de mercado y posicionar los productos de maderas tropicales cultivadas en el mercado nacional e internacional.

8. El programa de restauración productiva, a través de mecanismos de integración territorial, procurará los aportes posibles en todas las dimensiones de la iniciativa. GADs provinciales, cantonales y parroquiales, Universidades, ONGs, centros de investigación forestal de nivel nacional e internacional, organizaciones sociales, asociaciones agrícolas y otras organizaciones de la sociedad civil aportarían en el logro de los objetivos.

9. Las alianzas institucionales permitirán abordar temas fundamentales, como la ubicación y selección de árboles padre, con características sobresalientes que aseguren la selección de los mejores caracteres a heredar.

Las dimensiones y la complejidad del programa y los retos a resolver exigen la creación de un ente público-privado dedicado exclusivamente a ello, con capacidades instaladas y en constante desarrollo, para lo cual debe tener garantía de permanencia en el territorio y en el tiempo (décadas). En el punto 7.6 (página 76) se plantea la creación de la *Empresa Amazónica de Restauración Productiva* y se fundamenta su justificación.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ecuador requiere alternativas de desarrollo sostenible de envergadura para ir sustituyendo los ingresos actuales de la industria petrolera. La agricultura de la Costa y de la Sierra constituyen soportes sólidos de la economía nacional que, además, fundamentan la soberanía y seguridad alimentarias. La Amazonía no es apta, por sus características edafoclimáticas y por no convenir a sus riquezas en biodiversidad, culturas y recursos hídricos de calidad, para el desarrollo de la agricultura convencional basada en la revolución verde. Ello requeriría la devastación de la Naturaleza en la Amazonía (lo que ya se observa en amplios sectores de Sucumbíos y Zamora Chinchipe), vulnerando abiertamente los Derechos de la Naturaleza y las Culturas Ancestrales establecidos en la Constitución de la República del Ecuador.

El desarrollo agrícola y agroindustrial de la Amazonía debe tener como protagonista el fundamento sociocultural de la chakra y las especies vegetales nativas con potencial de mercado, sin negarse a la posibilidad de rubros adaptables a la condición amazónica (como lo demuestran el plátano y el café, entre otros). En cualquier alternativa que se proponga, el árbol, debe ser un componente clave del sistema agroproductivo. La Amazonía posee centenares de miles de hectáreas sin cobertura arbórea, de nula o mínima productividad actual. Su transformación en sistemas agroforestales industriales es la mejor opción de la Amazonía para continuar aportando recursos significativos a la economía nacional, más allá de la era petrolera y de la destructiva y contaminante actividad minera. Y esa opción no requiere deforestación, ni agroquímicos contaminantes, ni es desconocida para la población local; muy al contrario, contribuirá a fortalecer la protección ambiental y de la biodiversidad y será aceptada por las comunidades locales. Y esa opción, permitirá, además, articular efectivamente a la región Amazónica con las regiones Costa y Sierra, consolidando la sociedad nacional ecuatoriana frente a los desafíos y riesgos de la segunda mitad del siglo XXI.

La Amazonía posee, entre sus muchas alternativas, a la especie *Cedrelinga cateniformis* (en algunas publicaciones también *C. catenaeformis*). Se trata de una leguminosa arbórea de la familia Fabaceae, que posee características muy favorables desde el punto de vista agroecológico (potencial de cultivo en Sistemas Agroforestales) y desde el punto de vista comercial, al ser un árbol de gran porte, tronco cilíndrico y madera de calidad apta para múltiples usos, de crecimiento sorprendentemente rápido, superior al de otras maderas útiles. Las raicillas

de *C. cateniformis* crecen profusamente en la superficie del suelo y están asociadas con bacterias que fijan el N atmosférico, beneficiándose así la propia especie y otras que puedan ser integradas en policultivos o sistemas agroforestales.

Los árboles de chuncho adquieren, en condiciones de bosque natural, un porte de 35 a 40 m de alto, correspondiendo hasta 2/3 a un tronco recto, cilíndrico, de 1 a 1,5 m de diámetro, libre de ramas, lo que favorece el procesamiento industrial de la madera. Árboles plantados y medidos de 18 a 25 años de edad han alcanzado una altura de 22-28 metros y más de 50 cm de diámetro, aproximándose o superando al 50% de la dimensión correspondiente a los árboles dominantes del bosque de una edad estimada en alrededor de 80-120 años. En sistemas agroforestales con un adecuado espaciamiento, por ejemplo, de 4 x 4 metros, se hace factible producir cultivos anuales como el arroz, maíz, papaya y yuca hasta los 4 años de edad gracias a su copa de reducida dimensión; y de 3-5 años en adelante combina bien con rubros como guayusa, cacao y café. A los 10-12 años alcanza de 15 a 18 m de altura y genera suficiente sombra a especies arbóreas, arbustivas y hierbas, favoreciendo un microclima forestal de mayor resiliencia frente a extremos de sequía y máxima insolación. Su sistema radical absorbe nutrientes del suelo y fija N, y los incorpora al ciclo de la materia orgánica, pues al aportar su follaje al suelo pone los nutrientes a disposición de los cultivos acompañantes, contribuyendo con el mantenimiento de la fertilidad del suelo que sustenta el sistema agroforestal.

La madera de plantaciones posee propiedades tecnológicas que, sin alcanzar las correspondientes a las Meliáceas: *Cedrela angustifolia* (o *montana*) y *Swietenia macrophylla*, pueden considerarse muy favorables al procesamiento y transformación para componentes de viviendas y mobiliario. Las propiedades físicas y tecnológicas de la madera de chuncho cultivada, alcanza a partir de los 18-20 años propiedades cercanas a la madera del doble o triple de edad del bosque natural. Desde luego, durante el aserrío debe diferenciarse la albura del duramen, y en su transformación deben asignarse los mejores usos a cada tipo de madera generada.

