

Universidad de Panamá
Facultad de Arquitectura y Diseño
Escuela de Arquitectura

Tesis de Grado para optar por el título de Licenciatura en Arquitectura

**CENTRO DE CAPACITACIÓN DE BIOCONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ EN POTRERILLOS,
CHIRIQUÍ**

Línea de investigación: Tecnología e innovación en el diseño y producción

Sublínea: Sistemas constructivos

Por: **Jennia Alexandra Monrroy Castillo**

Cédula: **4-800-1002**

Profesora asesora: **Arq. Linette Yanisselly**

Panamá
Agosto 2025



P Á AB BP BP Á A

Ó P PP A AB Ó A

A ,A .

Tribunal examinador:

Mgtr. Linette Yanisselly, Asesora.

Dra. Silvia Arroyo, Jurado.

Mgtr. Lizandro Castrellón, Jurado.

DEDICATORIA

A mis amados padres, **Sandra y Manuel**, por darme alas en lugar de límites, educarme con amor y apoyarme incondicionalmente en cada una de las etapas y retos de mi vida. Sin ustedes, nada sería posible.

A mi abuela, **Angela**, por sus oraciones, cuidados, palabras de aliento y por estar siempre ahí para mí.

A mi hermana, **Michelle**, por creer en mí más que yo misma y por apoyarme en todo momento.

A quienes confían en el poder transformador de la educación, con especial gratitud a mi querida profesora **Linette Yanisselly**, por guiarme, enseñarme y acompañarme con paciencia y dedicación en mi formación profesional y humana.

A quienes trabajan con amor y esfuerzo por dar visibilidad al bambú y su gran potencial, en especial al Ing. **Rolando Sánchez Díez**, por su amistad, por abrir el camino del bambú en **Panamá** y por su generosa disposición a la educación de los demás; y al Dr. **John Naylor**, por darme la oportunidad de adentrarme por primera vez en el aprendizaje del diseño y la bioconstrucción con bambú, por impulsarme y brindarme su apoyo para seguir avanzando.

A la gente de **Potrerillos**, por abrirme las puertas, compartir sus ideas y percepciones del sitio y del recurso del bambú, y por enseñarme a mirar el territorio con el corazón, dando vida y sentido a este trabajo. Para que en estas páginas encuentren una base investigativa, inspiración y un posible punto de partida para el aprovechamiento del bambú en la comunidad.

Con cariño,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Naylor'.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, gracias por su amor, por acompañarme y alentarme a seguir adelante.

A mis amigos y amigas, en especial a Gabriela, Dayara, Nathalia, Javier, Fernando, María Alejandra, Misael, Jorge, Sergio y Oscar, por el aprendizaje mutuo, las experiencias vividas y el apoyo sincero durante estos años.

A mis profesores de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Panamá, en especial a la Dra. Silvia Arroyo y el Mgter. Lizandro Castrellón, por compartir sus conocimientos y darme las herramientas para seguir mi camino académico.

Gracias infinitas a quienes han influido en mi formación y en el desarrollo de esta investigación, en especial:

A Paola, Celia, David, Xena, Alisson y Yaneth, por el compromiso y la pasión con que intentamos impulsar juntos la arquitectura con bambú, a través del colectivo Bambú Lab, y a todos los que han sido parte de nuestra comunidad.

A Jörg Stamm, por su ejemplo como referente mundial en la construcción con bambú y por enseñarme que el aprendizaje práctico y la formación constante pueden impulsar grandes resultados.

Al científico permacultor Jean Bravo, por apoyarme, acompañarme en las experiencias en el sitio, y enseñarme a ver la naturaleza con los ojos y el alma bien abiertos.

Al Arq. Anthony Lay, por permitirme poner manos al bambú y reafirmar que la capacitación no termina en quien la recibe, sino que puede expandirse y crear sinergias.

Al Arq. Patrick Dillon, por inspirarme en el desarrollo de la arquitectura tropical panameña y recordarme el valor de estar presente y experimentar cada proceso.

A las instituciones y organizaciones que me han brindado valiosas oportunidades de aprendizaje y crecimiento, entre ellas: *Architectural Association Visiting School*, Embajada Británica en Panamá, Fundación *Geoversity*, Fundación Ciudad del Saber, Comisión Nacional de Bambú, Finca Rodaísa, Parque Municipal Summit, Allpa Maqui, Casa de Campo, Tierra Magia, Tacuara, Mujer y bambú y *China National Bamboo Research Center* (CBRC).

Un profundo agradecimiento a los vecinos de Potrerillos por su calidez y aporte en cada una de las entrevistas realizadas y visitas a la comunidad, muy especialmente:

Al Ing. Carlos Candanedo, presidente de la Asociación de Productores Orgánicos de Chiriquí (APOCHI), por recibirme en Potrerillos y brindarme su apoyo en la observación y toma de muestras de las especies de bambú de su plantación.

A la Flia. Pinzón, por su amabilidad al abrirme las puertas de la finca *Potrerillos: the place to be* y permitirme tomar las muestras necesarias para los ensayos técnicos del bambú *Guadua angustifolia*.

Al Sr. Juan Jiménez, del Ministerio de Desarrollo Agropecuario, por recibirme con disposición y brindarme la oportunidad de recorrer y conocer los aspectos característicos, las especies de plantas y los procesos de la finca El Refugio.

Mi más sincera gratitud a quienes colaboraron, desinteresadamente, en la preparación de muestras y ensayos de material:

Al Dr. David Trujillo, por brindarme la guía y las bases de *Atelier One* para los procesos y la documentación de resultados de los ensayos de caracterización.

A mi padre, Manuel Monrroy y al Sr. Amilcar Caballero, por su buena voluntad y entrega para lograr los cortes, demarcación y traslado de varas a la ciudad de David.

A mi madre, Sandra Castillo, por permitirme utilizar su casa, patio y garaje como zona de secado, almacenamiento y laboratorio de caracterización geométrica durante tanto tiempo.

Al Ing. Amir Atencio por su energía, disposición y colaboración en la realización de los ensayos de caracterización mecánica en el Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad Tecnológica de Panamá, sede Chiriquí.

¡Gracias al Bambú!, por enseñarme tanto y nunca dejar de sorprenderme.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	25
ABSTRACT	26
INTRODUCCIÓN	27
MARCO METODOLÓGICO	29
Tema de estudio y justificación	29
Objetivos, alcances y limitaciones	29
Objetivo general.....	29
Objetivos específicos	29
Alcances	30
Limitaciones esperadas	30
Metodología	31
CAPÍTULO 1: BIOCONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ	33
Marco conceptual.....	33
Habitar y construir	33
Bioconstrucción con bambú.....	35
El bambú como planta	37
Hábitat y vida	38
Taxonomía del bambú	42
Morfología del bambú.....	43
Cultivo y manejo.....	49
Impacto ambiental y aprovechamiento del bambú	51
El bambú como material constructivo.....	53
Elección y corte	54
Inmunización, secado y almacenaje	55
Clasificación, transformación y posibilidades de los culmos	57
Evolución de la construcción con bambú.....	61

Diseño: protección y uniones	71
Normativas y cadena para impulsar la construcción con bambú	72
Capacitación: proyectos referentes	74
Asia: Green School-Bamboo U.....	75
América: Escuela Taller Manabí	76
CAPÍTULO 2: EXPERIENCIAS INTERNACIONALES Y BAMBÚ EN PANAMÁ.....	80
Experiencias y perspectivas.....	80
Antioquia, Colombia: arquitectura para el espíritu	80
Zhejiang, China: economía verde a base de bambú.....	84
Bambú en Panamá	92
Las cinco (5) aristas de la valorización del bambú en Panamá.....	95
1. Bambú en la cultura y tradiciones panameñas	95
2. Relectura: ¿Por qué hacerlo con bambú?	98
3. El lugar del bambú en el contexto urbano	101
4. ¿Arquitectura sostenible?.....	103
5. Bambú como recurso ambiental, educativo y comercial	106
Divergencia y capacitación: red interdisciplinaria.....	112
Partir de lo comunitario	112
CAPÍTULO 3: POTRERILLOS ARRIBA.....	113
Diagnóstico del corregimiento	115
Potrerillos según la literatura	115
El territorio	115
Biodiversidad	116
Población y actividades	116
Educación y salud.....	118
Índice de pobreza multidimensional y materialidad de viviendas.....	118
Problemáticas ambientales	123

¿Qué se percibe?	123
¿Qué piensa su gente?	129
Análisis de resultados sondeos y entrevistas	129
FODA.....	131
Necesidades y propuestas.....	132
Aprovechamiento de recursos y forma de vida	133
Habitar y materialidad	134
El bambú en Potrerillos Arriba	135
Usos del bambú en Potrerillos Arriba	138
Aprovechamiento	139
Inventario diagnóstico de bambú e identificación de especies	140
¿Por qué impulsar el bambú a través de un centro de capacitación?	145
Interés en el bambú.....	149
Perfil del entusiasta. ¿Para quién se construye el Centro?	150
Alianzas y grupos esperados	153
Sigüientes pasos	153
CAPÍTULO 4: ENSAYOS DE MATERIAL.....	155
Importancia de la caracterización geométrica, física y mecánica.....	155
<i>Guadua angustifolia</i> : propiedades geométricas, físicas y mecánicas.	156
Selección de plantación	156
Selección y marcado de especímenes.....	157
Corte y rotulado de especímenes	158
Transporte y almacenamiento de especímenes	159
Secado de muestras	159
Caracterización geométrica	160
Selección y preparación de especímenes.....	160
Mediciones iniciales	161

Caracterización geométrica	163
Análisis de resultados	166
Caracterización mecánica	169
Selección y preparación de especímenes	169
Ensayos de corte paralelo a las fibras.....	171
Ensayos de compresión paralela a las fibras	176
Análisis de resultados.....	182
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DEL SITIO	184
Análisis rururbano. ¿Dónde se localiza?	184
Elección del terreno propuesto	184
Acceso. ¿Cómo llegar?.....	186
Vialidad y límites. ¿Cómo es el entorno?	187
Análisis climático y paisajístico.	188
¿Qué factores climáticos tienen incidencia sobre “El Refugio”?	188
Temperatura.....	190
Incidencia solar.....	190
Lluvias	190
Vientos.....	190
¿Cómo es su topografía?	190
“El Refugio” y su paisaje.....	192
¿Cómo se configura actualmente?	193
Área construida (semillero).....	194
Invernadero y cultivos	194
Área libre.....	195
Superficie boscosa.....	195
Sanidad vegetal	196
¿Cómo es su vegetación?	197

¿Cómo es su tierra?	201
Análisis para una intervención potencial	202
¿Cómo solía ser la finca El Refugio?.....	203
¿Cómo podría intervenir?	203
CAPÍTULO 6: CENTRO DE CAPACITACIÓN	206
Pilares del proyecto	206
Programa arquitectónico	208
Infraestructura viva y construida	208
Intervención del sitio y dimensionamiento	209
Desarrollo del programa.....	210
Infraestructura viva.....	210
Infraestructura construida.....	212
Relaciones espaciales	216
¿Cómo materializar el proyecto?	217
Materialidad	217
Mano de obra.....	218
Evolución y crecimiento.....	219
Infraestructura mínima viable (viva y construida)	219
Diseño conceptual y evolución de ideas	219
Lectura del sitio y primeros conceptos.....	219
Formas naturales con ramas de bambú	221
Exploración biomimética y fenomenología.....	223
Intenciones formales y funcionales.....	226
Propuesta de Centro de Capacitación.....	228
Plan Maestro	228
Infraestructura viva	228
Infraestructura construida	228

Accesos peatonales y vehiculares.....	228
Estacionamientos y área de carga y descarga	228
Escuela de bioconstrucción	228
Plantas arquitectónicas	230
Elevaciones	232
¿Cómo se construye cada módulo o nudo?	236
Estructura de piso	236
Sección constructiva	238
Despiece de techo	240
¿Cómo evoluciona y crece el centro?.....	242
Estructura completa	244
Adaptabilidad al sitio: Sección longitudinal.....	246
Secciones transversales: Variabilidad por función.....	248
¿Qué procesos ocurren en El Refugio?.....	252
Ciclo del bambú	252
El sol como motor	257
Ciclos de aprovechamiento del agua	259
Del huerto a la mesa.....	261
¿Cómo es la experiencia del entusiasta?	263
Impulso del desarrollo socioeconómico	274
CAPÍTULO 7: PRESUPUESTO Y PLAN DE EJECUCIÓN.....	278
Estimación de costos	278
Costos preliminares.....	278
Costos directos.....	278
Costos indirectos.....	280
Financiamiento	280
CONCLUSIONES	283

RECOMENDACIONES.....	284
Enfoque local: Potrerillos	284
Enfoque del país: Panamá.....	284
BIBLIOGRAFÍA.....	285

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible alineados con el bambú. Elaboración propia. Adaptado de “La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, por Naciones Unidas, 2015, Naciones Unidas. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/#	36
Figura 2. Mapa de distribución de bambú en el mundo. Elaboración propia. Adaptado de Global Natural Bamboo Habitat, por National Geographic, 1980, Research Gate. https://www.researchgate.net/figure/Global-Natural-Bamboo-Habitat-Source-National-Geographic-1980_fig1_333531438	38
Figura 3. Vida y diversidad	39
Figura 4. Morfología: partes de una planta de bambú. Elaboración propia. Adaptado de <i>Bamboo the gift of the Gods</i> , por Oscar Hidalgo, 2003.	40
Figura 5. Diámetro de un culmo de <i>Guadua Angustifolia</i> de El Valle de Antón, Panamá. Adaptado de Jean Carlos Bravo, comunicación personal, 2023.....	42
Figura 6. Diámetro de un culmo de <i>Dendrocalamus giganteus</i> encontrado en Hangzhou, China.	42
Figura 7. Tipos de Bambú: monopodial y simpodial.....	44
Figura 8. El papel de la hoja caulinar en distintas edades y especies de bambú.	44
Figura 9. Cortes de sección de un culmo de <i>Guadua</i> . Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo, 2003.....	46
Figura 10. Anomalías de nudos encontradas en una planta de bambú en China.....	47
Figura 11. Diversidad de hojas en las especies de bambú.	47
Figura 12. Floración irregular en cultivo de <i>Phyllostachys praecox</i>	48
Figura 13. Cultivo de bambú y árboles frutales en la Finca Agroturística Rodaisa, Panamá.	50
Figura 14. Esquema de cultivos de plantones de bambú según su uso. Elaboración propia. Adaptado de: Sánchez Díez y Riquelme, 2018.	51
Figura 15. Medición de absorción de CO ₂ en bambú moso en Torre de Flujo en Anji, Zhejiang, China. Elaboración propia. Adaptado de Sumidero de Carbono Forestal, por Hongliang Zhang, comunicación personal, 19 de julio de 2023.....	52
Figura 16. Usos del bambú. Adaptado de Usos del bambú, por China Bamboo Research Center (CBRC), comunicación personal, julio 2023.	53
Figura 17. Culmos maduros con líquenes.	54

Figura 18. Corte adecuado de una vara de bambú.....	54
Figura 19. Secado y almacenaje de guaduas en el Centro Agroforestal de la Reserva del Valle de Mamóní, Panamá	57
Figura 20. Clasificación de varas en el Festival Transversal 2024, Panamá.....	58
Figura 21. Transformación de culmos en latas y canales. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo, 2003.....	59
Figura 22. Transformación de culmos en esterillas. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo, 2003.....	59
Figura 23. Procesos constructivos con bambú. Ejemplo 1: <i>Phyllostachys edulis</i> en Anji China.	60
Figura 24. Procesos constructivos con bambú. Ejemplo 2: <i>Guadua angustifolia</i> en Finca Rodaisa, Panamá.	60
Figura 25. Procesos constructivos con bambú. Ejemplo 3: <i>Guadua angustifolia</i> en Casa de Campo, Antioquia, Colombia.....	61
Figura 26. Evolución constructiva con bambú en Asia 1. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo (2003).	62
Figura 27. Evolución constructiva con bambú en Asia 2. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo (2003).	63
Figura 28. Evolución constructiva con bambú en Asia 3. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo (2003).	64
Figura 29. Evolución constructiva con bambú en América 1. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo (2003).	65
Figura 30. Evolución constructiva con bambú en América 2. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo (2003).	66
Figura 31. Evolución constructiva con bambú en América 3. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo (2003).	67
Figura 32. Construcciones contemporáneas con bambú en Asia. Adaptado de: Island of Happiness (2016) https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=pPZVNGrUxIw&ab_channel=IslandofHappiness , Pablo Luna (2021) https://pablolunastudio.com/yoga-spa-pabloluna-architecture-studio/ y Bambú Artesanos Miyazaki (2023).....	69
Figura 33. Construcciones contemporáneas con bambú en América. Adaptado de: Arquitextura Mixta (2020) https://www.arquitecturamixta.com/diseño-arquitectura/cerveceriatulum , Organismo (2021) https://www.organizmo.org/ y Lucila Aguilar	

Arquitectos (2021). https://lucilaaguilar.com/crece-tu-escuela-proyecto-ganador-del-architecture-masterprize/	70
Figura 34. Ejemplos de juntas, uniones y agrupación de culmos.....	71
Figura 35. Cadena para la adopción del bambú en la construcción. Elaboración propia. Adaptado de Trujillo (2021).	72
Figura 36. Lagunas de conocimiento en construcción con bambú. Adaptado de: Harries et. al (2022). https://doi.org/10.5281/zenodo.6569785	74
Figura 37. Green School Bali. Adaptado de Arch Daily: https://www.archdaily.com/964059/the-arc-at-green-school-ibuku https://www.archdaily.com/81585/the-green-school-pt-bambu	75
Figura 38. Bamboo University. Adaptado de Bamboo U. https://bamboou.com/a-guide-to-starting-your-own-bamboo-building-project/ y https://bamboou.com/el-kit-de-construccion-de-maquetas-del-arquitecto-del-bambu/	76
Figura 39. Escuela Taller Manabí. Adaptado de INBAR (2022) y https://www.instagram.com/p/CuDgBX_sv9I/	77
Figura 40. Los ocho ejes de acción de los proyectos financiados por la AECID. Adaptado de INBAR, 2022.	77
Figura 41. Experiencia Integral de Bioconstrucción en Casa de Campo, San Vicente. Fotos: Jennia Monrroy y Sandra Chollet (2023).	80
Figura 42. Casa de Campo: un proyecto de permacultura.....	82
Figura 43. Construcción con tierra del sitio. Casa de campo.	82
Figura 44. Proceso de diseño con bambú. Elaboración Propia. Adaptado de Tacuara, comunicación personal, febrero 2023.	83
Figura 45. Eco-economización y Eco-ecologización. Adaptado de: Juntao, Y., comunicación personal, julio 2023.	84
Figura 46. Transacciones de Carbono en China. Elaboración propia. Adaptado de Juntao, Y., comunicación personal, julio 2023.....	85
Figura 47. El bambú en la cultura de la provincia de Zhejiang, China.....	86
Figura 48. Arquitectura con bambú en Zhejiang.	87
Figura 49. Exhibición de Arquitectura con Bambú en Anji, Zhejiang.	88
Figura 50. Transporte de bambú en Anji Fushi Reservoir antes de 1980. Adaptado de Zhang, comunicación personal, 2023.....	88
Figura 51. Diversidad de transformaciones y usos del bambú en Zhejiang.	89

Figura 52. Fábrica de máquinas y bambú de ingeniería para construcción en Anji, Zhejiang.....	89
Figura 53. Plan maestro de desarrollo en Anji.	90
Figura 54. Desarrollo de la industria de brotes en Lin' an. Adaptado de Wang Anguo, comunicación personal 2023.....	90
Figura 55. Participación femenina en la industria de brotes de bambú en Lina'n, Zhejiang.	91
Figura 56. Grupo del Seminario de la industria del bambú y el desarrollo de la economía verde para países en desarrollo Adaptado de CBRC, julio 2023.	91
Figura 57. Infografía Bambú en Panamá. Elaboración propia. Adaptado de Ministerio de Ambiente (2021), INBAR.....	92
Figura 58. Primeras Reuniones Nacionales de Bambuseros de Panamá. Elaboración propia. Adaptado de: INBAR. Comunicación personal, 2024 y Jennia Monrroy.....	95
Figura 59. Manifestación cultural de pueblo Guna, celebrando ante declaración de inconstitucionalidad del Contrato Minero en 2023.	96
Figura 60. Junta de embarre en Guararé. Adaptado de Junta de Embarre para una Casa de Quincha Panamá, por Salvaguardia Patrimonio Cultural Inmaterial. https://www.youtube.com/watch?v=yZDUxIA6lyk&ab_channel=SalvaguardiaPCI	97
Figura 61. Puestos del Festival Nacional de la Naranja en Churuquita Grande. Adaptado de Valdéz (2017), Auditore (2019), Quirós (2019) https://maps.app.goo.gl/D7GJS3A9KG1yk1qd9	98
Figura 62. Ejemplos del uso constructivo y decorativo del bambú en Veraguas, Coclé y Chiriquí.	99
Figura 63. Valor artesanal del bambú en Chiriquí. Elaboración propia. Adaptado de De bamboo Architects (2023) https://www.instagram.com/debamboo_architects/ , Bamboo tea (2023) https://www.instagram.com/bambootea_pty/ , Sol Arts (2023) https://www.instagram.com/solartesana/	100
Figura 64. Bambú como elemento decorativo en la Ciudad de Panamá.....	101
Figura 65. Noche bajo bambú en el Casco Antiguo de Panamá. Adaptado de María Isabel Palacios, comunicación personal, 2023.	102
Figura 66. Nayara Bocas del Toro. Adaptado de: Nayara Bocas del Toro y José Almarío (comunicación personal, 2023).	104
Figura 67. Bambú en Casa Loro. Adaptado de IM KM Architecure and Planning, 2022.....	105

Figura 68. AA Visiting School: Crossing the Divide 2022. Adaptado de: John Naylor (comunicación personal, 2022).	105
Figura 69. Adaptado de DUAL Arquitectura, 2016. https://www.facebook.com/dualcr/photos/pb.100060056809853.-2207520000/462522253887215/?type=3 y Bahareque Constructores. https://baharequeconstructores.com/	106
Figura 70. Experiencia en la Reserva del Valle de Mamón: inmunización y procesos constructivos.	107
Figura 71. Proyecto Comedor, una noche en la Reserva del Valle de Mamón. Adaptado de: Allpa Maqui https://www.instagram.com/p/C7AHI3Cv7JQ/?img_index=1 (2024)	108
Figura 72. Experiencia Bambuconstruye en la Finca Rodaisa, San Carlos, Panamá...	109
Figura 73. Experiencias 2024 en la Finca Rodaisa.	110
Figura 74. Día del bambú en el Parque Summit: 2023 y 2024.	110
Figura 75. Experiencias contadas. Extractos de entrevistas a “bambuseros” en Panamá.	111
Figura 76. Montaje de una de las piezas de Pabellón Bambú Lab, en Festival Transversal 2024: el primer Festival de Arquitectura y Diseño de Panamá en Ciudad del Saber. Adaptado de: Alfredo Martiz (comunicación personal 2024).	112
Figura 77. Mapa de ubicación de Potrerillos a escala nacional y distrital. Elaboración propia. Adaptado de INEC.	114
Figura 78. Paisaje en camino hacia Potrerillos Arriba	115
Figura 79. Gráfico de habitantes y densidad de Potrerillos. Adaptado de: INEC (2023).	117
Figura 80. Actividades realizadas por los jefes de familia de Potrerillos. Adaptado de INEC (2023).	117
Figura 81. Resumen Índice de Pobreza Multidimensional de Potrerillos. Adaptado de: PNUD (2020).	119
Figura 82. Tipos y tenencia de viviendas en Potrerillos Arriba, según el censo del INEC, 2023.	121
Figura 83. Materialidad de paredes y techos de las viviendas de Potrerillos. Adaptado de: INEC (2023).	121
Figura 84. Materialidad de piso de las viviendas de Potrerillos. Adaptado de: INEC (2023).	122

Figura 85. Servicios esenciales de las viviendas de Potrerillos. Adaptado de: INEC (2023).	122
Figura 86. Estructura temporal hecha con bambú en vía hacia Potrerillos.	123
Figura 87. Paisaje de Potrerillos en un atardecer de febrero.	124
Figura 88. Localización y edificios principales de Potrerillos. Elaboración propia, adaptado de Google Earth.	125
Figura 89. Arquitectura de Potrerillos Arriba y edificios principales.	126
Figura 90. Soluciones materiales en el contexto paisajístico de Potrerillos.	127
Figura 91. Vivienda de zinc y madera en una de las vías principales de Potrerillos Arriba.	127
Figura 92. Calles y caminos de Potrerillos Arriba.	128
Figura 93. Usos del bambú en la agricultura: techitos y guía de cultivos.	128
Figura 94. Gráficos de perfiles de los entrevistados: género, edad y ocupación.	129
Figura 95. Paisaje de agroforestería en Potrerillos Arriba.	130
Figura 96. FODA de Potrerillos Arriba.	131
Figura 97. Gráfico de materialidad de viviendas de los entrevistados.	134
Figura 98. Gráfico de uso del bambú en la vivienda de los entrevistados.	135
Figura 99. Gráfico de reconocimiento del bambú por parte de los entrevistados.	135
Figura 100. Gráfico de presencia del bambú en el terreno de los entrevistados.	136
Figura 101. Gráfico de reconocimiento de colores de bambú por los entrevistados.	136
Figura 102. Gráfico de utilización de bambú por los entrevistados.	138
Figura 103. Uso del bambú en la cotidianidad de Potrerillos Arriba.	138
Figura 104. Gráfico de principales usos del bambú vistos en Potrerillos Arriba.	139
Figura 105. Gráfico de aprovechamiento del potencial del bambú.	140
Figura 106. Vista del Proyecto "Bambú en Potrerillos Arriba" en la plataforma <i>iNaturalist</i> . https://www.inaturalist.org/projects/bambu-en-potrerillos-arriba	142
Figura 107. Entradas de observaciones de Bambú en Potrerillos, en la Plataforma <i>iNaturalist</i> .	143
Figura 108. Uso del bambú en uno de los puntos del inventario en Potrerillos Arriba.	144
Figura 109. Mantenimiento y cambio de varas de bambú en un vivero de Potrerillos Arriba.	145
Figura 110. El uso del bambú en las decoraciones navideñas de 2022 en Potrerillos Arriba.	146

Figura 111. Uso del bambú en las estructuras temporales de la Feria de Potrerillos 2023.	147
Figura 112. Uniones utilizadas en la construcción de estructuras temporales en la Feria de Potrerillos 2023.	147
Figura 113. Bambú: planta y material constructivo, en una vivienda de Potrerillos Arriba.	148
Figura 114. Usos del bambú en una vivienda de Potrerillos Arriba.	149
Figura 115. Gráfico de interés de capacitación en torno al bambú, según los entrevistados.	150
Figura 116. Construcciones actuales con bambú en Potrerillos.	151
Figura 117. Muebles y artesanías en Potrerillos.	152
Figura 118. Secado de muestras de bambú de tres (3) especies distintas encontradas en Potrerillos.	155
Figura 119. Plantación y estructura de bambú en la finca <i>Potrerillos: the place to be</i> .	156
Figura 120. Selección y marcado de culmos para ensayos previo al corte.	157
Figura 121. Corte, medición y rotulación de especímenes.	158
Figura 122. Traslado y almacenamiento de especímenes para secado en Las Lomas, Chiriquí.	159
Figura 123. Preparación de especímenes para caracterización geométrica: clasificación, limpieza y rerotulación.	161
Figura 124. Caracterización física de los culmos previo a los estudios geométricos: dimensionamiento, medición de masa y curvatura.	161
Figura 125. Resultados de la medida de curvatura de acuerdo con ISO 22157.	162
Figura 126. Corte de entrenudos y rotulación final para la caracterización geométrica.	163
Figura 127. Medición de diámetro y espesor de pared. Variabilidad en la geometría del culmo.	164
Figura 128. Cuadro Resumen de caracterización geométrica del culmo 6.	166
Figura 129. Especímenes de la zona A.	166
Figura 130. Especímenes zona B.	167
Figura 131. Resumen de los resultados de medición física y caracterización geométrica.	168
Figura 132. Caracterización geométrica. Resumen de especímenes.	169
Figura 133. Escogencia e identificación de especímenes para pruebas mecánicas.	170

Figura 134. Especímenes para prueba de corte paralelo a las fibras.	171
Figura 135. Procedimiento para ensayos de corte: caracterización física, ensayo y registro de falla.	171
Figura 136. Análisis de las fallas observadas en la prueba de corte: fisura parcial, corte superficial y corte profundo.	172
Figura 137. Procedimientos finales de prueba de corte: análisis de falla, medición de humedad y secado al horno.	173
Figura 138. Cuadro de mediciones. Ensayo de corte paralelo a las fibras. Espécimen 11M.	174
Figura 139. Resultados de prueba de corte paralelo a las fibras con base en los 30 especímenes.	175
Figura 140. Promedios de resultados de prueba de corte.	176
Figura 141. Especímenes para la prueba de compresión.	176
Figura 142. Procedimiento para ensayos de compresión: caracterización física, ensayo y registro de falla.	177
Figura 143. Informe de ensayo de compresión del espécimen 19B.	178
Figura 144. Procedimientos finales de prueba de compresión: análisis de falla, medición de humedad y secado al horno.	178
Figura 145. Cuadro de reporte de ensayo de compresión. Espécimen 19B.	180
Figura 146. Cuadro de resumen de ensayos de compresión paralela a las fibras de los 30 especímenes.	181
Figura 147. Resumen de promedios de resultados de ensayo de compresión paralela a las fibras.	181
Figura 148. Mapa de localización de Potrerillos Arriba. Elaboración propia. Obtenido de <i>Google Earth</i>	185
Figura 149. Acceso a la Finca El refugio.	186
Figura 150. Vialidad y límites de la finca El Refugio.	187
Figura 151. Vista en la finca El Refugio.	188
Figura 152. Análisis climático de la finca El Refugio.	189
Figura 153. Topografía de la finca El Refugio.	191
Figura 154. Secciones longitudinales y transversales.	192
Figura 155. Configuración actual de la finca El Refugio.	193
Figura 156. Edificación existente. Semillero del MIDA.	194
Figura 157. Invernadero y cultivos de la Finca El Refugio.	194

Figura 158. Vistas del área libre del lote.....	195
Figura 159. Imagen aérea del Bosque en visita al sitio. Adaptado de: Jean Bravo (Comunicación personal, 2023).	196
Figura 160. Edificación existente. Sanidad Vegetal MIDA.....	196
Figura 161. Plantas ornamentales encontradas en la finca El Refugio.	197
Figura 162. Plantas y cultivos a en la Finca El Refugio.	198
Figura 163. Árboles en la Finca El Refugio.....	198
Figura 164. Plantas encontradas en el bosque.....	199
Figura 165. Lectura de patrones del sitio.....	200
Figura 166. Procedimiento para prueba casera de granulometría.	201
Figura 167. El paso del tiempo en la Finca El Refugio. Adaptado de: <i>Google Earth</i>	202
Figura 168. Imagen aérea del sitio. Adaptado de: Jean Bravo (Comunicación personal, 2023).	204
Figura 169. Pilares del Centro de Capacitación.....	206
Figura 170. Propuesta de programa arquitectónico con base en los pilares e intenciones del centro.	207
Figura 171. Primeras ideas: infraestructura viva y construida.....	208
Figura 172. Clasificación de las zonas principales del proyecto.....	209
Figura 173. Segregación e intervención propuesta.....	210
Figura 174. Distribución de especies en la plantación de bambú.....	211
Figura 175. Proyección estimada, a 12 años, de las varas de bambú de la plantación propuesta.....	211
Figura 176. Programa arquitectónico.....	216
Figura 177. Diagrama de relaciones espaciales.	217
Figura 178. Materialidad propuesta.	218
Figura 179. Dibujos realizados en la primera visita al sitio.....	220
Figura 180. Maqueta física y distribución propuesta del proyecto.....	221
Figura 181. Exploraciones con ramas de bambú.....	222
Figura 182. Exploraciones con ramas de bambú y resultados finales.....	223
Figura 183. Entre luces y sombras.	224
Figura 184. Patrones en la naturaleza.	224
Figura 185. Planteamiento conceptual.....	225
Figura 186. Exploración de la variación en la forma del bambú.....	225
Figura 187. Bosquejos conceptuales del proyecto.....	226

Figura 188. La hoja de plátano como concepto de fragmentación.	227
Figura 189. Exploraciones conceptuales finales.	227
Figura 190. Plan maestro del Centro de Capacitación de Bioconstrucción con Bambú en Potrerillos, Chiriquí.	229
Figura 191. Plantas arquitectónicas.	231
Figura 192. Vista frontal del centro de capacitación.	232
Figura 193. Vista desde el huerto.	232
Figura 194. Elevación frontal y posterior.	233
Figura 195. Vista aérea del centro de capacitación.	234
Figura 196. Vista lateral del Centro.	234
Figura 197. Elevaciones laterales.	235
Figura 198. Columna espaciada.	236
Figura 199. Despiece típico del módulo “Nudo”.	237
Figura 200. Sección y detalles constructivos del módulo “Nudo”.	239
Figura 201. Vista exterior. Entrada al centro.	240
Figura 202. Despiece típico de techo.	241
Figura 203. Evolución constructiva del centro.	243
Figura 204. Vista de las escaleras.	244
Figura 205. Isométrico y planta de estructura.	245
Figura 206. Aprovechamiento de niveles.	246
Figura 207. Secciones longitudinales.	247
Figura 208. Secciones transversales.	248
Figura 209. Secciones transversales A-A' y B-B'.	249
Figura 210. Secciones transversales C-C' y D-D'.	250
Figura 211. Secciones transversales E-E' y F-F'.	251
Figura 212. Zona de tratamiento y almacenamiento de bambú.	252
Figura 213. Ciclo de aprovechamiento de bambú en el centro.	253
Figura 214. Piscinas de inmunización.	254
Figura 215. Secado de varas de bambú.	254
Figura 216. Limpieza de bambú.	255
Figura 217. Almacenamiento de varas de 6 metros y 3 metros.	255
Figura 218. Almacenamiento de varas de 9 metros.	256
Figura 219. Iluminación natural del centro.	257
Figura 220. Ciclo sostenible de aprovechamiento del sol.	258

Figura 221. Ciclos de aprovechamiento del recurso hídrico.....	260
Figura 222. Vista aérea de la cocina.....	261
Figura 223. Ciclo de aprovechamiento del huerto.....	262
Figura 224. Vista del atrio oeste.	263
Figura 225. Vista de la sala hacia el bosque.....	264
Figura 226. Vista del área social.....	264
Figura 227. Vista desde el huerto.	265
Figura 228. Vista de la cocina.....	265
Figura 229. Cocina colaborativa.	266
Figura 230. Vista del comedor.	267
Figura 231. Plantones de bambú.....	268
Figura 232. Vista aérea de inmunización de varas.	268
Figura 233. Taller de capacitación.	269
Figura 234. Vista del patio interior.	270
Figura 235. Recorridos y encuentros.....	270
Figura 236. Entre rampas.....	271
Figura 237. Vista del salón polivalente.	271
Figura 238. Conexión de niveles y funciones.....	272
Figura 239. Vista desde el bosque.	272
Figura 240. Vista aérea del centro.....	273
Figura 241. El Impacto de una experiencia.....	275
Figura 242. Vista aérea del centro de capacitación.	276
Figura 243. Costo estimado de terreno.....	278
Figura 244. Costos preliminares.....	278
Figura 245. Resumen de costos directos.....	279
Figura 246. Resumen de costos indirectos.....	280

RESUMEN

El Centro de Capacitación en Bioconstrucción con Bambú en Potrerillos es una propuesta que impulsa la valorización y uso del bambú como recurso local en este corregimiento, ubicado en las tierras altas del distrito de Dolega, provincia de Chiriquí, Panamá. Se enmarca en la línea de investigación: Tecnología e innovación en el diseño y producción, sublínea: Sistemas constructivos.