Cedrelinga cateniformis, junto con otras especies maderables, puede ser la base de un ambicioso programa de restauración que apunte a cubrir al menos unas 100.000 ha de tierras deforestadas (5.000 ha/año) en la Amazonía ecuatoriana. El programa requeriría una inversión anual de US\$7,5 millones, y permitiría incorporar a las poblaciones locales y promover cadenas de valor de rubros agroalimentarios de corto (maíz, yuca, frijol, plátano) y largo plazo (cacao, café, etc.), generando ingresos hasta la cosecha de la madera y cubrir el mantenimiento anual de los SAF. A los 20 años, se pueden esperar rendimientos de 300 m³/ha de madera, equivalentes a 60 Tm de carbono (US\$411/ha) y 150 m³ de materia prima para muebles y componentes para viviendas (US\$40.000/ha). Iniciando en 2025, el primer turno (2044-2062) generaría anualmente un total de US\$200.000.000 en madera y US\$1.800.000 en bonos de carbono (precio 2022), lo que se repetiría durante 18 años. La cadena de valor en muebles, puertas, ventanas, etc. generaría empleo y multiplicaría los beneficios. Más aun, los ingresos obtenidos cada año permitirían reponer las 5000 ha aprovechadas y ampliar la cobertura del programa a otras 5.000 ha/año o más, afianzando su sostenibilidad y su potencial para cambiar los niveles de pobreza en la Amazonía por bienestar y progreso social y económico.

El favorable contexto ambiental, nacional e internacional, que requiere y promueve alternativas para la creación de cobertura forestal, secuestro de carbono y producción sostenible de madera, crea una extraordinaria oportunidad para el programa propuesto. El chuncho puede ser la “especie-guía” de una política de desarrollo rural en base a una bioeconomía integrada, donde la madera cultivada sea un componente mayor en sistemas de policultivos con rubros

agroalimentarios. El SAF propuesto sustentaría múltiples cadenas de valor creando empleo sostenible y valor agregado.

Para viabilizar el programa y la oferta de significativos volúmenes de madera y rubros agroalimentarios acompañantes, será necesario un esfuerzo de organización socioproductiva y de integración de voluntades y capacidades. Para ello se deberán implementar las políticas y estímulos necesarios, partiendo del Plan Nacional de Restauración Forestal 2019-2030. La meta debe ser consolidar y ampliar las capacidades agrosilviculturales y la organización productiva de las comunidades rurales para el establecimiento, a un ritmo deseable, de plantaciones y sistemas agroforestales en las chakras y tierras deforestadas. Para ello el PNRF prevé las mesas territoriales, instancia de acuerdos, que permitan la formulación de planes consensuados, la definición de los participantes, la definición de las tierras a incorporar y la promoción de las cadenas de valor de los productos a ser generados desde el primer semestre. En ese contexto, la participación de los GADs parroquiales, cantonales y provinciales fortalecería el avance del programa. La Secretaría Técnica de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica (ST-CTEA) podría jugar un rol clave en la concretización del programa.

Paralelamente, desde la Academia, el INIAP, MAE y MAGAP, entre otros actores pertinentes, se avanzaría con la capacitación y motivación necesaria para el logro de las metas. Asimismo, desde el *Clúster Forestal Ecuatoriano* se promoverían las adaptaciones tecnológicas de la industria forestal para la utilización de madera de árboles de 5 hasta 18 a 20 años de edad y fomentar la arquitectura sostenible, fundamentada en la utilización de más madera (y otros componentes constructivos de origen renovable y no contaminante) y menos cemento y hierro en procura de más y mejores viviendas accesibles a la población del territorio.

En ese contexto, se propone, en el marco del Clúster Forestal Ecuatoriano, la creación de un ente de carácter público-privado, la Compañía Amazónica de Restauración Productiva, que asuma el reto en las próximas 2 o 3 décadas de planificar, organizar e instrumentar un ambicioso programa de plantaciones y sistemas agroforestales en las tierras sin cobertura boscosa actual de la Amazonía, como alternativa para la bioeconomía amazónica sostenible post petrolera. Integrando para ello a la sociedad organizada y a las instituciones públicas y privadas, incluyendo a las comunidades de Pueblos y Nacionalidades y organizaciones agropecuarias de la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Alva Contreras, E. A. 2018. Restauración ecológica inicial de áreas degradadas de la Comunidad Nativa Tayuntsa Distrito de Nieva – Amazonas con especies nativas "Tornillo" (*Cedrelinga catenaeformis*) y "Moena" (*Aniba amazonica*). Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniería Ambiental. Universidad de Lambayeque Facultad de Ciencias De Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Chiclayo, Perú. disponible: <https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/129/3/tesis-alva-defini.pdf>
- Arias Amasifuen, V. A. 2012. Germinación de *Cedrelinga cateniformis* Ducke "Tornillo" aplicando tratamientos pre-germinativos en vivero, Puerto Almendra, Iquitos-Perú. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de la Amazonia

- Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. 49 pp. Disponible:
<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2307>
- Aróstegui, A. 1974. Estudio Tecnológico de Maderas del Perú (Zona Pucallpa). Características y Usos de la madera de 145 especies del país. Vol. II. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 483 p.
- Aróstegui, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002, Documento de trabajo N°2.
- Baluarde-Vásquez, J. R., y Álvarez-Gonzales, J. G. 2015. Modelamiento del Crecimiento de Tornillo Cedrelinga Catenaeformis Ducke en Plantaciones en Jenaro Herrera, Departamento de Loreto, Perú. Folia Amazónica 24 (1): 21-32. Disponible:
<http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foviaamazonica/article/view/57/106>
- Barros S., Molina M. & Ipinza R. 2022. El sector forestal y su evolución, la situación actual de los bosques nativos y costos de rehabilitación de bosques nativos degradados. Ciencia & Investigación Forestal Vol. 28 N° 3. DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.578>
- Brienen R. & P. Zuidema. 2003. Anillos de crecimiento de árboles maderables en Bolivia, su potencial para el manejo del bosque y una guía metodológica.
https://www.researchgate.net/publication/46644577_Anillos_de_crecimiento_de_arboles_maderables_en_Bolivia_su_potencial_para_el_manejo_de_bosques_y_una_guia_metodologica
- Boada D. & Resl R. 2015. Implementación de un Sistema de Información Geográfica para el manejo del recurso suelo para mejorar la productividad de los principales cultivos en el Ecuador. Tesis maestría. Colegio de Postgrado, Universidad de San Francisco. Quito. 102 p.
- Torres B., Günter S., Acevedo-Cabra R., Knoke T. 2018. Livelihood strategies, ethnicity and rural income: The case of migrant settlers and indigenous populations in the Ecuadorian Amazon. Forest Policy and Economics, Volume 86:22-34. ISSN 1389-9341.
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.10.011>.
- Bustamante T y J. I. Zalles, Eds. 2020. De la parcela al paisaje: restauración forestal en los Andes ecuatorianos / coordinado por Teodoro Bustamante y Jorge I. Zalles. Quito : Editorial FLACSO Ecuador. 220 pp. Disponible: <https://condesan.org/wp-content/uploads/2021/07/LFLACSO-Bustamante-COOR-151857-PUBCOM.pdf>
- Campos y Chuquicaja, 2015. Factor de conversión en aserrío para trozas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke y *Aniba sp.* en Chanchamayo. Revista Forestal del Perú, V.15(1):1-11, Peru.
Disponible:[http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol15_no1_88_\(21\)/vol15_no1_art4.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol15_no1_88_(21)/vol15_no1_art4.pdf)

- Condori, C. 2007. Propiedades mecánicas de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Tornillo) proveniente de dos tipos de plantaciones y diferentes edades del centro de investigación Jenaro Herrera - Loreto. Tesis Ing. Forestal. Lima. PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 127 p.
- CORPEI- Comunidad Económica Europea-COMAFORS – AIMA – CAPEIPIAIMA. 2007. Planificación Estratégica de la Transformación y Comercialización de Madera en el Ecuador 2007-2012. Sub-Sector Transformadores y Comercializadores de Madera en el Ecuador. Disponible: https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_Industrias.pdf
- Durán, P. 2003. Evaluación de las propiedades mecánicas de la madera de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Tornillo) proveniente de plantaciones, con respecto a la influencia de cuatro factores de crecimiento. Tesis Ing. Forestal. Lima. PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 80 p.
- Ecuador Forestal 2012. Ficha Técnica No. 9. Disponible: <https://ecuadorforestal.org/noticias-y-eventos/ficha-tecnica-no-9-chuncho/>
- Evans K, Monterroso I, Ombogoh DB, Liswanti N, Tamara A, Mariño H, Sarmiento JP y Larson AM. 2021. Cómo acertar, guía para mejorar la inclusión en los foros multiactor. Bogor, Indonesia: CIFOR. 70 pp. Disponible: https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/Como-Acertar.pdf
- EXPOECUADOR- COMAFORS – AIMA – CAPEIPI. 2007. Planeación Estratégica 2007 – 2012 - Sub-Sector Transformadores y Comercializadores de Madera en el Ecuador. Quito. https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_Industrias.pdf
- FAO. 1995. Impacto Ambiental de las Prácticas de Cosecha Forestal y Construcción de Caminos en Bosques Nativos Siempreverdes de la X Región de Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. <https://www.fao.org/3/V9727S/v9727s00.htm#Contents>
- Flores Lovera, C. 2023 . Almacenamiento de carbono y producción de oxígeno en plantaciones de *Cedrelinda cateniformis* de diferentes edades, en Puerto Almendra, Iquitos-Perú, 2021. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Disponible: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/8997/Carlos_Tesis_Titulo_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Franco, W. & S. Álvarez. 2020. La Biodiversidad de la Amazonía Ecuatoriana y su Relevancia Global. ¿Podrán detenerse los procesos de degradación en marcha?. In: Investigación y Desarrollo - Cooperación Española con el Sistema de Investigación, Desarrollo e Innovación en Ecuador. (pp. Capítulo VI: página 118-133 (libro 1-178)). Publisher: AECID - Cooperación Española. Disponible: <https://n9.cl/py90i>