El proyecto se localiza en la zona suroeste del corregimiento, en una segregación de 3.81 hectáreas de la finca 170, conocida como El Refugio. De esta superficie, 2,613 m² es la huella de infraestructura construida para el centro y el resto, se dividen en infraestructuras vivas: bosque existente, huerto y plantación de bambú. De forma paralela al desarrollo del diseño del centro, la investigación se ha enfocado en revalorizar el bambú, tanto como planta, como material constructivo, evidenciando su potencial en la bioconstrucción desde una perspectiva integral orientada al mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad de Potrerillos.

La propuesta se fundamenta en el estudio de las particularidades del bambú y en el análisis de la evolución de su uso en bioconstrucción, considerando experiencias, casos de estudio y perspectivas globales en Asia y América, y en el contexto nacional. Con base en ello, y en los diagnósticos realizados sobre la presencia y uso actual del bambú en Potrerillos, así como en los resultados de las pruebas geométricas, físicas y mecánicas de *Guadua Angustifolia* local, se plantea un plan maestro para su aprovechamiento estratégico.

El centro busca facilitar el aprendizaje, la investigación, el desarrollo de ideas innovadoras y la difusión de técnicas aplicadas a las especies de bambú encontradas en el área. Todo ello, con el fin de mitigar problemáticas locales, potenciar oportunidades económicas y fomentar el desarrollo sostenible de Potrerillos.

La evolución y construcción del proyecto se propone en cinco (5) fases. La primera fase se enfoca en el uso del bambú disponible en la comunidad, incentivando a los habitantes a contribuir con el inventario participativo iniciado en esta investigación. Se prevé que las fases siguientes surjan de los talleres desarrollados en el centro, promoviendo un proceso constructivo colectivo, progresivo y enraizado en el conocimiento del material y del sitio, fortaleciendo así el sentido de pertenencia. La investigación adopta un enfoque metodológico mixto, incorporando análisis cuantitativos (ensayos físicos de materiales, levantamientos) y cualitativos (diagnóstico participativo, entrevistas y observación contextual).

ABSTRACT

The Bamboo Bioconstruction Training Center in Potrerillos is a proposal that promotes the appreciation and use of bamboo as a local resource in this district, located in the highlands of the Dolega district, Chiriquí province, Panama. It falls under the research line: Technology and innovation in design and production, sub-line: Construction systems.

The project is located in the southwestern area of the corregimiento, on a 3.81-hectare subdivision of finca 170, known as *El Refugio*. Of this area, 2,613 m² is the footprint of the infrastructure built for the center, and the rest is divided into living infrastructures: existing forest, orchard, and bamboo plantation. Parallel to the design development of the center, the research has focused on revaluing bamboo, both as a plant and as a construction material, demonstrating its potential in bioconstruction from a comprehensive perspective aimed at improving the quality of life of the Potrerillos community.

The proposal is based on the study of the particularities of bamboo and on the analysis of the evolution of its use in bioconstruction, considering experiences, case studies, and global perspectives in Asia and the Americas, as well as in the national context. Based on this, and on the diagnostics carried out on the presence and current use of bamboo in Potrerillos, along with the results of the geometric, physical, and mechanical tests of local *Guadua angustifolia*, a master plan is proposed for its strategic utilization.

The center seeks to facilitate learning, research, the development of innovative ideas, and the dissemination of techniques applied to the bamboo species found in the area. All of this aims to mitigate local issues, enhance economic opportunities, and promote the sustainable development of Potrerillos.

The evolution and construction of the project is proposed in five (5) phases. The first phase is focused on the use of bamboo available in the community, encouraging residents to contribute to the participatory inventory initiated in this research. It is expected that the following phases will emerge from the workshops developed at the center, promoting a collective, progressive construction process rooted in the knowledge of the material and the site, thus strengthening the sense of belonging. The research adopts a mixed methodological approach, incorporating quantitative analyses (material physical tests, surveys) and qualitative analyses (participatory diagnosis, interviews, and contextual observation).

INTRODUCCIÓN

Frente a los inminentes efectos del cambio climático y los retos que enfrentamos como comunidad mundial, resulta urgente tomar acciones mejor encaminadas sobre los modos de vida y métodos de construcción.

Panamá se posiciona como un país carbono negativo. (Ministerio de Ambiente, s/f) Es decir, que captura más dióxido de carbono, que la cantidad de emisiones que genera. Sin embargo, esta estimación deja de lado una realidad. Los materiales de construcción son industrializados en otros países e importados al nuestro, generando una huella de carbono que no llega a dimensionarse.

La existencia de materiales vegetales como el bambú en la biodiversidad panameña, es una oportunidad para que las comunidades rematerialicen sus construcciones tomando en cuenta opciones locales y mínimamente procesadas. Mientras que gran cantidad de países en el mundo avanzan a pasos agigantados y la *Guadua Angustifolia Kunth* es la mayormente aprovechada y normalizada en construcción, la mayoría de las comunidades en Panamá no reconocen su verdadero potencial. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2007), se estima que más de mil millones de personas en todo el mundo viven en viviendas tradicionales de bambú, y 2.5 mil millones de personas dependen económicamente del bambú.

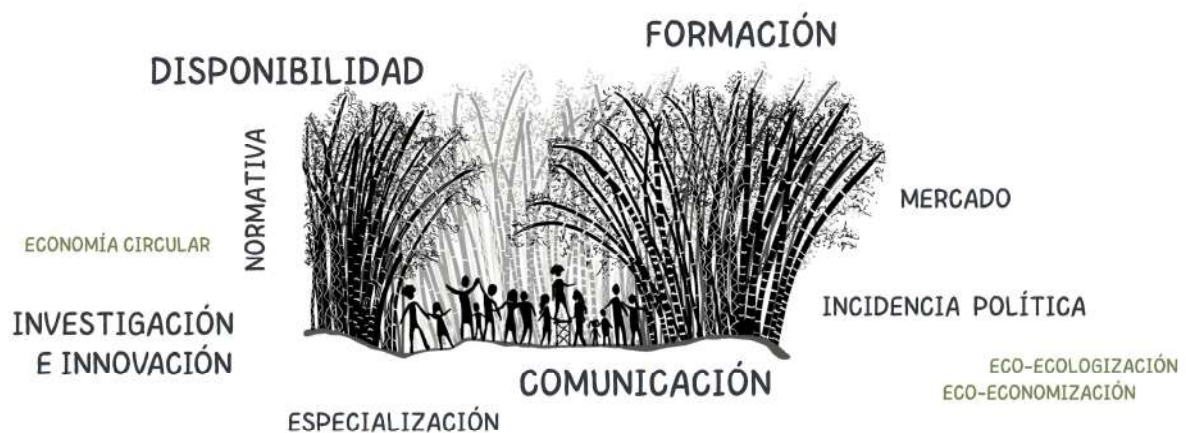
A pesar de que esta gramínea ha sido utilizada desde épocas remotas y traída hasta la contemporaneidad, en la mayoría de los casos, el manejo e implementación no ha sido el adecuado. Acciones como no inmunizar correctamente las varas o exponer estructuras directamente al sol o la lluvia, hacen que el comportamiento del material se vea afectado y, por ende, se ponga en riesgo la credibilidad en el mismo.

Tal es el caso del corregimiento de Potrerillos, en la provincia de Chiriquí, donde las varas son utilizadas principalmente en estructuras para la agricultura, como invernaderos y ranchos y en la guía de cultivos, en forma de T, ideales para el cultivo de tomates (denominadas “techitos”). En menor medida, se utiliza en cercas o viviendas. Aun así, está visto como una opción en la búsqueda de soluciones prácticas y efímeras.

Pese a que se trata de una región de actividad agropecuaria y productora, la comunidad no maneja ni aprovecha el bambú como un recurso que podría contribuir en mayor proporción a resolver problemáticas que afectan a la región e impulsar su desarrollo socioeconómico, ambiental y cultural.

Para lograr mover una cadena de aprovechamiento del bambú que encamine a este desarrollo, la pieza clave es la capacitación. Se reconoce la necesidad de promover la creación de un espacio que permita promover la investigación, formación y enseñanza de los procesos relacionados con la planta y sus usos.

El camino hasta la creación de una propuesta arquitectónica para el Centro de Capacitación de Bioconstrucción con Bambú en Potrerillos se nutre de una investigación plasmada en cinco (5) capítulos iniciales. En el primero, se expone la planta como planta y como material. Luego, se analizan experiencias globales y locales, hasta adentrarnos en el corregimiento de Potrerillos y la experimentación técnica con el bambú local. Con base en ello y a partir del estudio del sitio escogido, se desarrolla en los últimos dos (2) capítulos, una propuesta para el diseño del centro, su construcción evolutiva, impacto esperado y presupuesto.



MARCO METODOLÓGICO

Tema de estudio y justificación

Se propone la realización del diseño arquitectónico de un Centro de capacitación de bioconstrucción con bambú en el corregimiento de Potrerillos, distrito de Dolega, provincia de Chiriquí. El desarrollo de la propuesta partió del reconocimiento del recurso local y las potencialidades, como resultado del análisis, experiencias previas y referencias internacionales, hasta identificar los principales puntos y especies de bambú en Potrerillos. También, se somete a experimentación una especie con propiedades y características con posibilidad de ser utilizada en la construcción.

Desde el centro, se busca promover el conocimiento sobre el manejo de la planta a partir de las fases de cultivo, cosecha, postcosecha, corte, tratamiento, procesos constructivos y demás usos. Está inmerso en el medio natural con límites difusos, destinando parte del terreno del proyecto a las plantaciones de bambú. Cuenta con estructuras multifuncionales bajo el concepto de “escuela sin paredes”, que permiten albergar distintas actividades y talleres de aprendizaje práctico e integral.

El valor de la experiencia del entusiasta, como usuario y cocreador, fue determinante en el diseño, que incluye, además, zonas de alojamiento, alimentación, investigación y servicios básicos. Los usuarios son grupos de: agricultores, estudiantes, educadores, trabajadores, comerciantes, emprendedores, diseñadores, constructores, ebanistas, artesanos, mujeres agro emprendedoras, curiosos, investigadores y visitantes locales e internacionales. De igual manera, se plantean alianzas con entidades y organizaciones de carácter público y privado, buscando la sinergia y acciones colaborativas que encaminen al desarrollo de la cadena de aprovechamiento del bambú en Potrerillos.

Objetivos, alcances y limitaciones

Objetivo general

Impulsar el estudio, investigación, experimentación y utilización del bambú local como recurso estratégico aprovechable para el desarrollo sostenible del Corregimiento de Potrerillos.

Objetivos específicos

1. Demostrar las capacidades y características de las especies que crecen en la zona a través de la experimentación y análisis de resultados de la muestra, utilizando como referencia las normas ISO 22156, ISO 22157 e ISO 19624.

2. Diseñar un centro de capacitación con el mínimo impacto ambiental, tomando en cuenta el análisis previo, criterios de diseño y las particularidades del proceso constructivo con bambú.

3. Determinar posibilidades de utilización del material que encaminen a la comunidad hacia la mitigación de los problemas y necesidades actuales de la zona.

Alcances

Con el tema de estudio propuesto se planteaba lograr lo siguiente:

- Diagnóstico del corregimiento y su situación actual.
- Análisis de sitio, localización de parras e identificación de especies en el área de estudio.
- Sondeo sobre la presencia, conocimientos y usos del bambú en la comunidad.
- Pruebas experimentales y resultados en con base en las normativas de referencia.
- Diseño de un centro que respondiera a las condiciones del sitio, funcionalidad, calidad espacial e impacto ambiental mínimo.
- Anteproyecto arquitectónico.
- Estudio de costo y viabilidad del proyecto.

Limitaciones esperadas

Entre las posibles limitaciones en el desarrollo de la tesis se contemplaban:

- Dificultades para realizar la localización de parras en el área de estudio.

Se utilizó la plataforma *iNaturalist* para registrar.

- Se requería una cantidad mínima de 30 varas para los ensayos de material.

Se contó con el apoyo de la finca Potrerillos: *The place to be*, quienes nos ofrecieron el material sin costo. Se trasladaron a nuestra residencia en David.

- Falta de equipo y presupuesto para pruebas técnicas.

Contamos con el apoyo del laboratorio de la Universidad Tecnológica de Panamá para los ensayos.

- Percepción social negativa frente a la investigación de usos de bambú en el área.

Las personas entrevistadas fueron muy colaborativas y abiertas a compartir sus experiencias y conocimientos en cada visita.

Metodología

La metodología empleada en esta investigación es de carácter mixto, combinando enfoques cualitativos y cuantitativos para abordar el objeto de estudio de manera integral. El proceso se desarrolló en las siguientes etapas:

1. Análisis del tema de estudio y revisión bibliográfica
2. Análisis y diagnósticos globales y local
3. Visitas de campo y entrevistas
4. Recopilación de datos y procesamiento de información
5. Ensayos de material
6. Análisis de datos y procesamiento de información
7. Análisis de sitio
8. Diseño conceptual
9. Elaboración del anteproyecto de diseño
10. Documentación de procesos
11. Estimación de costos
12. Edición y presentación de entregables finales

1. BIOCONSTRICTION



CAPÍTULO 1: BIOCONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ

Marco conceptual

Habitar y construir

El término habitar, según la Real Academia de la Lengua Española, se define como: “vivir, morar, residir habitualmente en un lugar”. Desde nuestra perspectiva del estudio de la arquitectura, habitar se traduce en un sitio de resguardo y protección, en torno al cual se desarrollan las actividades humanas (RAE, 2014).

Casi de manera predeterminada, este concepto de resguardo encamina nuestras ideas hacia un techo y paredes y, por ende, ligamos el habitar con el **construir**. Término que, según la RAE consiste en “**hacer algo utilizando los elementos adecuados**” (RAE, 2014).

Es allí donde nos cuestionamos: **¿Cómo determinamos cuáles son los elementos adecuados?**

Gracias a la documentación histórica, entendemos que, desde los primeros grupos humanos, el habitar era un resultado natural de la búsqueda de “elementos adecuados”, que respondieran a sus necesidades y acompañaran sus actividades de subsistencia. Estos elementos no fueron siempre parte de un proceso constructivo, sino materia existente en un entorno natural todavía no transformado. Nos referimos a acciones como aprovechar la copa de un árbol para salvaguardarse de la lluvia o sus ramas para subir y huir de un animal, piedras para cruzar un río o una cueva que sirviera de refugio, por mencionar algunos ejemplos.

En el reconocimiento del entorno y los elementos materiales que ofrecía, las necesidades y sobre todo, de una manera ingeniosa y empírica, consideramos que tuvieron lugar las primeras construcciones. Desde entonces, una variedad de materiales, métodos, técnicas e ideas, surgieron como producto del ensayo, error y vivencia del espacio construido, que inicialmente emulaba a la naturaleza y se introducía sutilmente en ella.

Consideramos que el aspecto más relevante de la evolución de las construcciones es que parte de ese tronco común: entorno, necesidades e ingenio, y fue ramificándose según la interpretación y respuestas de cada civilización en tiempos y lugares específicos. He allí la diversidad de tipologías de las que se tiene registro. Cuando intentamos comparar dólmenes, tipis, ranchos de material vegetal, iglús, pirámides, palacios y otros innumerables tipos de construcción, entendemos que las direcciones en las que evolucionó el proceso constructivo son

particularmente distintas. Sin embargo, todas responden a un momento, cultura, posibilidades, materialidad, creencias propias y, lo más importante, al sitio en el que se desarrollaron.

Como resultado del crecimiento de las civilizaciones, la evolución del pensamiento, el desarrollo de las ciencias y saberes, así como las posibilidades de transporte y comunicación y otros aspectos sociales, las formas de habitar y construir se vieron influenciadas. Importantes hitos históricos, de carácter social, político, económico o de innovación, como la revolución industrial o la creación de normativas constructivas nos encaminaron a construir con materiales producidos masivamente y a darles validez global. Así, se dejaba un poco de lado las consideraciones del sitio y se centraba más en la construcción de ciudades como imagen de crecimiento.

Pronto, el fácil acceso a la información, el traslado de personas de un lugar a otro y la economía global, llevaron a seguir y promulgar estilos y a la utilización de materiales estandarizados en casi cualquier parte del mundo. En muchos de los casos, sin una lectura del entorno específico o conciencia sobre el origen e impacto de estas formas de construir.

Si volvemos a pensar en esa evolución constructiva, encontramos cada vez menos ramificaciones y una dirección casi global. Pudiendo ver un diseño del típico rascacielos de concreto, vidrio y metal, sin diferenciar si está ubicado en Dubái, Canadá, China o Panamá.