- Fundación Ishpingo, 2008. Guía práctica para la reforestación, Recolección de semillas, Manejo de vivero y Agroforestería; Fichas técnicas de las principales especies maderables- Alto Napo - Amazonía Ecuatoriana, Tena. Disponible en: <https://ishpingo.org/wp-content/uploads/2015/12/Guia-practica-para-la-reforestacion-Guide-pratique-pour-la-reforestation.pdf>
- Gonzalo Ribeiro, S. J. 2013. Valoración económica del secuestro de CO2 en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet) "marupa" y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) "tornillo" en el Ciefor, Puerto Almendra, Iquitos - Perú. Tesis de grado Universidad Nacional De La Amazonía Peruana. Disponible: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4921>
- Guerra y Bustamante, 2016. Resistencia al cizallamiento de la línea de cola en madera de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke) procedente de plantaciones en la zona de Ucayali, Perú. Revista Forestal del Perú, 31 (1): 1- 10, (2016). ISSN 0556-6592 (Versión impresa) / ISSN 2523-1855 (Versión electrónica). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
- Held, C., Meier-Landsberg, E. & Alonso, V. 2021. Maderas tropicales 2050: un análisis de la oferta y la demanda futuras de maderas tropicales y su contribución a una economía sostenible. Serie técnica OIMT no 49. Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), Yokohama, Japón. Disponible: https://www.itto.int/direct/topics/topics_pdf_download/topics_id=6750&no=1&lang=es&disp=inline
- Hite, Kristen Ann. 2002. Plan de manejo para el bosque protector de la Fundación para la Educación y Desarrollo Integrado, FUNEDESIN. Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Maestría en Gestión Ambiental, Universidad San Francisco de Quito. 99 pp. Disponible: <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/884>
- INFOR. 2022. EL SECTOR FORESTAL CHILENO 2022. INFOR, Ministerio de Agricultura. <file:///C:/Users/PAVILION/Downloads/ElSectorForestal2022.pdf>
- INIA-UNALM-ICRAF, 2010. Subproyecto: Estudio de trabajabilidad de la madera de cuatro especies procedentes de plantaciones en la región Ucayali. Depósito Legal N° 2010-12046. La Molina, Perú.
- JUNAC, 1989. Manual del Grupo Andino para el Secado de Maderas. 1era Edición, JUNAC 010-016-1. Lima, Perú.
- Jaramillo Vallejos, J.R. 2021. Determinación del factor de forma en *cedrelinga cateniformis* D. Duke (Chuncho), y *Ceiba Pentandra* (L.) Gaerth (Ceibo), para el aprovechamiento forestal sustentable en la provincia de Sucumbíos. Tesis de Maestría, Universidad Técnica del Norte, Instituto de Postgrado. Maestría en Gestión Sustentable de Recursos Naturales Renovables. Ibarra - Ecuador. 57 pp. Disponible: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11490>

- Jiménez E., J. P. 2015. Desarrollo de protocolos para propagación in vitro de chuncho (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke) y quishuar (*Buddleja incana* Ruiz&Pav.) mediante la técnica de organogénesis. Universidad Politécnica Salesiana de Quito, Tesis para titulación de Ingeniería en biotecnología de los recursos naturales. Disponible: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8733/1/UPS-QT06662.pdf>
- Jones K. et al. 2016. Forest conservation incentives and deforestation in the Ecuadorian Amazon. *Environmental Conservation* 44 (1): 56–65. Disponible: <https://tinyurl.com/5hchwshk>
- Keenan y Tejada, 1987. Maderas Tropicales como Material de Construcción en los Países del Grupo Andino de América del Sur. IDRC-TS49s. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Apartado Postal Aéreo 53016, Bogotá, Colombia
- León, Williams. 2008. Anatomía de Madera en 31 Especies de la Subfamilia *Mimosoideae* (*Leguminosae*) en Venezuela. *Revista Colombia Forestal* Vol. 11: 113-135 / Diciembre 2008.
- MAE 2023. Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Reserva Biológica Colonso Chalupas. Disponible: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-biol%C3%B3gica-colonso-chalupas>
- Mejía, E. 2021. Réquiem por el seique, la madera dura de bosque nativo más explotada en el Ecuador. BAM, Bitácora Ambiental. Periodismo independiente para la naturaleza y su gente. Disponible: <https://www.bitacoraec.com/post/r%C3%A9quiem-por-el-seique-la-madera-de-bosque-nativo-m%C3%A1s-explotada-en-el-ecuador>
- Mejía E y Pacheco P. ed. 2013. Aprovechamiento forestal y mercados de la madera en la Amazonía Ecuatoriana. Occasional Paper 97. Bogor, Indonesia: CIFOR. Disponible: <https://doi.org/10.17528/cifor/004290>
- Montero Gonzales M. I., J. A. Barrera García, B. Giraldo Benavides y A. A. Lucena Mancera. 2016. Fichas Técnicas de Especies de uso Forestal y Agroforestal de la Amazonia Colombiana. Bogotá - Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI Disponible: <https://sinchi.org.co/fichas-tecnicas-de-especies-de-uso-forestal-y-agroforestal-de-la-amazonia-colombiana1>
- Morales O. W. 2018. Caracterización de variables dasométricas, fenotípicas foliares de quince procedencias de *Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke (Chuncho), en el Cantón Joya de Los Sachas, Provincia de Orellana. Tesis de Ingeniería Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Disponible: <https://tinyurl.com/yc82ze7c>
- Mueras Coral, L. 2010. Efecto del sustrato, dosis de ácido indolbutírico y características morfológicas en el enraizamiento de estacas juveniles de Tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke) utilizando propagadores de sub-irrigación en Pucallpa-Ucayali, Perú.
- Ninin, Luc; 1986; Manual de Aserrado y Afilado. Mérida: Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de los Andes, 1986. 288 p.

- Ocaña Ruiz, K. F. 2018. Determinación de propiedades físicas, químicas y mecánicas de las especies *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), *Miquartia guianensis* (Guayacán pechiche), en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Tesis de grado. Ingeniero Forestal). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Disponible:
- Otárola-Acevedo, E., & Linares-Bensimón, C. 2002. Tablas de Volumen Total y Comercial de *Cedrelinga Catenaeformis* Ducke "Tornillo" para Plantaciones en Loreto, Perú.
- Otárola-Acevedo, E., Freitas-Alvarado, L., Linares-Bensimón, C., & Baluarte-Vásquez, J. R. 2001. Estimación de la Calidad de Sitio mediante «Índices de Sitio» para *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Tornillo) en Plantaciones de Jenaro Herrera, Loreto (Perú).
- Otárola y Linares, 2002. Tablas de volumen total y comercial de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke "Tornillo" para plantaciones en Loreto, Perú. Folia Amazónica VOL. 13 (1-2) - 2002 IIAP 151.
- PROMPEX-WWF-USAID-INIA-ITTO, 2000. Proyecto "Promoción de Nuevas Especies Forestales del Perú en el Comercio Exterior". Lima, Perú.
- Recalde Caiza. P.L. 2015. Propagación de la especie chuncho "*Cedrelinga catenaeformis*" mediante semillas, empleando dos métodos de siembra en el vivero Dos Ríos, parroquia Muyuna, cantón Tena, provincia de Napo. Universidad Nacional de Loja. Tesis requisito de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. 79 pp Disponible: <https://tinyurl.com/4rpk364d>
- Reyes Vera, J. 2012. Encadenamiento de la Producción de Bienes Elaborados de Madera en el Ecuador: Un Análisis Situacional de las Pymes de Pichincha Afiliadas a la Capeipi. Tesis de Maestría en Economía y Gestión Empresarial. FLACSO, Quito.
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/9310/2/TFLACSO-2012JCRV.pdf>
- Robles Guimet, J. A. 2017. Manejo de plántulas de *Cedrelinga catenaeformis* "tornillo" en vivero con diferentes sustratos orgánicos, Puerto Almendras, Loreto, Perú.
- Saldaña Guzmán, L. d. P. 2015. Crecimiento y sobrevivencia, en vivero, de plántulas de *Cedrelinga catenaeformis* tornillo, en diferentes sustratos. Puerto Almendras, Loreto, Perú.
- Saldaña Shapiama, P. A. 2010. Estimación de biomasa de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (tornillo) y Simarouba amara Aublet (marupá) en plantaciones forestales del centro de investigaciones Jenaro Herrera.
- Sánchez M. y C. Reyes 2015. ECUADOR: Revisión a las principales características del recurso forestal y la deforestación. Revista Científica y Tecnológica UPSE, Vol. III, N. 1, 41-54. Disponible: <file:///C:/Users/Gabriel%20Pic%C3%B3n/Downloads/70-Texto%20del%20art%C3%ADculo-290-1-10-20160113.pdf>

- Sánchez Sarango, Y. A., 2012. Elaboración de tablas de volúmenes y determinación de factores de forma de las especies forestales: chuncho (*Cedrelinga cateniformes*), laurel (*Cordia alliodora*), sangre de gallina (*Otoba sp.*), ceibo (*Ceiba samauma*) y canelo (*Nectandra sp.*), en la provincia de Orellana. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Forestal Riobamba – Ecuador. Disponible: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2213>
- Silva, Z. 2005. Características anatómicas y propiedades físicas de *Cedrelinga cateniformis* Ducke. (Tornillo) de diferentes edades, proveniente de plantaciones de Jenaro Herrera. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. UNALM. 105p.
- Soudre, K. 2004. Influencia de cuatro factores de crecimiento en la variación de las propiedades físicas en la madera de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Tomillo), de las plantaciones establecidas en el bosque Alexander von Humboldt, Ucayali. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. UNALM. 110p.
- Silva Moreno, H. F. 2011. Densidad de siembra adecuada para el crecimiento de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) "Tornillo" en parcelas demostrativas a campo abierto, CIEFOR-Puerto Almendra.
- Silva Teco, G. 2008. Análisis económico y financiero de la plantación 401-74 de tornillo *Cedrelinga cateniformis* Ducke, y marupa *Simarouba amara* Aublet en el Centro De Investigación Jenaro Herrera, Loreto-Perú.
- Traywick, J.D. 1959. Mechanical and related properties of tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke). Thesis (Mag. Se.) North Carolina State University, Raleigh, N.C., US. 106p.
- UNTAD. 2021. Informe sobre las Inversiones en el Mundo. https://unctad.org/system/files/official-document/wir2021_overview_es.pdf
- UTA.2020. Sector Maderero Ecuador. Panorama General. <https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2020/06/Sector-maderero-Ecuador-aprobado-1.pdf>
- United States Department of Agriculture (USDA). Palm Oil explorer. 2023. https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=4243000&sel_year=2019
- Vásquez Gutiérrez, W. P. 2014. Producción de oxígeno en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet) "marupa" y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) "tornillo" en cinco diferentes edades en Puerto Almendra, Iquitos-Perú.
- Vega Herrera, C. E. 2017. Evaluación de soluciones nutritivas y frecuencias de aplicación en plantas de *Cedrelinga cateniformis* Duke (Chuncho), en condiciones de vivero en Santa Cecilia, Lago Agrio, provincia de Sucumbíos. (Tesis de grado. Ingeniero Forestal). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Disponible: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8180>

Vega, Natalia, 2010. Evaluación de las propiedades físico mecánicas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke procedente de plantaciones de 20 años del Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Ucayali (Perú). *Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal*. Universidad Nacional Agraria La Molina, *Facultad de Ciencias Forestales*. 185p.

Villa, B., 2009. Propiedades físico mecánicas de la especie *Cedrelinga cateniformis* Ducke provenientes de plantaciones instaladas en la Estación Experimental Alexander von Humboldt. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria de La Molina. Lima, Perú.140p.