A parte de esta estandarización y la no lectura del entorno, enfrentamos una realidad ambiental crítica, considerando que las emisiones globales de CO₂ relacionadas a los materiales equivalen al 9%. Además, en 2021, el sector constructivo fue responsable del 37% de las emisiones asociadas a la energía y sus operaciones. Se prevé que el uso de recursos primarios se duplique de aquí a 2060, y que el acero, el hormigón y el cemento, sean los principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero (Naciones Unidas, 2022).

En contraste, y afortunadamente, existen algunos esfuerzos por seguir construyendo y habitando en constante búsqueda de los “elementos adecuados”: aquellos que responden al sitio y se mantienen en armonía con él. Analizar el panorama completo permite desaprender, comprender las consecuencias ambientales del sistema actual y dar espacio a formas más conscientes habitar. En este contexto, nos adentraremos en la bioconstrucción para comprender por qué, específicamente, el bambú representa un gran aliado frente al panorama constructivo contemporáneo.

Bioconstrucción con bambú

Partimos de la idea de que la bioconstrucción es, según el Instituto Alemán de Baubiología IBN, la **biología del hábitat**. Petra Jebens, arquitecta especializada, narra que el origen formal de este concepto tiene relación con la creación de este instituto en 1976. En ese momento, surgió como consecuencia de las enfermedades que padecían los habitantes de estas viviendas por la contaminación química de los materiales sintéticos utilizados (Europa Press, 2012).

Es importante resaltar que no consideramos la bioconstrucción como una idea nueva o el planteamiento revolucionario del siglo. Si no, más bien, la forma respetuosa en la que el ser humano puede interpretar y relacionarse con el medio ambiente para habitarlo, a través de la reconfiguración de éste y con el menor impacto negativo posible. Así, la bioconstrucción ha existido desde el inicio, se mantiene siendo la guía en muchas regiones del mundo y somos nosotros, la mayoría, quienes perdemos la noción real del habitar sana y armónicamente con el medio.

Con el objetivo de repensar la arquitectura desde un punto de vista natural, el IBN elaboró una guía de 25 reglas básicas, resumidas en 5 factores esenciales: clima interior, materiales de construcción, diseño interior y arquitectónico, hábitat ecosocial y medio ambiente, energía y agua. Afirman que: “En condiciones reales, no siempre se puede cumplir con todos los criterios”. Por lo tanto, su atención se centra en su optimización dentro de un marco de trabajo individualmente posible (IBN, s.f.).

A continuación, presentamos los cinco (5) factores y los puntos más relevantes a considerar (IBN, s.f.):

- **Clima interior:** se rescata la importancia del aire fresco y de evitar la presencia de hongos, polvo y sustancias contaminantes. Se debe buscar minimizar los campos electromagnéticos y aprovechar el calor para calefacción donde es necesario.
- **Materiales de construcción:** se promueve el uso de materiales neutros, higroscópicos, no tóxicos y con la menor radiactividad. De igual forma, se debe encontrar el equilibrio entre aislamiento térmico y acumulación de calor, la temperatura superficial y el aire interior, disminuir el contenido de humedad y optimizar el aislamiento acústico.
- **Diseño interior y arquitectónico:** se plantean las proporciones y formas armoniosas, sin dejar de lado la fisiología y la ergonomía. Buscar la estimulación de los sentidos y aprovechar la iluminación natural (o simularla) es fundamental. Siempre que sea posible, debe promoverse la cultura edificatoria y artesana local.

- **Medio ambiente, energía y agua:** se promueve el uso de fuentes renovables de energía y garantizar agua potable de calidad. La protección del medio, la flora y la fauna es importante. Se debe buscar favorecer sistemas de construcción locales, elegir materiales y ciclos de vida con el mejor balance ecológico posible, evitando impactos negativos.
- **Hábitat ecosocial:** las infraestructuras deberán tener una combinación de usos equilibrada, proveyendo de suficiente espacio verde y fortaleciendo la autosuficiencia local. De igual forma, se busca favorecer una forma de habitar que satisfaga las necesidades humanas y proteja el medio ambiente, por lo que no es recomendable construir en emplazamientos contaminados por sustancias o ruido.

Analizar estos aspectos y lo que conllevaría cumplir con cada uno de ellos, puede llegar a parecer un compromiso casi inalcanzable. De nuestra parte, entendemos que el cumplimiento al 100 por ciento no es el sentido definitivo de la guía, si no impulsarnos a darle valor a cada esfuerzo posible que encamine el proyecto y nuestras prácticas a encontrar un equilibrio con el entorno.

El ejemplo claro, y en el cual se fundamenta esta investigación, es la utilización del bambú como aliado en la bioconstrucción, considerándolo no solo como un material constructivo, sino desde un espectro mucho más amplio e integral. Sus cualidades lo alinean con siete de los objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, parte de la agenda 2030, cuyo fin es mejorar la vida de las personas en el planeta. A esta increíble planta, en la que ahondaremos en las siguientes páginas, se le atribuye la contribución a los siguientes esfuerzos (ver Figura 1): fin de la pobreza, producción y consumo responsable, energía asequible y no contaminante, acción frente al cambio climático, ciudades y comunidades sostenibles, vida terrestre y alianzas para lograr los objetivos (INBAR, s.f.).



Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible alineados con el bambú. Elaboración propia. Adaptado de “La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, por Naciones Unidas, 2015, Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/#>.

El bambú es un recurso renovable que se automultiplica vegetativamente. Su gran flexibilidad y resistencia han permitido que se utilice en la construcción desde hace miles de años. Su capacidad de secuestro de dióxido de carbono y sus múltiples utilidades lo posicionan como un recurso totalmente aprovechable y prometedor frente a la lucha contra los efectos del cambio climático (Sánchez Diez & Riquelme, 2018; Hidalgo, 2003).

El punto de partida para el aprovechamiento sostenible del bambú, y que logre un impacto positivo, es conocerlo bien. Inicialmente, detallaremos los datos y procesos más relevantes, estudiándolo particularmente desde dos perspectivas: como planta y como material constructivo.

El bambú como planta

La primera interrogante que surge al hablar de bambú es: ¿Qué es? Antes de ser “materia prima”, es un ser vivo, una planta. Lo que resulta complejo es clasificarla, por lo que es común que en torno a ella existan una serie de conceptos e ideas equivocadas. Científicamente, se sostienen dos fundamentos:

1. El bambú no es un árbol. A menudo, es confusamente catalogado como árbol debido a su aspecto, follaje, cualidades maderables y altura. No obstante, presentan características distintas. Partimos de que el bambú crece “telescópicamente”, lo que quiere decir que su diámetro no incrementará durante su crecimiento y tiempo de vida, contrario a los árboles. Por otro lado, los culmos, también llamados varas o palos de bambú, son huecos en su mayoría y no tienen corteza. Pero la principal diferencia es que los árboles poseen un solo tallo, mientras que una planta de bambú está compuesta por varios tallos, en este caso culmos (Sánchez Diez & Riquelme, 2018).

2. El bambú es una hierba arborescente gigante. Según Oscar Hidalgo (2003), en su libro *Bambú; el regalo de los Dioses*: “El bambú no es un árbol, como la mayoría de la gente piensa, sino una hierba arborescente gigante.” Se plantea que pertenece a la familia Gramineae Poaceae, junto al trigo, el maíz y el arroz y su subfamilia es llamada bambusoideae. La teoría de que el bambú es una hierba es sostenida y aceptada científicamente. Sin embargo, otras ideas de expertos también podrían considerarse válidas. Por ejemplo, la expuesta por el Prof. Yulong Ding de Nanjing Forestry University, en el Seminario de la industria del bambú y economía verde, en Hangzhou. Para Ding: “*El bambú no es un árbol, tampoco una hierba. El bambú es bambú. Es una planta extraña*” (Y. Ding, comunicación personal, julio de 2023).

Coincidimos con el Prof. Ding en que el bambú, por su morfología y características, es una planta extraña. Añadiendo que es única, bastante peculiar y a la vez fascinante. Por lo que vale la pena abarcar a continuación: su hábitat y vida, taxonomía, morfología, cultivo y manejo, impacto ambiental y aprovechamiento.

Hábitat y vida

El origen de esta planta se remonta al período Cretácico: “Cuando aparecieron pastos y cereales, justo antes del comienzo del período Terciario, cuando también aparecieron los primeros humanos” (Hidalgo, 2003).

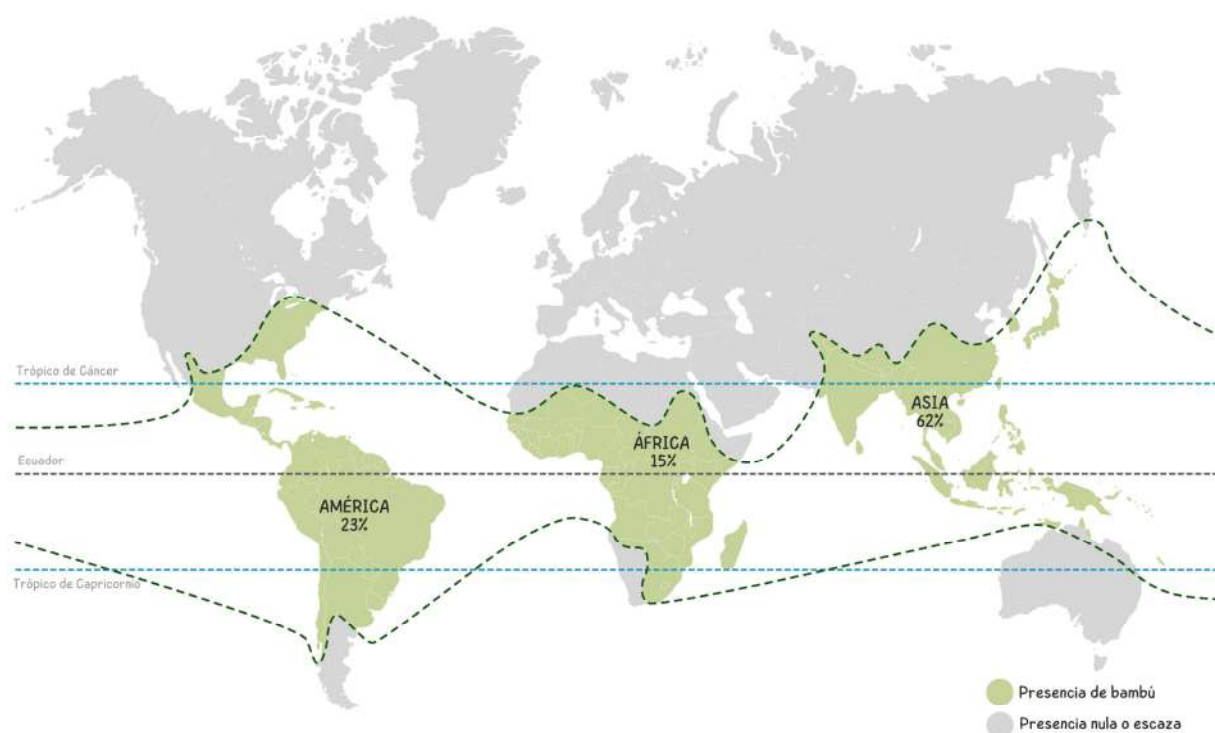


Figura 2. Mapa de distribución de bambú en el mundo. Elaboración propia. Adaptado de Global Natural Bamboo Habitat, por National Geographic, 1980, Research Gate. https://www.researchgate.net/figure/Global-Natural-Bamboo-Habitat-Source-National-Geographic-1980_fig1_333531438

Cuando estudiamos la distribución de bambú en el mundo en la Figura 2, notamos que vive en las zonas tropicales o muy cerca. La teoría de que el bambú floreció en este periodo y su relación cercana con el trópico es reforzada con recientes hallazgos. De acuerdo con National Geographic: “Trozos de bambú, gusanos de terciopelo y arañas acuáticas sugieren que el ambiente del Cretácico era una selva tropical, ya que hoy día se encuentran comúnmente especies similares en los bosques tropicales húmedos” (National Geographic, 2018).

Se estima que en el mundo crecen cerca de 1700 especies de bambú, que pertenecen a 130 géneros y se distribuyen en 39 países de las zonas tropicales de África, Asia y América, sumando una huella global estimada de 50 millones de hectáreas de bambú. Con base en la información presentada por el Dr. Jinhe Fu (2023), experto en bambú como sustituto del plástico, el 62% del bambú global está localizado en Asia, seguido de América con un 23% y África con un 15% (J. Fu, comunicación personal, julio 2023).

Parece ser que el porcentaje estimado de bambú por continente guarda una relación proporcional con el nivel de aprovechamiento que se le da al recurso en cada zona. No obstante, en este mapeo también resaltan otras coyunturas, como el análisis de John Naylor (comunicación personal, 2024). Naylor señala que, en resumen, el crecimiento de bambú coincide justamente con las zonas donde la gente es más pobre, las tasas de vivienda inadecuada son más altas, y donde se espera que la población urbana aumente mayormente. Crece donde la deforestación es más alta y donde existe una grave amenaza de desastres naturales. Esto nos hace plantearnos: ¿Será el bambú una oportunidad frente a estas situaciones?



Figura 3. Vida y diversidad.

Ahora, entendiendo que bajo el nombre de “bambú” existe una huella global bastante significativa, resaltamos que dentro de la misma hay una gran diversidad y no solo en el color o dimensión. Para explicarlo mejor, nos atrevemos a aplicar una analogía: **Intentemos comparar al**

bambú con el ser humano, ningún bambú es físicamente idéntico a otro, al igual que ninguna persona luce o es exactamente igual a otra.

Esto es porque, aunque se trate de la misma especie; aspectos como crecer en hábitats con suelos, alturas y temperaturas distintas, así como en condiciones climáticas, sociales y culturales diversas, tienen una fuerte influencia en la vida de la planta. A la vez que las comunidades han cambiado y se han adaptado con el tiempo, esta comunidad vegetal también ha evolucionado, buscando siempre la luz que le permite crecer (ver Figura 3).

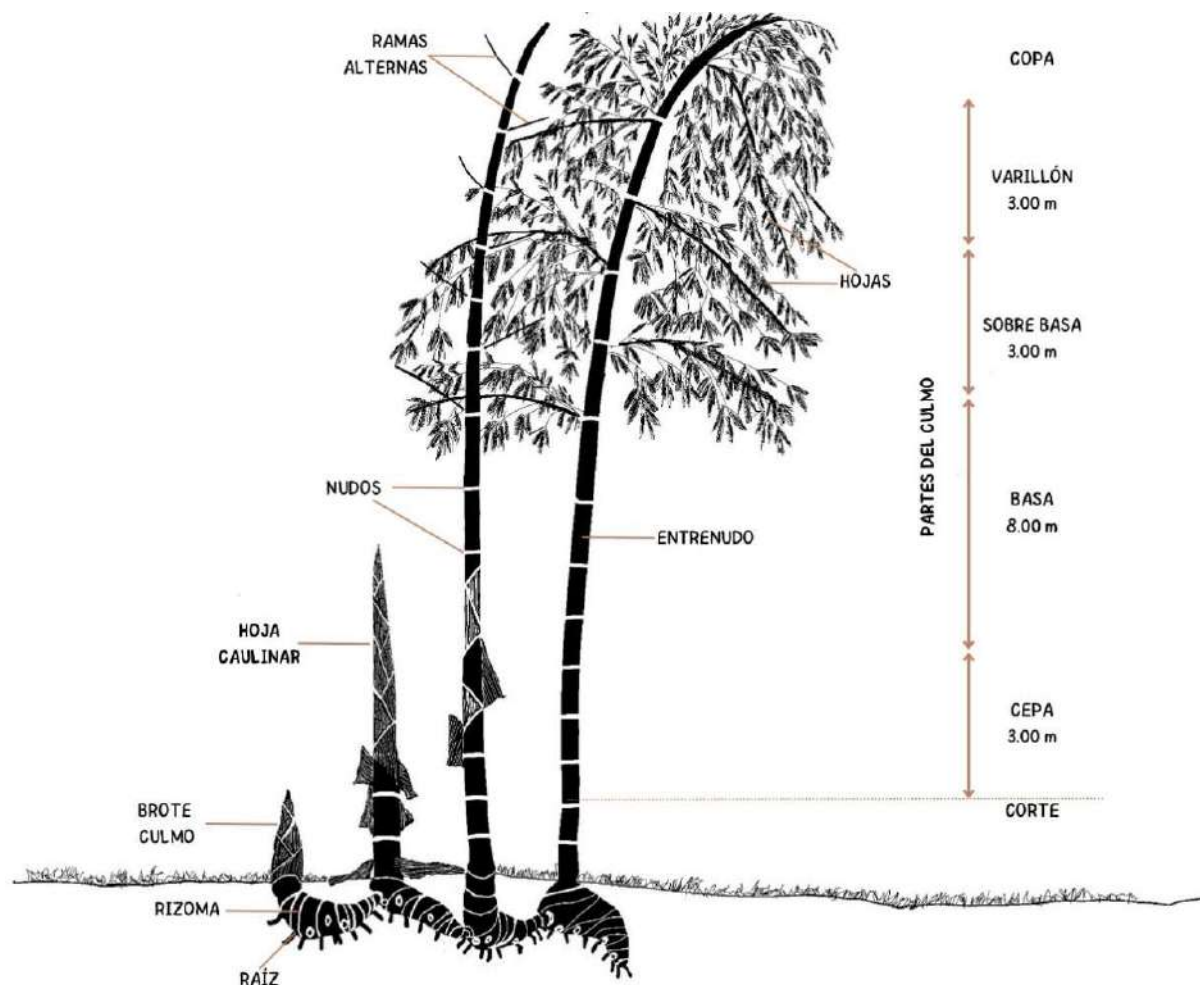


Figura 4. Morfología: partes de una planta de bambú. Elaboración propia. Adaptado de *Bamboo the gift of the Gods*, por Oscar Hidalgo, 2003.