WOOD NEWS. 2013. EL MERCADO DE LA MADERA EN EL MUNDO.

https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_5848_2866580%20Mercado%20de%20la%20madera%20en%20el%20mundo.pdf

Yepes y Linares, 2007. Rendimiento de trozas aserradas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke obtenidas del raleo silvicultural de plantaciones en Jenaro Herrera, Loreto. Perú. *Folia Amazónica*, Vol 16 N°1-2 2007:115-120. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Informe de encuestas a carpinterías

Informe de Análisis de encuesta

Evaluación de aptitud de uso de madera de Chuncho (*Cedrelinga cateniformis*) en Carpinterías

Introducción

El presente informe está basado en las encuestas realizadas en el cantón Archidona con las empresas: 1) Talleres July, que inició su emprendimiento en el 2004; 2) Carpintería Puma, creada en el 2001 y 3) Carpintería Ébano, creada en el 2012; por otra parte, en la zona norte y sur del cantón Tena, se encontró las siguientes empresas: 4) Mueblería Gonzalez, que empezó en el 2008; 5) Mueblería Oriente, inició su empresa en el 2015; 6) Industria Maderera Salvador Soria, que ofrece sus servicios desde el 2000; 7) Divisiones de muebles Ecuador, creada aproximadamente en el 2013, y por último el 8) Aserradero Vacas, que comenzó sus labores desde el 2000.

Con el objetivo de analizar los resultados obtenidos con base a las respuestas dadas por los dueños de las empresas, se hizo la evaluación de aptitud de uso de manera global de las carpinterías que laboran con la madera de chuncho. Las interpretaciones de los resultados se realizaron desde la pregunta tres de la encuesta.

Interpretación de los datos

Pregunta 3

¿Desde cuándo utiliza la madera de Chuncho?

Figura 1. Uso del chuncho a lo largo del tiempo en las carpinterías. **Fuente:** encuestas de las carpinterías.

De acuerdo a las encuestas realizadas, las ocho carpinterías encuestadas en Tena y Archidona, han usado la madera de Chuncho por más de 10 años. Esto representa el 100% de la muestra.

Pregunta 4

¿La madera de Chuncho que utiliza en su empresa proviene de plantaciones y/o de bosque natural?

Figura 2. Procedencia de la madera de chuncho en las carpinterías. **Fuente:** encuestas de las carpinterías.

El 30% del total de la madera que utilizan las carpinterías encuestadas en Tena y Archidona, provienen de plantaciones, el 60% de bosques naturales y solo el 10% (una carpintería) desconoce de dónde proviene la madera que utiliza. De acuerdo a la información proporcionada por las personas encargadas de las carpinterías, la madera de chuncho que reciben tiene edades entre 10, 15, 20 y 50 años.

Tabla 1. Porcentaje y edad de la procedencia del chuncho

Porcentaje	Plantaciones	Edad de plantaciones	Bosque natural
30%	X	20 años	
50%			X
70%			X
80%			X
100%	X	10, 15 y 50 años	X

Fuente: encuestas de las carpinterías.

Pregunta 5

¿Tiene alguna manera de conocer el contenido de la humedad de la madera aserrada de Chuncho al ingresar a su empresa?

Figura 3. Conocimiento del contenido de humedad en la madera de chuncho en las carpinterías.

La mitad de los encuestados conoce la humedad de la madera de chuncho que llega a sus carpinterías a través de la experiencia (por peso), y porque el proveedor le informa.

Figura 3.1. Conocimiento del contenido de humedad en la madera de chuncho en las carpinterías. **Fuente:** encuestas de las carpinterías.

Pregunta 6

¿La madera aserrada de Chunchu que recibe en su empresa presenta dimensiones estándares?

Figura 4. Medidas estándares en la madera de chunchu en las carpinterías. **Fuente:** encuestas de las carpinterías.

Tabla 2. Producto o subproducto de las carpinterías y sus dimensiones

N°	Producto o subproducto	Espesor (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad (m ³ o %)
1	Tablones	0.055	0.23	2.00	-
		0.05	0.24	2.40	-
		0.05	0.25	2.40	-
		0.05	0.23	2.40	-
		0.05	0.15	2.40	20%
2	Tablas	0.025	0.25	2.40	-
		0.03	0.23	2.40	-
		0.03	0.25	2.40	5%
		0.02	0.22	2.40	0.013 m ³
		0.02	0.24	4.00	0.013 m ³
		0.024	0.25	4.00	0.013 m ³
3	Dobles piezas	0.10	0.25	2.40	50%
4	Burros	0.20	0.20	2.40	15%
5	Cuartones	0.05	0.15	2.40	10%

Fuente: encuestas de las carpinterías.

La mayor parte de productos derivados de chuncho que ingresa a las carpinterías, corresponde a tablas y tablones. Las tablas, en promedio tienen una medida de 2,40m x 23cm y espesor 3cm. Por otra parte, los tablones, en promedio son de 2,40m x 24cm y 5cm de espesor.

Pregunta 7

Especifique los principales tipos de productos que produce su empresa con la madera de Chuncho y anexe las dimensiones de las piezas para elaborarlo

Tabla 3. Producto de las carpinterías y sus dimensiones

N°	Producto o subproducto	Espesor (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad (m ³ o %)
1	Puertas	0.15	2.15	2.20	100%
		0.04	0.90	2.10	100%
		0.07	0.825	2.03	65%
		0.04	0.04	0.74	0.039 m ³
		0.02	0.06	0.22	0.039 m ³
		0.06	0.9	2.03	25%
2	Ventanas	0.15	1.50	2.20	100%
3	Muebles	-	1.20	1.70	-
4	Armario	0.18	1.90	2.40	55%
		0.02	0.06	0.22	0.039 m ³
		0.06	0.06	1.20	40%
		0.5	1.40	2.40	5%
		0.024	0.05	2.00	0.26 m ³
5	Cómodas	-	0.012	1.70	
		-	0.012	0.06	40%

6	Mesas	0.024	0.25	4.00	0.052 m ³
		0.02	0.28	0.8	100%
		0.04	0.04	0.07	0.065 m ³
		0.02	0.06	0.22	0.039 m ³
7	Camas	0.04	1.09	1.90	20%
		0.05	1.50	1.90	15%
		0.024	0.25	4.00	0.039 m ³
8	Juego de comedor	0.054	0.80	1.90	10%
		0.06	0.75	1.40	5%
9	Sillas	0.024	0.25	4.00	0.0065 m ³
		0.04	0.6	0.7	0.013 m ³
		0.02	0.06	0.22	0.013 m ³

Fuente: encuestas de las carpinterías.

En el caso de las puertas y ventanas, son los únicos productos que pueden llevar hasta un 100% de elaborado a partir de madera de chuncho (independientemente del tamaño). El resto de productos que elaboran las carpinterías, solo utilizan partes y medidas específicas con madera chuncho para elaborar algún mueble.

Pregunta 8

Especifique en porcentaje estimado del número de piezas que presenta los siguientes defectos en la madera aserrada de Chuncho que ingresa a la empresa

Figura 5. Defectos en la madera de chuncho en las carpinterías. **Fuente:** encuestas de las carpinterías.

Tabla 4. Porcentaje de cada defecto en la madera aserrada

Defectos	5%	10%	15%	20%	30%	50%	90%
----------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Arqueadura		X		X		X	
Encorvadura		X		X			
Acanaladura		X	X				
Torcedura	X	X		X		X	
Acebolladura	X	X	X			X	
Rajaduras en la cara		X					
Rajaduras desde la médula		X	X				
Médula en la cara		X					
Variación de espesor		X					X
Marcas de aserrado		X	X	X	X		

Fuente: encuestas de las carpinterías.

En general, la madera de chuncho que llega a las carpinterías presenta todos los defectos antes mencionados; sin embargo, la mayor parte coincide en que son arqueadas y tiene marcas de acebolladuras. Por otra parte, del total de la madera que puede recibir una carpintería, hasta un 90% tiene variación de su espesor.

Pregunta 9

Especifique características de las máquinas y equipos utilizados para procesar la madera de Chuncho

Tabla 5. Máquina y equipo usado en la madera aserrada

Máquina y Equipo	Hp del Motor	RPM del Motor	Angulo de Corte	Velocidad de Avance	Velocidad de Herramienta
Canteadora	3	3700	0	A pulso	80 m/h
	3	2700	0	10s x 2,40 m	-

	5.5	3000	-	380/660	-
	2	3450	45 y 90°	-	-
	-	3000	-	-	-
Cepilladora	3	5700	0	10s x 2m	120km/h
	10	1765	-	25	-
	5.5	3000	-	110	4 KW
	3.7	2500	0	-	-
Sierra	7	3700	90°	10s x2m	80 km/h
	7.5	3500	-	220/440	-
	5	4300	90°	-	-
Sierra circular	3.7	2500	0	-	-
Tupí de banco	1	3700	0	-	-
Candiadora	3	1750	-	110/220	-
Sierra de banco	10	4600	-	-	-
Lijadora de banco	5.5	1700	-	-	-
Sierra cinta	3	445	0 y 45°	144/315	-
Pulidora	-	-	-	-	-
Alacadora	-	-	-	-	-

Fuente: encuestas de las carpinterías.

Canteadora, cepilladora y sierra, son las tres máquinas que usan principalmente las carpinterías en Tena y Archidona.

Pregunta 10

Indique los defectos superficiales más importantes que ocurren durante el labrado de la madera de Chuncho, utilizando las máquinas y equipos mencionados en el cuadro anterior

Figura 6. Defectos al usar la maquinaria y equipo en la madera de chuncho en las carpinterías. **Fuente:** encuestas de las carpinterías.

Los principales defectos que se han visto por el uso de la maquinaria presentada en la pregunta 9, son las marcas de virutas y grano levantado o en relieve, incluso, las marcas que dejan las cuchillas.

Pregunta 11

¿Cuál es su opinión sobre la resistencia de las uniones elaboradas a partir de madera de Chuncho?

Tabla 6. Resistencia de las uniones elaborados

Tipo de Unión	Buena Resistencia	Mediana Resistencia	Baja Resistencia
Clavada	X		
Atornillada (Drywall)	X		
Encolada	X		

Fuente: encuestas de las carpinterías.

Todos coinciden en que los diferentes tipos de uniones que realizan con la madera de chuncho, tiene una buena resistencia.

Pregunta 12

¿Cómo evalúa usted la precisión de las uniones de sus productos al utilizar madera de Chuncho?

Tabla 7. Precisión de las uniones de los productos con chuncho

Tipo de Unión	Buena Precisión	Mediana Precisión	Baja Precisión
Espigada	X		
Cara sobre Cara	X		
Canto/Canto	X		

Fuente: encuestas de las carpinterías.

Todos coinciden en que las uniones con madera de chuncho, son de buena precisión.

Pregunta 13

Indique con “X” los diferentes tipos de lijas utilizadas para lograr la calidad superficial de sus productos con madera de Chuncho

Figura 7. Granulometría de lija usada en la madera de chuncho en las carpinterías.

Fuente: encuestas de las carpinterías.

Las lijas que mayormente utilizan son las de 100 y 120.

Pregunta 14

Indique los tipos de productos aplicados sobre la madera de Chuncho para lograr la calidad superficial de sus productos

Tabla 8. Productos para la calidad superficial del chuncho

Nombre del Acabado Superficial	Rendimiento en metros cuadrados por Galón de Solución	Resultados
Sellador para poros	10 m ² , 29.6 m ² , 2 m ² , 1 m ²	Bueno
Laca	5 m ² , 8 x 6 m ² , 8 m ²	Bueno
Tintes	29.6 m ² , 8 m ²	Bueno
Laca Bernin	29.6 m ²	Bueno
Laca brillante	1 m ²	Regular

Laca mate	1 m ²	Bueno
Tiner	4 m ² , 6 x 8 m ²	Bueno
Color	1 m ²	Bueno
Maderol	2 m ²	Bueno

Fuente: encuestas de las carpinterías.