Desde un punto general, antes de adentrarse en las especies y sus características, es importante reconocer la morfología de una planta de bambú. En la Figura 4, se detallan cada una de sus partes. En este caso, la planta está compuesta por cuatro (4) culmos. El más joven de ellos es el brote recién salido a la superficie, en la primera fase de crecimiento. El mismo, está

protegido por hojas caulinares y contiene ya la información y número de nudos que tendrá el futuro culmo hasta llegar a su madurez. Estos, como se detalla en el segundo y tercer culmo, se irán elongando y dando lugar a los entrenudos, hasta llegar a su altura final. Mientras crece, se van desprendiendo las hojas caulinares y comienzan a crecer las ramas y las hojas (Hidalgo, 2003).

Entre los procesos más sorprendentes del bambú está su rápido crecimiento diario, siendo el máximo record la elongación de 121 cm en 24 horas, observado por Koichiro Ueda en la especie *Phyllostachys reticulata* en 1955. Hidalgo (2003), afirma que la máxima elongación registrada en la especie *Guadua angustifolia*, la mayormente conocida y aprovechada en América, ha sido de 30 cm en un día. Por su parte, el autor evidenció elongaciones diarias de solo 11 a 15 cm en la misma especie en Colombia.

Según este experto, la altura total de un culmo de *Guadua angustifolia* de 10 a 12 cm de diámetro puede llegar a ser de 18 a 21 metros en promedio. Tomando como referencia los rangos de crecimiento diario, se estima que esta podría ser alcanzada en un lapso de tres (3) a cinco (5) meses de vida. Un registro importante, hecho en 1526, por el historicista español Gonzalo Fernández de Oviedo, sugiere que, para antes de la colonización de América, el diámetro de esta especie era de 0.22 m y alcanzaba una altura de hasta 40 metros. Hidalgo concluye: "Significa que las dimensiones de *Guadua angustifolia* han disminuido en un 50% en casi 500 años". Similarmente, otras especies como *Dendrocalamus giganteus*, considerada la especie de mayor tamaño, tenían hacia 1290, según el viajero italiano Marco Polo, un diámetro de 45 cm. Mientras que hoy día, llegan a crecer hasta 19 a 25 cm de diámetro y alcanzan una altura de 26 a 30 metros (Hidalgo, 2003).

Hidalgo le atribuye estas disminuciones en la dimensión de los culmos a los continuos cambios climáticos y a la destrucción de los bosques de bambú en los últimos 200 años. Esta última ocurre, según cuenta, por diversas razones, como la quema de hectáreas de bambú donde vivían los pobladores de pueblos latinoamericanos en el periodo de conquista española.

Durante esta investigación, tuvimos la oportunidad de encontrarnos con ambas especies mencionadas. En Panamá, en el Valle de Antón, junto al científico permacultor, Jean Carlos Bravo y el Arq. Anthony Lay, se encontró una planta de *Guadua angustifolia*, cuyo culmo tenía un diámetro de aprox. 18 cm (ver Figura 5), siendo este el más grande que hayamos visto de esta especie en Panamá y mayor al rango mencionado por Hidalgo. Por otro lado, en un restaurante en Hangzhou, al noroeste de China, junto a la Arq. Celia Cedeño, encontramos una sección de

un culmo que, de acuerdo con los dueños del restaurante, es de la especie *Dendrocalamus giganteus*. Para este, el diámetro era de aprox. 22 cm, dentro del rango mencionado por Hidalgo para esta especie (ver Figura 6).



Figura 5. Diámetro de un culmo de *Guadua Angustifolia* de El Valle de Antón, Panamá. Adaptado de Jean Carlos Bravo, comunicación personal, 2023.



Figura 6. Diámetro de un culmo de *Dendrocalamus giganteus* encontrado en Hangzhou, China.

Estas observaciones nos demuestran, una vez más, que nos encontramos frente a un ser vivo interesante, particular, variable y adaptado a las diversas condiciones del sitio, así como al tiempo en el que vive y que, además, solo “poniendo las manos en el bambú”, a través de la investigación y observación podremos llegar a comprenderlo cada vez mejor.

Taxonomía del bambú

Para nombrar los bambúes que existen partimos de géneros, especies y variedades. Género, según la RAE se define como el conjunto de seres que tienen uno o varios caracteres comunes. En este caso, entre los más conocidos, tenemos: *Phyllostachys*, *Guadua*,

Dendrocalamus y *Bambusa*. Para ser más precisos, se detalla la especie, definida por la RAE como una clase o conjunto de seres semejantes. Por ejemplo, una especie del género *Bambusa* es denominada: *vulgaris*. Así, añadiendo que se trata de una variedad, el nombre científico final es: *Bambusa vulgaris vittata* (RAE, 2014).

No es una tarea sencilla la identificación de especies y requiere de una observación minuciosa y experta. Un buen referente para lograr documentarlo es la “Guía sobre como fotografiar bambúes para la identificación taxonómica”, publicado en 2020 por Ximena Londoño y Eduardo Ruiz Sánchez. En este documento, se detalla cómo realizar un registro de las estructuras morfológicas más significativas, que contribuyen a que los expertos puedan hacer una buena identificación (Londoño & Ruiz Sánchez, 2020). Siguiendo las recomendaciones de la guía, presentamos en las siguientes páginas, algunas fotografías de bambúes identificados que captamos durante el tiempo de esta investigación, en nuestras visitas en Panamá, Colombia y China, con el fin de que el lector pueda observar distintas especies a medida que se explican con mayor detalle las partes que componen una planta de bambú.

Morfología del bambú

Comenzamos desde debajo de la tierra. En la Figura 4, observamos una serie de rizomas conectados entre sí, del que brotan los culmos. Se trata de un bambú de tipo simpodial. El bambú, según su morfología y en específico por el tipo de rizoma, se divide en dos grandes grupos. Dos investigadores plantearon, casi al mismo tiempo y sin conocimiento el uno del otro, que algunas especies de bambú crecían con rizomas que estaban conectados entre sí por medio de pequeños “cuellos” bajo la tierra, mientras que otros, aunque brotaban de una misma yema terminal horizontal, crecían más separados e individualmente. En Estados Unidos, en 1925, Mc Clure les llamó: simpodial y monopodial, mientras que un año después, el japonés Takenouchi los nombró: leptomorfo y paquimorfo respectivamente. Un tercer tipo, con parte simpodial y parte monopodial se considera mixto y es llamado metamorfo o anfipodial (Y. Ding, comunicación personal, julio de 2023; Hidalgo, 2003).

Aunque puede ser complejo realizar una excavación, es posible tener una idea cercana del tipo de rizoma si observamos con atención la disposición de los culmos y la separación entre ellos dentro de un rodal. En la Figura 7, se muestran dos especies de bambú de tipo monopodial o paquimorfo, que encontramos en el noreste de China. Se trata de dos especies del mismo género: *Phyllostachys edulis* y *Phyllostachys praecox*, cuyos culmos están dispuestos de manera distante entre sí, como individuales. Como ejemplos de bambú tipo simpodial o leptomorfo, observamos la *Guadua angustifolia*, fotografiada en Antioquia, Colombia. Con un diámetro menor

y de llamativo color amarillo, encontramos *la Bambusa multiplex* en Anji, China. En ambas plantas la cercanía entre los culmos y nuevos brotes evidencian que sus rizomas están conectados de manera directa entre sí.



Figura 7. Tipos de Bambú: monopodial y simpodial.

Ya sea un tipo de bambú simpodial, monopodial o ampipodial. En cada uno de estos rodales o plantas de bambú se observaron nuevos brotes emergiendo, como parte de su ciclo de vida. Una vez aparece un brote, es protegido por la hoja caulinar. Esta lo envuelve durante los primeros meses de crecimiento, cumpliendo tres (3) funciones: proteger, crear un ambiente especial y ser receptor de señales. Cuando el culmo joven está preparado para defenderse, las hojas se desprenden hasta descubrirlo (Y. Ding, comunicación personal, julio de 2023).

Aunque tienen similitudes y cumplen las mismas funciones, las hojas caulinares pueden tener características distintas según la especie, tal como se puede apreciar en la Figura 8. De igual forma, resulta impresionante ver de primera mano el papel que juega la hoja en una misma planta de bambú, así como sus cambios en cada una de las etapas de crecimiento.



Figura 8. El papel de la hoja caulinar en distintas edades y especies de bambú.

En las fotografías (ver Figura 8), captamos diferentes momentos y especies. De izquierda a derecha, un culmo de *Guadua angustifolia* en Coclé, Panamá, de al menos dos (2) meses de vida, es protegido completamente por hojas color marrón.

Un brote de *Dendrocalamus asper* en Chiriquí, Panamá, está cubierto por hojas caulinares que rematan con una peculiar forma de “corona”. La hoja caulinar desprendiéndose y dejando ver el culmo joven de *Guadua angustifolia* en Colombia y, por último, las últimas hojas que protegen el culmo de bambú moso o *Phyllostachys edulis* en un bosque de Yunhe, China.

Una vez la hoja caulinar deja ver el culmo, se pueden apreciar sus colores y composición de nudos y entrenudos. Los nudos son percibidos externamente como líneas en forma perpendicular que marcan y dividen visualmente el culmo en segmentos. Por ejemplo, en la *Guadua angustifolia*, estos resaltan como anillos de color blanco sobre el culmo verde.

El espacio entre dos nudos se denomina entrenudo y varía según la parte en la que se encuentra. En la mayoría de las especies, la dimensión del entrenudo es menor a medida que nos acercamos a la parte inferior o cepa. A simple vista, parece que el bambú es cilíndrico. Sin embargo, desde la parte inferior hasta la superior, cada nudo va disminuyendo en pequeña medida su diámetro, por lo que se le atribuye la forma “cónica”. Así que, en la parte inferior de tres (3) metros que llamamos cepa, los nudos tendrán un diámetro mayor. Luego, la basa mantiene un diámetro bastante regular en aproximadamente ocho (8) metros de largo. Mientras que, la parte superior, compuesta por sobrebasa, varillón y copa, será mucho más angosta. Esta identificación y las diferencias en las partes del bambú son un punto clave en su aprovechamiento (ver Figura 4) (Hidalgo, 2003).

Para comprenderlo internamente, prestemos atención a la Figura 9, donde se aprecian cortes secos de varas de bambú *Guadua angustifolia* de Coclé, Panamá. La sección del entrenudo muestra que el culmo tiene una pared, cuyo espesor varía según la especie. A la vez, el entrenudo es hueco, hasta encontrarse con un nudo. Haciendo un corte justo en el nudo, obtuvimos la sección transversal presentada. Esa superficie dura, conocida como diafragma de nudo, se comporta como una tapa. Mientras más cerca se encuentren los nudos uno del otro, mayor rigidez tendrá la vara.

Estos cortes podrían considerarse típicos, tomando en cuenta que la mayoría de las especies de bambú mantienen esta morfología. No obstante, cabe resaltar que los culmos de algunos géneros como *Chusquea*, no son huecos en su interior, sino sólidos en su totalidad (Hidalgo, 2003).

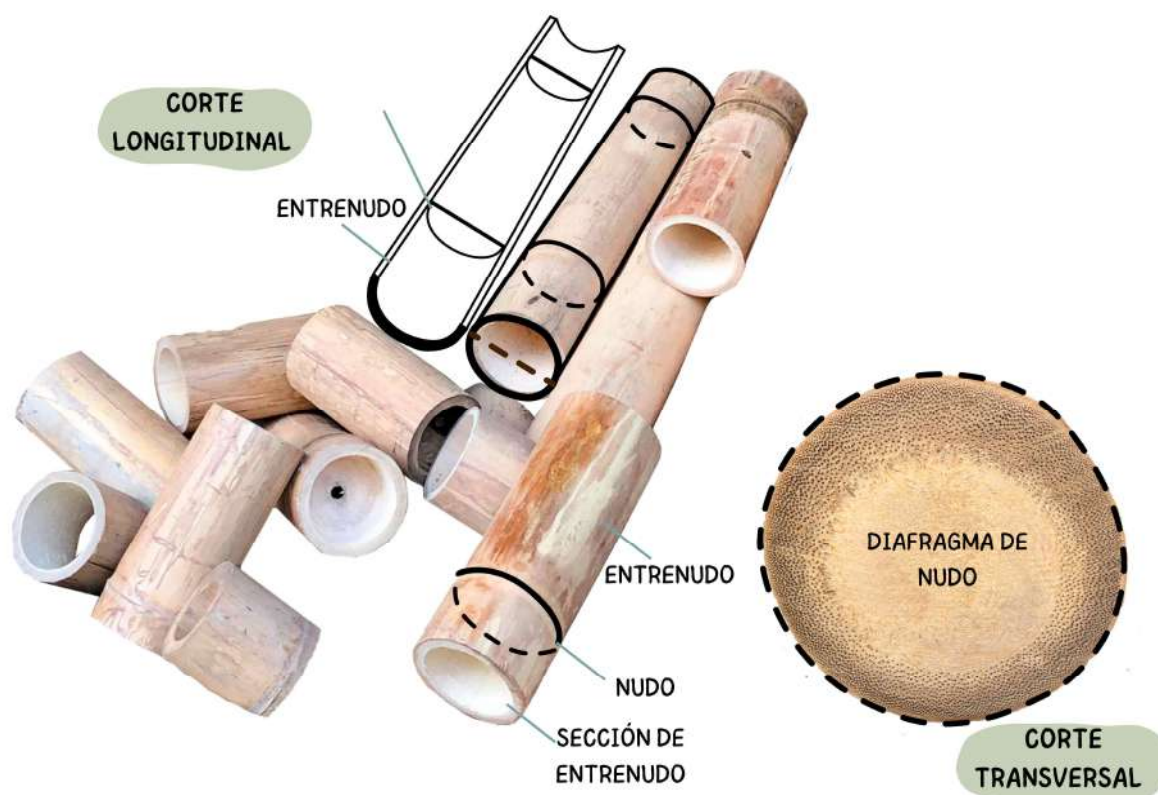


Figura 9. Cortes de sección de un culmo de *Guadua*. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo, 2003.

Por otro lado, existen culmos cuyos nudos no son perpendiculares al culmo y tienen una forma distinta de la sección circular con la que nos sentimos familiarizados. A estos, Hidalgo (2003), los dividió en dos grupos. El primero incluye a los culmos de formas naturales, como el bambú cuadrado chino, un bambú triangular y otras especies con formas englobadas. Al segundo grupo lo denominó: culmos extraños, refiriéndose a aquellos que sufrieron alguna deformación durante su proceso de crecimiento. Enfatiza en que estas piezas son consideradas valiosas y utilizadas para propósitos decorativos.

En la Figura 10, evidenciamos las anomalías descritas por Hidalgo (2003), que hallamos cerca al estacionamiento de una plaza comercial en Anji, China. A simple vista, nos llamó la atención la diferencia de formas entre los culmos pertenecientes a la misma planta, que identificamos de manera general como monopodial:



Figura 10. Anomalías de nudos encontradas en una planta de bambú en China.

- Bambú con forma natural**, amarillo, de sección redonda y de pequeño diámetro.
- Bambú “caparazón de tortuga”**, de dos tonos de verde distinto y nudos blancos. Según Hidalgo, la rareza de esta deformación es relacionada con un “vehículo de divinidad”.
- Bambú “cara de Budda”**, verde claro con manchas y nudos blancos en forma de zigzag.
- Se aprecia la anomalía de **forma zigzag** en la parte inferior del culmo y cómo, a medida que creció, volvió a buscar su forma “natural”.

Si bien, no fue posible corroborar la especie, nos basaremos en los señalamientos de Hidalgo (2003), quien afirma que ambas, caparazón de tortuga y cara de Budda, son formas inusuales características de *Phyllostachys pubescens edulis*, mejor conocido como bambú moso.



Figura 11. Diversidad de hojas en las especies de bambú.

Una vez comprendida la morfología de los culmos, nos centraremos en las ramas, hojas, flores y frutos. Una de las principales observaciones en diversas especies es la alternancia de las ramas en los nudos, brotando en un nudo hacia un lado y en el siguiente nudo hacia el lado opuesto, y así sucesivamente.

Tal como se puede apreciar en la Figura 11, a pesar de las diferencias notables entre las especies, las hojas son similares en cuanto a forma y su característico color verde. Son elongadas, pero pueden variar en tamaños. Por ejemplo, a simple vista no se encuentra gran

diferencia en el follaje del bambú *Phyllostachys edulis* y *Bambusa vulgaris vittata*. Mientras que, la diferencia entre la dimensión de la hoja de *Phyllostachys praecox* y la del *Dendrocalamus giganteus* es bastante notable.

La importancia de observar con atención las ramas y hojas de las especies de bambú, radica en que a partir de estas se puede estimar la edad de un culmo. Un culmo nace y crece manteniendo la misma dimensión en diámetros durante todo su ciclo de vida, convirtiéndose en un culmo joven en meses, pero no llega a su madurez hasta aproximadamente cuatro (4) años. Durante este tiempo, sus ramas y hojas siguen creciendo. En la cantidad de ramificaciones, es posible determinar si tiene uno, dos o tres años (Hidalgo, 2003).

En cuanto a la floración del bambú, existen dos tipos: esporádica o irregular y gregaria. La floración esporádica aparece en cualquier momento y puede darse por distintas razones, como fuego en el área o algún insecto. En este caso, uno o varios culmos de cualquier edad del mismo grupo florecen y mueren. El resto de la planta, no afectada, se mantiene viva, a diferencia de la floración gregaria (Hidalgo, 2003).



Figura 12. Floración irregular en cultivo de *Phyllostachys praecox*.

Presenciamos este suceso en una plantación de *Phyllostachys praecox* en Anji, China. (ver Figura 12) Resaltó a nuestra vista la presencia de flores, como pequeñas espiguillas, en algunos de los culmos. Por un lado, encontramos ramas apenas floreciendo, mientras que, por otras zonas, las flores tenían un color quemado y habían poblado por completo las ramas. Se corroboró que se trataba de una floración esporádica.

Por su parte, la floración gregoriana se relaciona con la muerte de la planta. Ocurre en intervalos prolongados de tiempo, conocidos como ciclos vitales fisiológicos. Este tiempo puede variar según la especie, siendo el más corto cuatro (4) años y el más largo 120 años (Hidalgo, 2003).

Es importante comprender que el ciclo de vida de una planta de bambú comienza con el crecimiento del primer brote. Luego, se convierte en una planta continua que produce nuevos culmos cada año. Así, la planta sigue creciendo en extensión, hasta que cumple su periodo y

comienza a florecer. Si las flores completan las ramas en su totalidad, llevará a la muerte de la planta completa. Esto sucede en la mayoría de las especies. No obstante, Hidalgo afirma que hay excepciones, como la *Guadua angustifolia*, cuya floración ocurre cada 32 a 35 años. En 1976, se observó que cuando las hojas de los culmos no eran reemplazadas por completo por flores, estos tenían posibilidad de mantenerse vivos. Mientras que el resto de la planta moría.

El aspecto más fascinante de la floración gregoriana es que cuando ocurre, tanto los culmos de una planta, como todas las plantas que pertenecen a la misma cepa o han crecido a partir de la misma fuente de semilla, florecerán al mismo tiempo. Pasará en cualquier parte del mundo, donde la especie haya crecido de forma natural o cultivada, a pesar de cualquier diferencia que exista en las condiciones ambientales. Esto ocurre, según Soderstrom (1979), porque: “su energía se dirige hacia producción de flores y semillas, y su crecimiento vegetativo cesa, ya que el bambú lo sacrifica todo para la producción de su descendencia” (Hidalgo, 2003).

Cultivo y manejo

A través de las semillas que se producen en la floración, es posible la propagación de manera sexual. Sin embargo, comúnmente se recurre a los tipos de propagación vegetativas o asexuales, ya que pueden obtenerse en cualquier otro momento del ciclo de vida de la planta. Siendo los principales: por esquejes de culmo, por esquejes de ramas, propagación por capas o micropropagación in vitro (Hidalgo, 2003).

Es importante tomar en cuenta que el tipo de propagación y el cultivo dependerán de diversos aspectos como la especie, las condiciones del lugar, la extensión y el uso al que esté destinado el cultivo.

En cuanto a las condiciones ambientales, Hidalgo (2003) detalla que se prioriza el análisis de seis (6) factores:

- a. **Latitud y altitud.** Geográficamente, el bambú del mundo está distribuido en las zonas tropical, subtropical y templadas. Crece desde el nivel del mar, hasta una altura de 5,000 m en la Cordillera de los Andes. En el caso de la *Guadua*, que crece desde el nivel del mar, logra la mejor calidad entre los 1,000 y 1,600 m.s.n.m.
- b. **Temperatura.** Generalmente, las altas temperaturas promueven el crecimiento de la planta. La mayoría de bambúes crecen en temperaturas de entre 9° y 36° C. Para la *Guadua Angustifolia*, el ideal es entre 20° y 26° C, con humedad relativa de 80%.
- c. **Precipitaciones.** La lluvia es el factor más determinante en el crecimiento. Con las primeras gotas en la estación lluviosa comienzan a emerger nuevos brotes y las hojas de los

culmos se reverdecen. Los bambúes que crecen en suelos húmedos y cerca de ríos, tienen hojas más grandes. La *Guadua angustifolia* crece mejor en los lugares donde la precipitación anual es superior a 2.000 mm.

d. **Suelos.** Los bambúes crecerán mejor en suelos fértiles y bien drenados, como el franco arenoso, franco con estructura granular derivada de ríos y rocas. La mayoría de los bambúes tienen un mayor crecimiento en suelos fértiles que en suelos secos o pobres.

e. **Topografía.** Al seleccionar dónde sembrar, es importante considerar las tierras con un buen drenaje natural, como una ladera (pendiente 7 a 8°) o al pie de una montaña. La resistencia de los culmos que crecen en las laderas de las colinas es mayor. Si se desea prevenir o combatir los problemas de erosión, sembrar bambú será beneficioso.

f. **Influencia de árboles en bosques mixtos.** Mantener el equilibrio ecológico a partir de la intercalación de especies de árboles y rodales de bambú ha sido probado como una estrategia valiosa.



Figura 13. Cultivo de bambú y árboles frutales en la Finca Agroturística Rodaisa, Panamá.

Una vez realizado el análisis del sitio con base en estos factores, se tendrá una idea más clara sobre sus características, las posibilidades y requerimientos de la especie a cultivar. Por ejemplo, en el Manual de establecimiento de viveros y manejo de plantaciones del cultivo de *Guadua angustifolia* en Panamá (2018), el Ing. Rolando Sánchez Díez comparte el paso a paso del método aplicado para el cultivo en la Finca Rodaisa, ubicada en El Nance, distrito de San Carlos, Panamá.

Su cultivo y manejo ha logrado que se produzcan plantones y culmos de buena calidad, a pesar de que según menciona: “Ni el suelo, ni la altura son las más favorables para esta especie”, refiriéndose a que se encuentra dentro de la región del Arco Seco y a tan solo 32 m.s.n.m. (R. Sánchez, comunicación personal, 2022).

Sánchez ha implementado la propagación por medio de chusquines, pequeños hijos que crecen de la raíz del bambú. Estos a su vez son reproducidos en viveros para generar plantones. La distancia entre los plantones dependerá del tipo de actividad que se busca desarrollar (ver Figura 14). Por ejemplo, para la agroforestería, intercalando árboles frutales, la distancia

recomendada para la demarcación por cada lado del triángulo es seis o siete (6 o 7) metros (Sánchez Díez & Riquelme, 2018).

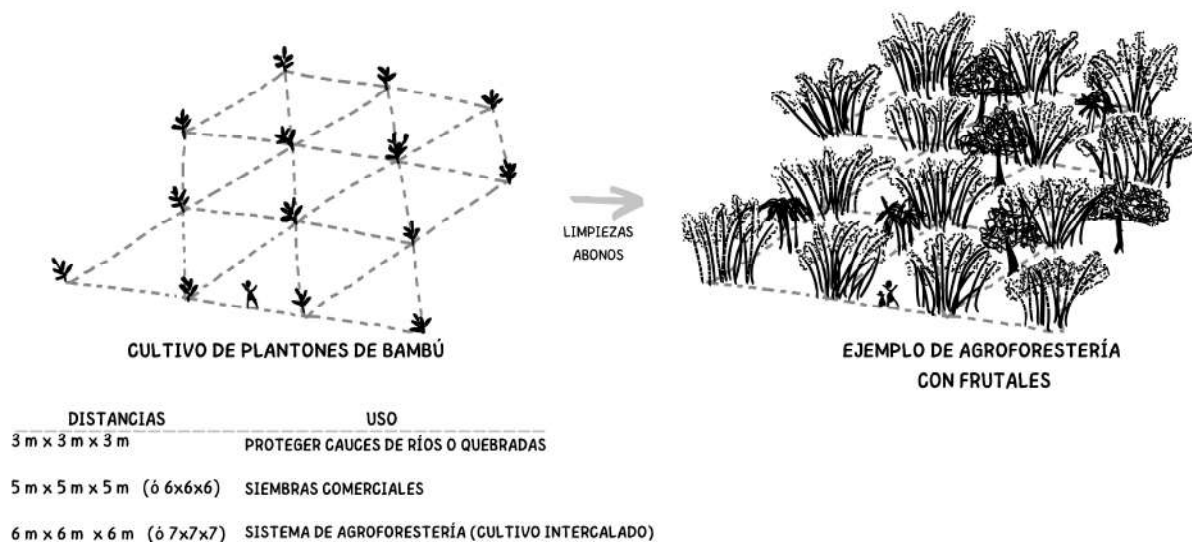


Figura 14. Esquema de cultivos de plántulas de bambú según su uso. Elaboración propia. Adaptado de: Sánchez Díez y Riquelme, 2018.

Una vez cultivado, el bambú requerirá de al menos tres (3) limpiezas de maleza. El abono es también un factor importante y se recomienda aplicarlo en el momento de la siembra y posterior a ella. Para el crecimiento y sostenibilidad del guadual, se recomienda el monitoreo y manejo adecuado del mismo (Hidalgo, 2003).

Impacto ambiental y aprovechamiento del bambú

Entre los aportes de gran impacto ambiental que se le atribuyen al bambú, se encuentran: la reducción y prevención de la erosión del suelo, producción de biomasa, retención de agua, control del caudal hídrico y reducción de la temperatura. Pero el mayor impacto atribuido es la captura de dióxido de carbono (INBAR, 2022).

En este punto, vale la pena aclarar que, tal como hemos visto hasta el momento, cada bosque de bambú tiene características propias según la especie, sitio y condiciones. Por esta razón, no consideramos válidos los datos generalizados sobre la absorción de carbono de esta planta. Si no, los de casos de investigación de bosques y especies específicos.

Para tener una idea de este impacto, exponemos como referencia un bosque del condado de Anji, Zhejiang China, en el que habita el *Phyllostachys edulis* o Bambú moso. Estos datos fueron medidos por la “Torre de flujo de bambú Moso”. El estudio es realizado mediante el monitoreo del intercambio de carbono, agua y energía entre el ecosistema de bambú y la

atmósfera, en una observación comprensiva. Los resultados de la investigación se resumen en la Figura 15 (H. Zhang, comunicación personal, 19 de julio de 2023)

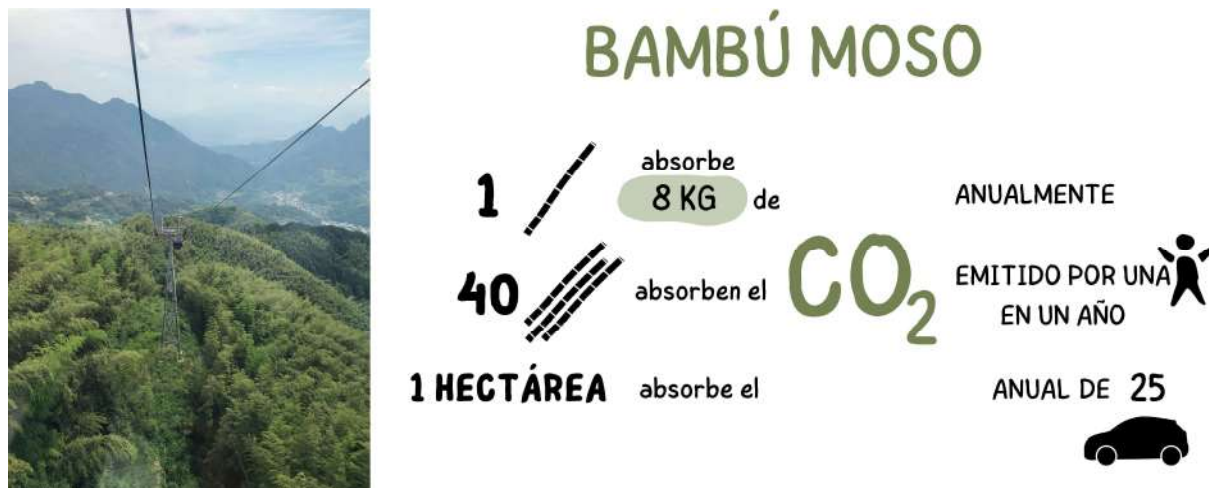


Figura 15. Medición de absorción de CO₂ en bambú moso en Torre de Flujo en Anji, Zhejiang, China. Elaboración propia. Adaptado de Sumidero de Carbono Forestal, por Hongliang Zhang, comunicación personal, 19 de julio de 2023.

Para el Dr. Hongliang Zhang del Ministerio de Bosque del Condado de Anji (comunicación personal, 2023), el compromiso de China 30-60 plantea lograr una neutralidad de carbono, apuntando hacia un pico en carbono, sin aumento al año 2030, hasta lograr la neutralidad y cero emisiones en el 2060. Cuando se analiza el panorama actual, con la investigación realizada: la absorción total de CO₂ del moso bambú es de 24.31 toneladas por hectárea, tomando en cuenta toda la superficie de bambú en China, se trata de 113 millones de toneladas de CO₂. Lo impresionante es que mientras esto representa el 7.1% de la absorción de CO₂ nacional anual, en área ocupa solo el 2.94% de la superficie boscosa.

Ahora bien, sembrando bambú podemos ayudar a reducir la huella de carbono e impulsar las emisiones negativas. Sin embargo, recordemos que los culmos tienen una edad de vida en la planta y luego de ese momento morirán, devolviendo al ambiente gran parte del CO₂ capturado.

Pero, ¿qué pasaría si aprovecháramos los culmos para crear productos o construcciones y mantener contenido por más tiempo el dióxido de carbono absorbido? Y si luego, tras su ciclo de vida útil, ¿lo transformáramos en otro material, como papel?

Seguramente, quienes comenzaron a utilizar bambú, no lo hicieron precisamente con esta visión, sino a través de la creatividad y el ingenio para resolver sus necesidades, sacando provecho del increíble recurso natural que descubrieron tenían a la mano. No obstante, con el irreversible cambio climático y condiciones que enfrentamos mundialmente, resulta valioso repensar las soluciones y materiales. Como muestra de ello, en la Figura 16, se presenta un

esquema de usos del bambú, en el que se detallan dos caminos: el brote como alimento o permitir el crecimiento de la planta para utilizar cada una de sus partes.

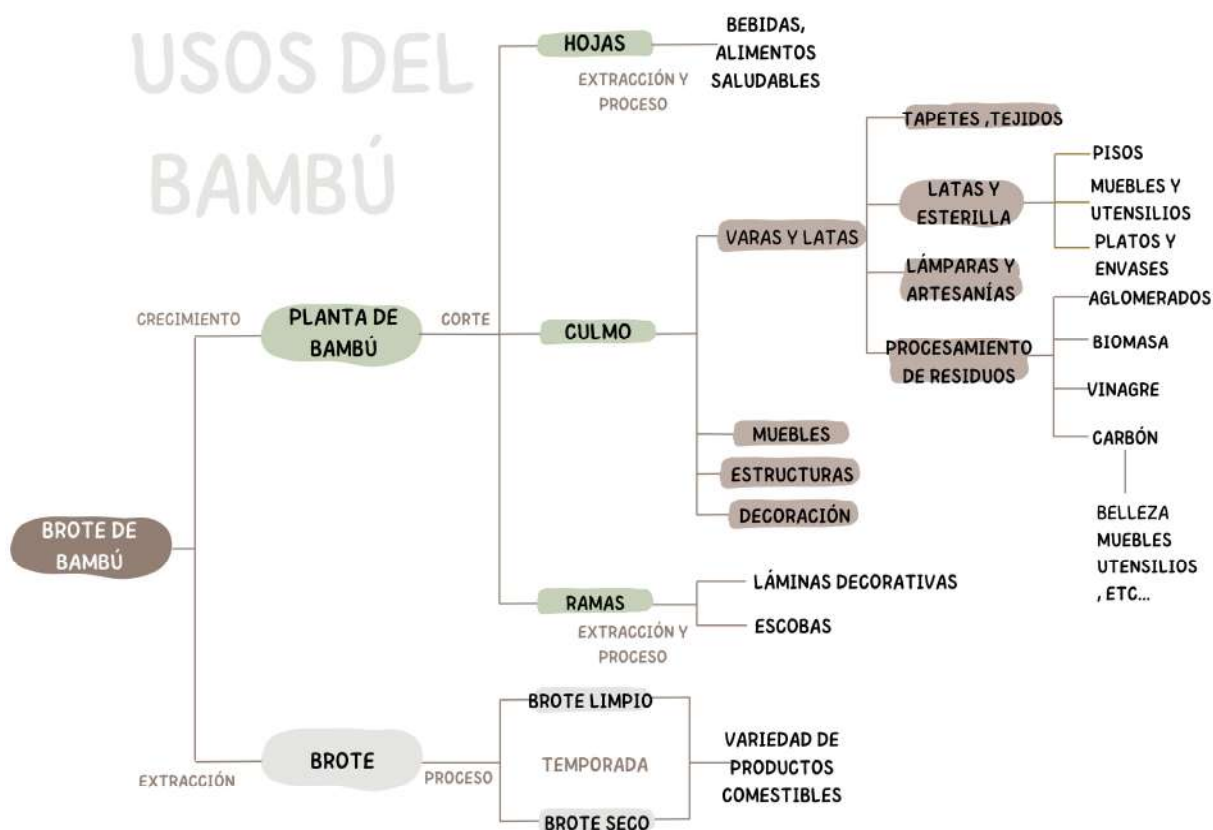


Figura 16. Usos del bambú. Adaptado de Usos del bambú, por China Bamboo Research Center (CBRC), comunicación personal, julio 2023.

El bambú como material constructivo

Luego de conocer las bases del bambú como planta, nos enfocaremos en su aprovechamiento como material, desde que es extraído hasta convertirse en parte de una obra constructiva. Como se observa en el esquema de la Figura 16, la parte principalmente utilizada para la construcción, muebles y decoración, es el culmo. Aunque, en algunas regiones, las ramas son también utilizadas en láminas decorativas para paredes o cielos.

Los culmos se utilizan en su forma entera para estructuras. Aunque también son cortados y transformados de manera manual y tradicional, con el uso de máquinas, o procesados hasta llegar a materiales más elaborados, como los laminados.