Los principales productos aplicados en las carpinterías para el acabado de la madera, son: sellador de poros, laca y tintes. De acuerdo al criterio de los encuestados, estos productos les brindan la calidad que necesitan.

Pregunta 15

Especifique la lista de usos y/o posibles productos que le gustaría desarrollar en su empresa con la madera de Chunchu y que por razones técnicas y/o económicas no ha logrado producir?

Tabla 9. Lista de uso y/o productos

Nombre del Producto	Dificultad	Observaciones
Parqués	Técnica	No hay donde entregar, no existe una demanda del producto.
Puertas con estándar	Técnica	Dificultad de encontrar maderas 100% seca
Camas	Económica	Falta de capital
Closét	Económica	Falta de capital
Anaqueles	Económica	Falta de capital

Fuente: encuestas de las carpinterías.

La falta de capital, apoyo técnico y un mercado donde vender, son los principales problemas que tienen los carpinteros para elaborar otros tipos de productos que normalmente suelen hacer.

Anexo 2. Reporte fotográfico. Estudio plantaciones del Chuncho (*Cedrelinga cateniformis*)

LUGAR: Plantaciones en Alto Tena. Finca de EB (Fotografías 1 y 2).



Fotografía 1. Plantación de 8,5 años, situada en terreno fuertemente ondulado (pendientes de 10 a 50%). (Foto # 5444)



Fotografía 2. Infección por hongo en la base del tronco por la humedad. (Foto # 5448)

LUGAR: Plantaciones de 6,5 años en Alto Tena. Finca de PR (Fotografías 3, 4 y 5).



Fotografía 3. Perfil de suelo realizado con barreno.

(Foto de Gabriel Picón Nava # 5526)



Fotografía 4. Sistema Agroforestal Chunchu con cacao y vainilla. (Grupo de estudiantes de IKIAM en práctica de campo).

(Foto # 5531)

Fotografía 5. Filas de chuncho (*Cedrelinga cateniformis*) en asociación agroforestal con cacao y vainilla. (Foto # 5540)



LUGAR: Plantaciones de 5 años en Chontapunta. Finca de VL (Fotografías 6, 7 y 8).



Fotografía 6.
Pudrición local del tronco a consecuencia de poda inapropiada a los 3 años (plantación de 5 años).

(Foto Gabriel Picón Nava # 5467)

Fotografía 7. Equipo técnico de evaluación en plantación pura de chuncho de 5 años.

(Foto # 5479)



Fotografía 8. El Dosel arbóreo a los 5 años aún permite abundante entrada de luz.

(Foto # 5495)

LUGAR: Finca en la vía a las Cascadas Yana Yaku. Cantón Archidona, provincia de Napo



Fotografía 9. Estructura de plantación pura de chuncho de 8 años (120 ha); se ha desarrollado un denso sotobosque. Archidona Yana Yaku, Finca de Sr. D. (Foto de Gabriel Picón N # 5634)



Fotografía 10. Equipo de medición en la plantación de chuncho en asociación con arbusto de la familia Melastomataceae. (Foto # 5658)

Fotografía 11. Perfil de suelo realizado con barreno. (Foto # 5654)



LUGAR: Finca en la vía a las Cascadas Yana Yaku. Cantón Archidona, provincia de Napo.



Fotografías 12 y 13. Plantación densa (4x4m) de chuncho (8 años). Equipo midiendo alturas y circunferencias a altura de pecho (Fotos Gabriel Picón # 5660 y 5670)



Fotografía 14.
Copa bien desarrollada del estrato dominante.
(Foto # 5662)



Fotografía 15.
Arbusto abundante en el sotobosque del chuncho, pertenece a la familia Melastomatáceas.
(Foto # 5672)

LUGAR: Finca Sacha Yaku de BALCAOSA en la vía a Para Yaku. Cantón Tena, provincia de Napo.



Fotografía 16.
Sistema agroforestal de chuncho de 8 años en asociación agroecológica con guayusa. (Foto Gabriel Picón Nava # 5680)



Fotografía 17.
Toma de muestra de suelos en parcela 1 en zona baja (Foto # 5690). En esta localidad se estudiaron otros 2 perfiles de suelo en parcelas de tope y de ladera



Fotografías 18 y 19. Árbol descopado, posiblemente por fuerte ráfaga de viento. (Fotos # 5692 y 5693). Este daño, poco frecuente, se observó principalmente en lugares de topografía pendiente.

LUGAR: Finca Sacha Yaku de BALCAOSA en la vía a Para Yaku. Cantón Tena, provincia de Napo.



Fotografía 20.

Aspecto del bosque mixto de chuncho con característicos fustes rectos (Foto Gabriel Picón Nava # 5699).

Fotografía 21.

Bosque mixto de chuncho y palmas (Foto # 5701).



Fotografía 22.

Chuncho de 8 años en Sistema Agroforestal con guayusa, ambos con excelente desarrollo (Foto # 5703).

LUGAR: Caimito Yaku. Plantación de 3 años en áreas de Pacha Ecolodge y Kayak Ecuador.



Fotografía 23.

Plantación de 3 años. Realizando un barreno para descripción del suelo (Foto de Gabriel Picón Nava # 5820).



Fotografía 24. Plantación de chunchos y melina en filas intercaladas (Foto # 5846).

LUGAR: Bosque Natural: Reserva Biológica Colonso Chalupas



Fotografía 25 y 26. Señalética del Área Protegida (Fotos # 5856 y 7).



Fotografía 27. Porte señorial de Chunchu centenario (Foto # 5858).



Fotografía 28. Placa de identificación C-45 (Foto # 5859)