A continuación, se detallan los procesos de: elección y corte, inmunización, secado y almacenaje, hasta llegar a la clasificación, transformación y posibilidades de los culmos de bambú.

Elección y corte

El primer paso para la utilización del bambú en construcción es elegir la materia viva, que pasará a ser materia prima. El conocimiento de la planta y los procesos que preceden el corte de las varas son determinantes para la buena ejecución de la obra (Sánchez Diez & Riquelme, 2018; R. Sánchez, comunicación personal, septiembre 2022; M. Knescht, comunicación personal, octubre 2023), considerando lo siguiente:

a. **Edad del culmo.** La primera vez que se cosechen culmos para construcción se deberán esperar aproximadamente ocho (8) años (en este tiempo, lograrán crecer y madurar culmos del diámetro esperado). Para las siguientes cosechas, se deberá realizar un monitoreo durante el desarrollo del cultivo para identificar el estado de madurez, que deberá ser de cuatro (4) a seis (6) años. La presencia de manchas de color blancuzco, llamadas líquenes, en el 50% del culmo o más, es un indicativo de que está maduro y puede ser aprovechado. Una de las técnicas para identificar la edad más rápido, es marcando con color el año de nacimiento del culmo (Ver Figura 17).



Figura 17. Culmos maduros con líquenes.

b. **Momento del corte.** Tradicionalmente, es recomendado hacerlo durante la fase lunar menguante, entre la 1:00 a.m. y 5:00 a.m., ya que se considera que el contenido de savia es menor y se minimizará el riesgo de que los insectos lo invadan. No obstante, no siempre será posible realizar cortes en ese momento y dependerá de las condiciones.



Figura 18. Corte adecuado de una vara de bambú.

c. **Equilibrio del rodal.** Las varas de bambú que cortemos no deben ser más del 50% del total de las varas maduras que están en pie en el terreno, para no descompensar el rodal existente.

d. **Corte.** Se cortará arriba del primer o segundo, lo más cerca posible al diafragma, para evitar el empozamiento de agua (ver Figura 18).

e. **Avinagramiento.** Una vez se realice el corte, se recomienda dejar reposar la vara encima del nudo que se mantiene en el suelo. Este proceso se realiza ya que la vara será más liviana para transportarla una vez esté seca, considerando que recién cortado tiene un alto contenido de agua. En un ambiente seco se puede esperar 15 días antes de moverla de la plantación, tiempo que podría extenderse cuando se trate de climas más húmedos.

Inmunización, secado y almacenaje

El parénquima azucarado que une las fibras del bambú lo convierte en un alimento apetecible para las termitas, barrenadores, insectos, hongos y otros animales, debido a su contenido de almidón. Si bien, estamos frente a un material resistente y con grandes propiedades mecánicas, el hecho de que sea afectada por insectos podría disminuir el tiempo de durabilidad de una edificación. Para asegurarnos de que sea duradero y no tenga afectaciones, recurrimos al siguiente proceso: la inmunización (Bamboo U, 2022).

Existen diversos métodos que han evolucionado con el pasar del tiempo. Los tradicionales no son muy efectivos y los industrializados pueden llegar a ser muy tóxicos para el ambiente y las personas. Profundizaremos en la inmunización a base de boro. Para Bamboo U (2022): “La consistencia y garantía en la calidad del tratamiento lo convierten en la técnica más ecológica y fiable disponible actualmente”.

Para este, se utilizan dos componentes químicos que contienen boro: bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) y ácido bórico (H_3BO_3). Su combinación es inofensiva para los seres humanos, a la vez que factible para repeler insectos y puede aplicarse mediante dos técnicas:

a. **Inmersión completa.** Para que el bambú absorba el tratamiento, se deben perforar, con ayuda de una varilla, todos los diafragmas de los nudos. Posteriormente se sumergirán las varas en un tanque o piscina. La temperatura juega un papel importante en la absorción de la solución, que en este caso contendrá 2% de ácido bórico, 3% de bórax y 95% de agua. En temperatura ambiente, en un clima tropical, el proceso podría tomar de 7 a 14 días, mientras que, si se eleva del suelo, aplicando calor a 60° C podríamos tener el mismo resultado en 24 horas.

b. **Remojo vertical y difusión.** Es una solución para el tratamiento del bambú sin necesidad de infraestructura, requiriendo de un espacio para maniobrar, una base de madera,

tornillos, una varilla y plato de metal. Consiste en perforar todos los diafragmas nodales, a excepción del último que funcionará como la parte inferior de un vaso. Se debe colocar de forma vertical y rellenar con la solución compuesta de: 4% ácido bórico, 6% bórax y 90% agua. Este método requiere de monitoreo y agregar solución para que las varas se mantengan llenas durante 14 días. Luego de este tiempo, se perforará el último nudo para extraer el líquido (Bamboo U, 2022).

En ambos casos, se deberá tomar en cuenta la protección contra la lluvia y factores externos que puedan afectar el proceso de inmunización. Al momento de elección del método, es importante considerar que el remojo vertical no funcionará correctamente si los culmos son muy curvos, sólidos o muy delgados, de igual manera, si tienen alguna rajadura o perforación en las paredes. En contraste, cualquier culmo con estas características e incluso, en forma de lata o esterilla podrá ser inmunizado en una inmersión completa (Bamboo U, 2022).

A pesar de que la construcción de una piscina pueda representar un costo elevado, es la opción más factible si lo que se busca es inmunizar una cantidad significativa de varas a la vez, optimizar tiempos y costos y aprovechar la reutilización de la solución. Por ejemplo, en la finca Rodaísa, la inmersión es realizada en tinas de 6 m de largo x 1 m de ancho x 1 m de profundidad, a la que se agrega 1 kilo de bórax, 1 kilo de ácido bórico por cada 100 litros de agua. En 5000 litros de agua se logran inmunizar entre 100 y 120 varas de *Guadua angustifolia* durante cinco a seis (5 a 6) días. El largo de la piscina limita que todos los culmos sean de máximo seis (6) metros de largo, una medida manejable para su transporte y uso (R. Sánchez, comunicación personal, 2023).

Una vez tratadas, las varas pueden ser secadas bajo el sol o un horno. Al natural, dependiendo de las horas de luz y el clima, pueden llegar a una humedad relativa de 12 a 14%, en un tiempo de 3 a 6 semanas. Es importante que sean rotadas durante este tiempo para recibir la misma exposición. Para su almacenaje se recomienda una estructura techada, que evite la exposición directa sol a la lluvia y a la humedad del suelo, como se muestra en la Figura 19. Las varas se podrán acomodar en una estantería de varios niveles, donde se separen por diámetro, largo y forma. Esto permitirá cuantificarlos, verlos y elegirlos de manera práctica cuando se necesite (Sánchez Díez & Riquelme, 2018).



Figura 19. Secado y almacenaje de guaduas en el Centro Agroforestal de la Reserva del Valle de Mamoní, Panamá

Clasificación, transformación y posibilidades de los culmos

Con base en nuestras experiencias en la utilización del bambú como material constructivo, que se detallarán más a fondo en el capítulo 2, nos dimos cuenta de que, para ejecutar un proyecto, pueden existir dos puntos de partida distintos. Por un lado, es posible que exista una cantidad limitada de varas con las que se deba llegar a cumplir con una necesidad. Por ejemplo, se han cortado las varas disponibles en el rodal para hacer una estructura para el almacenaje de herramientas en la finca. Mientras que el otro panorama podría ser a partir de un concepto o diseño arquitectónico. En este caso se tiene una idea preconcebida y, por ende, se establece el tipo de varas que se necesitan para la construcción, por lo que con base en ello se escogerán rectas o curvas, de distintos largos y diámetros, según aplique.

Al tratarse de un material natural, el mayor reto es encontrar culmos rectos, exactamente iguales entre sí o con medidas estándares. Por tal motivo, la primera tarea al recibir un conjunto de varas será clasificarlas y así determinar con qué material contamos y cómo se adaptará a nuestras necesidades. Algunos puntos que, según el experto Jorg Stamm (comunicación personal, enero 2022) se deben tomar en cuenta son:

- La clasificación y el manejo de los culmos es posible en grupos de dos personas. Una persona adulta puede cargar un culmo de tres a seis metros (ver Figura 20).
- La primera clasificación será por la forma del culmo, separando en grupos: los más rectos, los curvos y los “chuecos” o torcidos, considerando también que algunos culmos tienen doble curvatura. Una forma práctica de maniobrar y verificar la rectitud de los culmos es

colocándolos sobre dos varas colocadas de forma perpendicular en los extremos: una hacia la cepa y la otra hacia la basa. Cuando se clasifiquen los culmos se recomienda que vayan en la misma dirección. Es decir, que todas las cepas estén del mismo lado.

- Se agruparán también aquellos que tengan rajaduras o alguna afectación, marcando los cortes en caso de que alguna parte del culmo si pueda ser aprovechada. En caso de que un culmo tenga solo una pequeña parte curva, la parte recta podrá ser marcada y cortada para su aprovechamiento.



Figura 20. Clasificación de varas en el Festival Transversal 2024, Panamá.

- Luego de la clasificación y cortes, obtendremos cuatro (4) grupos: rectos, curvos, irregulares y “desperdicio”, que luego se acomodarán en orden de tamaño, como una marimba.
- Las piezas de “desperdicio” podrán ser aprovechadas o transformadas más adelante.

Dependiendo de las necesidades o el diseño, los culmos pueden ser utilizados en su forma natural o transformados para lograr increíbles estructuras y acabados. Las formas principales son las canales, las latas y las esterillas y pueden producirse, tanto de manera artesanal, como con la utilización de máquinas.

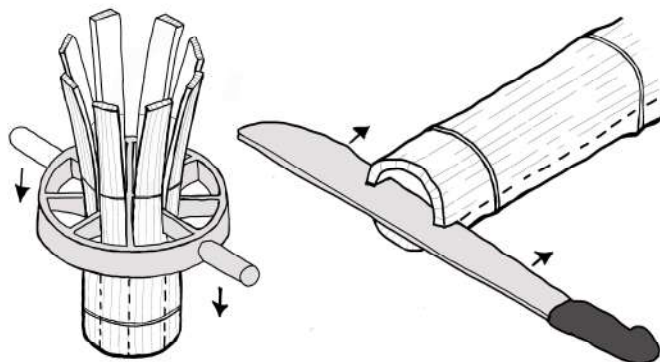


Figura 21. Transformación de culmos en latas y canales. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo, 2003.

Cuando cortamos el culmo en dos, obtenemos canales. Estos se pueden dividir en latas. Para lograrlas de manera práctica, se utiliza una pieza especial o máquina (ver Figura 21). Las latas son tiras de bambú cortadas en la dirección de las fibras. El ancho y cantidad de tiras dependerá del diámetro del culmo y el uso que se le quiera dar a estas piezas.

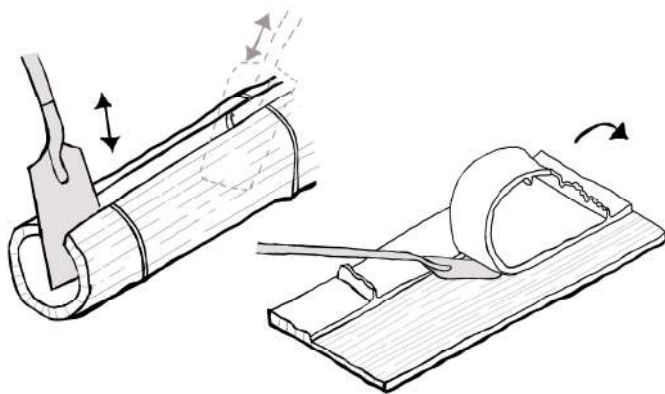


Figura 22. Transformación de culmos en esterillas. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo, 2003.

La esterilla, que es utilizada como revestimiento en cielos, paredes o pisos, consiste en la “apertura del culmo”. Al realizar un corte en la pared del culmo, se obtiene una plancha, cuyo ancho dependerá del diámetro de la vara. Luego deberá limpiarse la parte interna de la pared y nudos hasta que quede lo más regular posible (ver Figura 22).

Los procesos de manejo, tratamiento, clasificación y transformación de varas pueden depender tanto del sitio, el clima, la especie, los recursos y los costos, como del ingenio y los resultados que se desean lograr al construir con bambú. Como ejemplo de ello, nos adentramos en los procesos de tres (3) construcciones: una (1) en donde realizamos un recorrido y dos (2) en las que participamos directamente.

La primera de ellas evidencia el proceso de industrialización y agilidad (ver Figura 23). Al visitar esta fábrica ubicada en Anji, China, nos encontramos con plantaciones de bambú Moso: *Phyllostachys Edulis*. Las varas son cortadas y se dejan secar, para luego ser transportadas hasta una galera. Una vez se reciben, son rectificadas al calor, o bien, dobladas a altas temperaturas logrando piezas curvas para la venta. También con este propósito, en el interior de la fábrica, se mantienen almacenados los culmos por diámetro, latas cortadas y se producen cuadrantes prefabricados para cielos, a partir de culmos y ramas. Prefabrican para uso propio y

para clientes, uniones con piezas de acero, para facilitar el encuentro de varios culmos en un mismo punto y un buen anclaje en columnas, añadiendo incluso iluminación a los culmos.



Figura 23. Procesos constructivos con bambú. Ejemplo 1: *Phyllostachys edulis* en Anji China.



Figura 24. Procesos constructivos con bambú. Ejemplo 2: *Guadua angustifolia* en Finca Rodaisa, Panamá.

En la finca Rodaisa en Panamá, las varas son cortadas e inmunizadas por inmersión con bórax y ácido bórico. Luego del secado se almacenan bajo techo y son utilizadas tanto en la finca, como para la venta. En el taller se produce esterilla y latas de bambú, con las que se han realizado construcciones y muebles. En 2022, tuvimos la oportunidad de utilizar culmos rectos para crear formas curvas, experimentando con un paraboloide hiperbólico (ver Figura 24).

Técnicas distintas fueron empleadas en Casa de Campo, en San Vicente, Colombia, bajo la dirección del colectivo Tacuara. Para la construcción de la estructura de techo emulando una hoja de yarumo, utilizamos bambú en latas para generar las curvas del diseño. Las varas tenían

un diámetro de 12 cm, resultando ocho (8) latas de 4 cm aproximadamente, de 1.5 cm de espesor. La circunferencia de 1.5 m de diámetro del tragaluz central estaba compuesta por cuatro (4) niveles de siete (7) latas cada una. En el caso de la viga laminada no encolada, para lograr 12 cm de altura, utilizamos tres (3) niveles de siete (7) latas cada una. El trabajo en equipo y el uso de prensas y zunchos a cada 40 cm es importante para lograr un buen resultado. Para la estructura, se hizo un tipo de trenzado, siguiendo las medidas perpendiculares marcadas en el software de diseño paramétrico *Grasshopper*, en *Rhinoceros* (ver Figura 25).



Figura 25. Procesos constructivos con bambú. Ejemplo 3: *Guadua angustifolia* en Casa de Campo, Antioquia, Colombia.

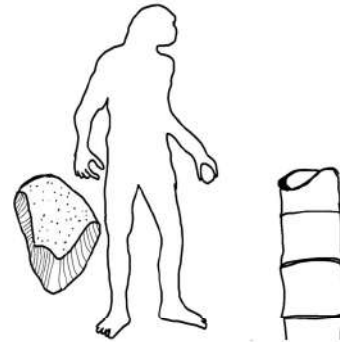
Evolución de la construcción con bambú

Según se tiene registro, el bambú ha formado parte del día a día y evolución del ser humano desde que el *homo erectus* creó un hacha especial para cortarlo. Ha aportado en el desarrollo de las civilizaciones, brindando refugio y protección. Las técnicas ancestrales han sido transmitidas, mejoradas e industrializadas, hasta llegar al panorama constructivo actual (Hidalgo, 2003).

A continuación, damos una mirada al pasado para recapitular su papel en Asia y América, y lograr comprender las similitudes y diferencias en el impacto social, cultural y arquitectónico del bambú en estos dos continentes.

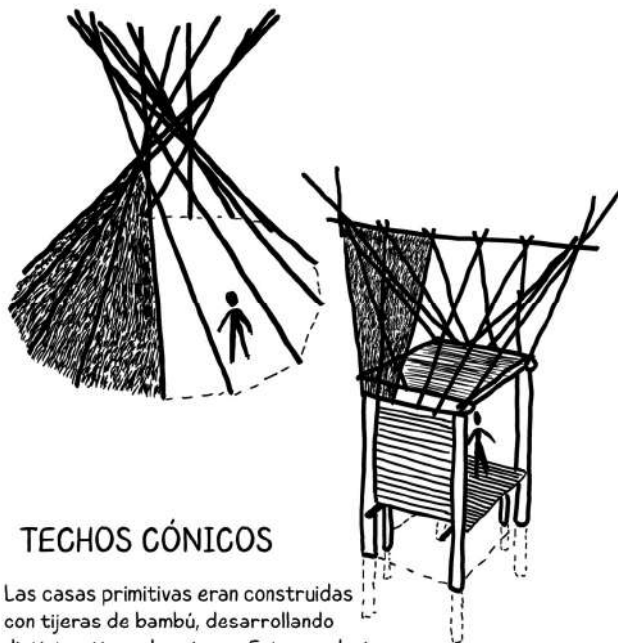
ASIA

EVOLUCIÓN
CONSTRUCTIVA
CON BAMBÚ



HOMO ERECTUS

Hace un millón de años, al sureste del continente, el primer arquitecto de Asia, desarrolló un hacha especial para cortar bambú. Sus cortes eran a 45 grados, justo a 2 o 3 cm del nudo.



TECHOS CÓNICOS

Las casas primitivas eran construidas con tijeras de bambú, desarrollando distintos tipos de uniones. Estas evolucionaron al añadir soportes y cerramientos de madera. La estructura de techo de bambú mantuvo la técnica de tijeras para crear otras formas.

CASA TORADJA

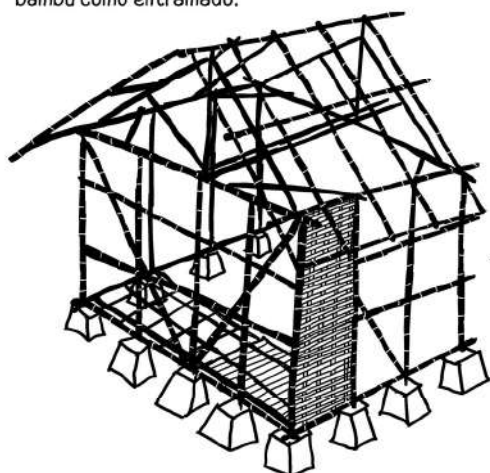
Es uno de los tradicionales tipos de techos, de una arquitectura influenciada por botes. Su característica cumbre curva y pilotes son de madera, mientras que el resto de la estructura es hecha de bambú, amarrados con sogas.



Figura 26. Evolución constructiva con bambú en Asia 1. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo (2003).

CASA TRADICIONAL INDONESIA

Elevada a 50 cm del suelo, toda la estructura de la casa es hecha de bambú. Desarrollaron uniones con sogas, así como pisos y paredes con latas de bambú como entramado.



MARCO
RÍGIDO
CHINO



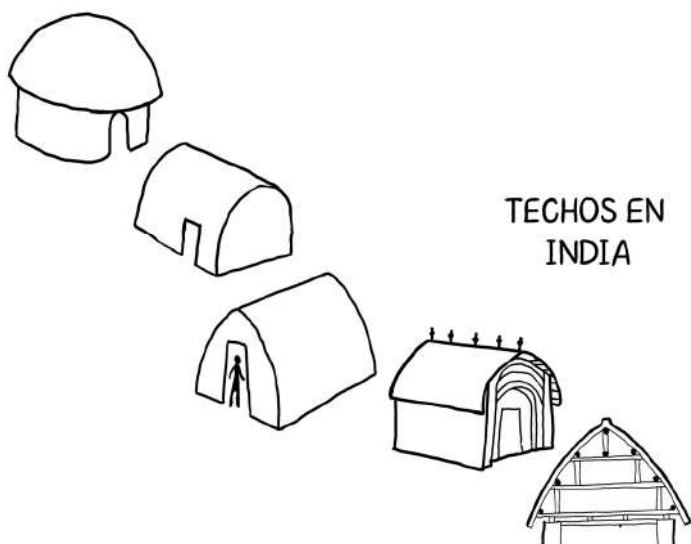
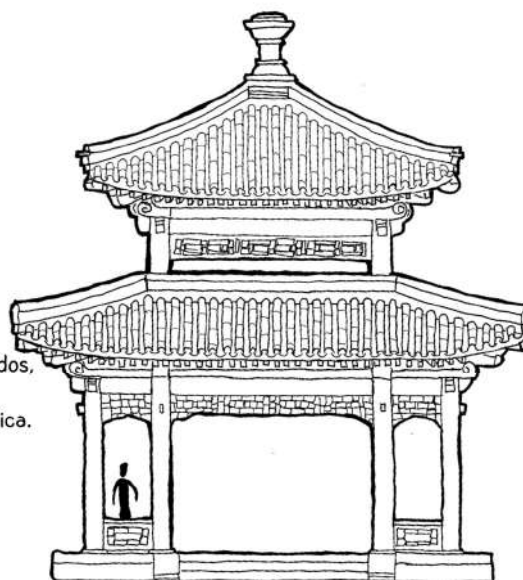
CERCHAS

La arquitectura con bambú tuvo un auge en China, siendo el principal material utilizado.

Se construyeron grandes casas con detalles como cerchas Vierendeel y barandales. Los marcos rígidos fueron el inicio de las estructuras espaciales.

TECHO CHINO

Originalmente, el recubrimiento de los tejados estaba compuesto de trozos de bambú conectados, cortados en forma de canal. Luego, este sistema fue reemplazado por cerámica.



TECHOS EN INDIA

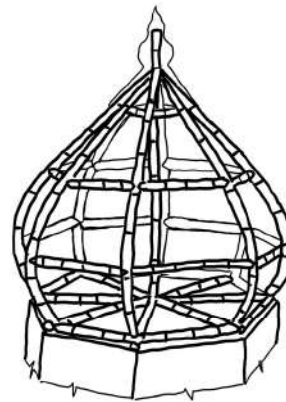
En India, la arquitectura se dividió en tres periodos. Las primeras estructuras eran hechos de bambú. Posteriormente de madera y finalmente de bloques y ladrillos.

En cuanto a las estructuras de bambú, los primeros techos eran domos. Luego, tuvieron forma de barril, ojival, hasta llegar a los techos de bambú de siete vigas.

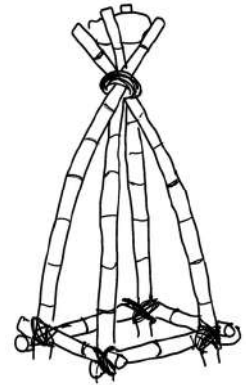
Figura 27. Evolución constructiva con bambú en Asia 2. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo (2003).

Inspirada en la flor de loto, la cúpula bulbosa, como la del Taj Majal, fue en sus inicios construida de bambú. Las varas formaban arcos alrededor del axis central, también reforzados con bambú.

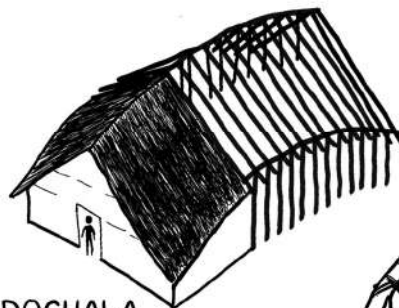
De manera similar, se construyó inicialmente otra estructura religiosa. Se trata de la Sikhara, traducida como cúspide de montaña.



CÚPULA BULBOSA



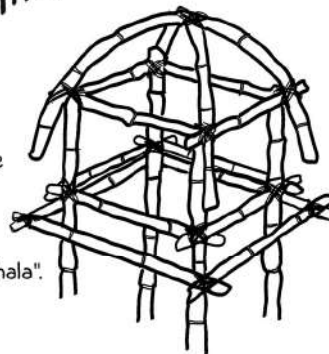
SIKHARA



DOCHALA

En India, la forma de los techos evolucionó, desde los techos puntiagudos y rectos, hasta curvar y estructurar bóvedas con bambú.

En el camino de esta exploración con curvas, también surgió el característico techo tipo "dochala".



BÓVEDA

TECHO JAPONÉS

La estructura de techo tradicional japonés es una combinación de madera y bambú. Este material se utiliza como pares, colocados longitudinalmente.

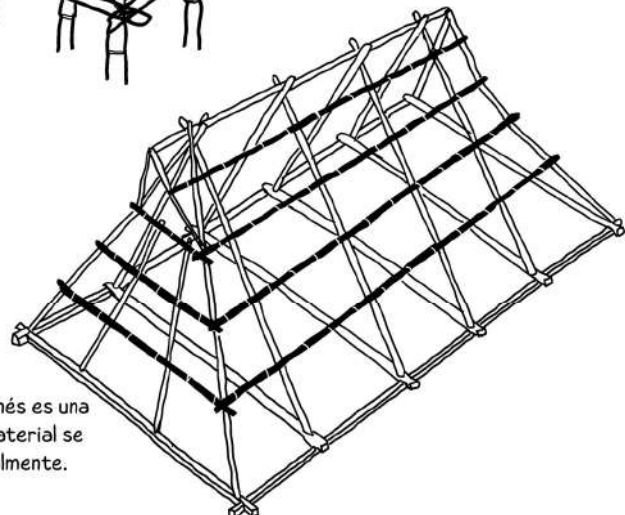


Figura 28. Evolución constructiva con bambú en Asia 3. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo (2003).

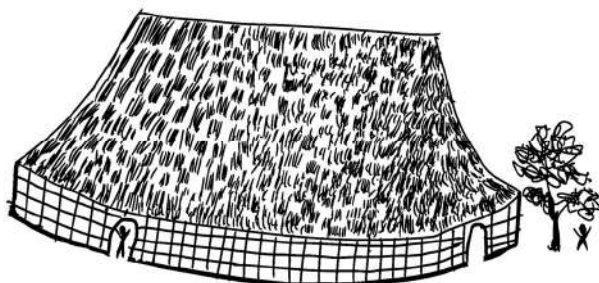
AMÉRICA

EVOLUCIÓN
CONSTRUCTIVA
CON BAMBÚ



PRIMERAS CONSTRUCCIONES

Reconstrucción de vivienda o tumba de más de 9500 años en Guayaquil, Ecuador. Es considerada una de las estructuras más antiguas de América.



VIVIENDAS

Hace 3,500 años, en Real Alto, Ecuador, las paredes de las viviendas estaban hechas con la técnica de "bahareque", en la que se utilizan esterillas de bambú, con una mezcla de arcilla y paja. La planta de la vivienda era de forma ovalada, de aproximadamente 3,50 metros de ancho por 3,50 metros de largo.



CULTURA DEL BAMBÚ

Quando los conquistadores españoles llegaron a América, se encontraron con inmensos bosques de bambú gigante, a los que llamaban cañaverales y cañas gordas. Principalmente, se hallaban cerca de los ríos, desde el sur de México, Centroamérica y Sudamérica, hasta el norte de Argentina.

Los nativos vivían en los bosques, rodeados de fuertes de bambú vivo para protegerse de las tribus enemigas. Lo consideraban el material más importante y estaba presente durante toda su vida. Cortaban el cordón umbilical con un cuchillo de bambú y al morir, eran envueltos en esterilla y enterrados.

Principales regiones:

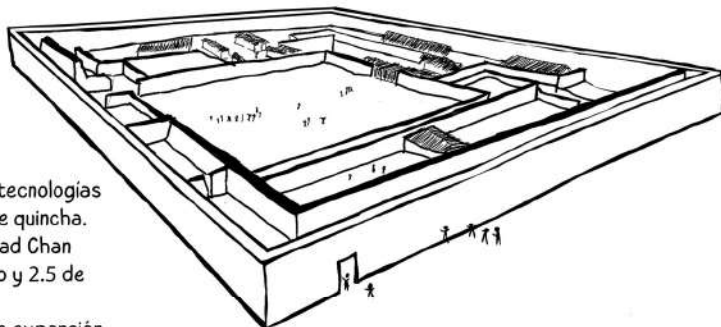
- Guamarcach, Guatemala: "Ciudad de los cañaverales", cultura Quiche.
- Colombia (ríos Cauca y Magdalena) y Ecuador (Guayaquil): desarrollaron las mejores tecnologías en casas y puentes. La tribu Paeces inventó el puente atirantado utilizando bambú.

Figura 29. Evolución constructiva con bambú en América 1. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo (2003).

CIUDAD CHAN CHAN

Los Incas y Chimus desarrollaron excelentes tecnologías para construir con bambú, como las paredes de quincha. Conocida como la Babilonia de América, la ciudad Chan Chan en Perú tenía muros de 9 metros de alto y 2.5 de ancho.

Los chimus utilizaron por primera vez juntas de expansión verticales a cada 5 metros en las paredes de adobe, reforzados con bambúes gigantes, con propósito antisísmico.



CIUDAD CHAN CHAN

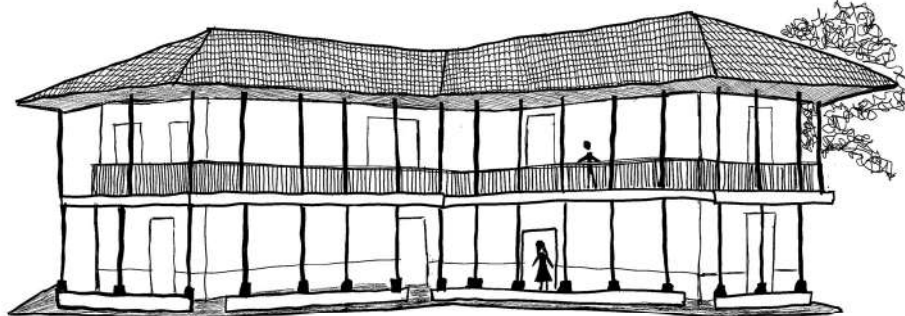
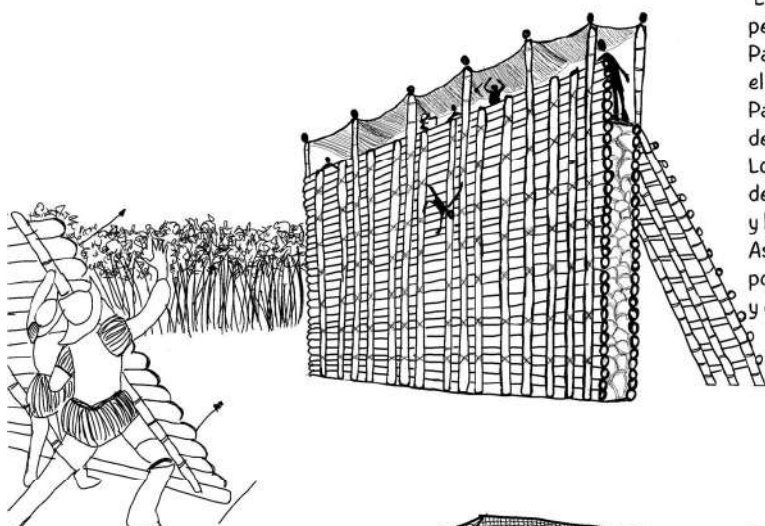
La llegada de los españoles trajo consigo una persecución sanguinaria.

Para finales del siglo XVI, ya habían acabado con el 90% de la población indígena de América.

Para protegerse, construyeron fuertes de bambú de dos paredes, rellenos de piedra y arcilla.

Los soldados también utilizaban bambú como escudo de protección. Los bosques de bambú, estructuras y la población fueron quemados.

Así, la cultura del bambú prevaleció solo con los pocos sobrevivientes y, más tarde, con los pobres y campesinos.



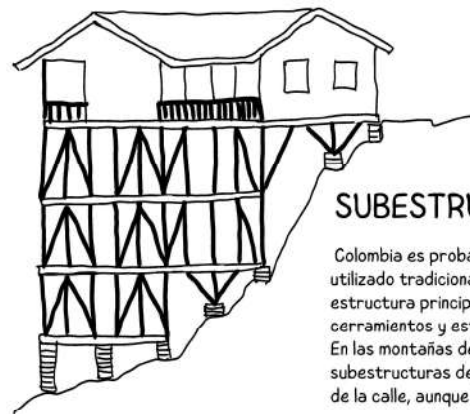
RESURGIMIENTO COLOMBIA

El bambú pasó de ser un símbolo de identidad de los nativos a convertirse en un símbolo de su miseria, esclavitud y muerte.

Esta visión cambió en el siglo XVIII, cuando antioqueños descendientes de españoles, emigraron a los Andes para fundar ciudades como Manizales. En este camino encontraron bambú y se hospedaban en viviendas hechas por los indígenas.

Así, resurgieron y mejoraron las técnicas, trayendo el bambú a las casas y edificios coloniales. Tanto ricos como pobres vivían en casas de bambú, algunas que, después de más de cien años, se mantienen intactas.

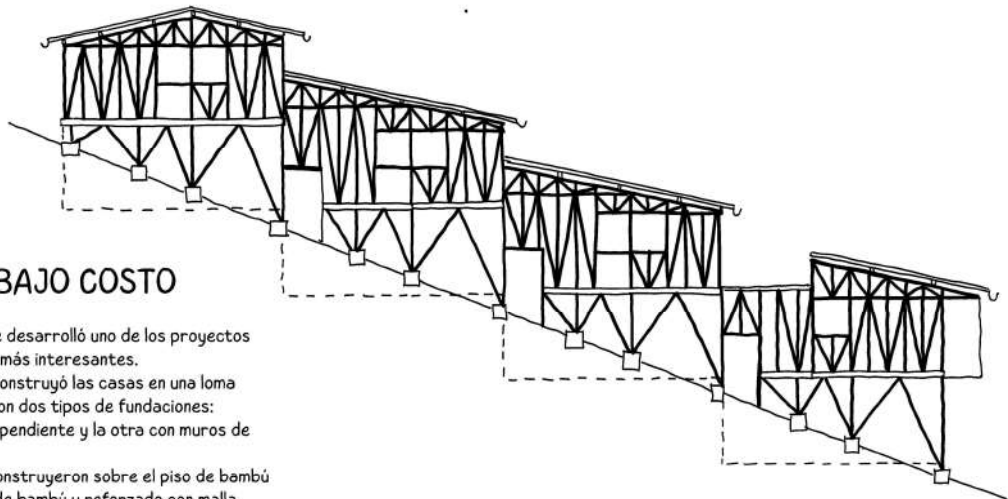
Figura 30. Evolución constructiva con bambú en América 2. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo (2003).



SUBESTRUCTURAS

Colombia es probablemente el único lugar en el mundo en el que el bambú es utilizado tradicionalmente en todas las partes de la casa, incluyendo la estructura principal (vigas, columnas y viguetas), así como los pisos, cerramientos y estructura de cubiertas.

En las montañas de Manizales y Caldas, las casas se construían sobre subestructuras de bambú, para lograr llevar la entrada de la casa al nivel de la calle, aunque la vivienda en sí solo tenga un piso.

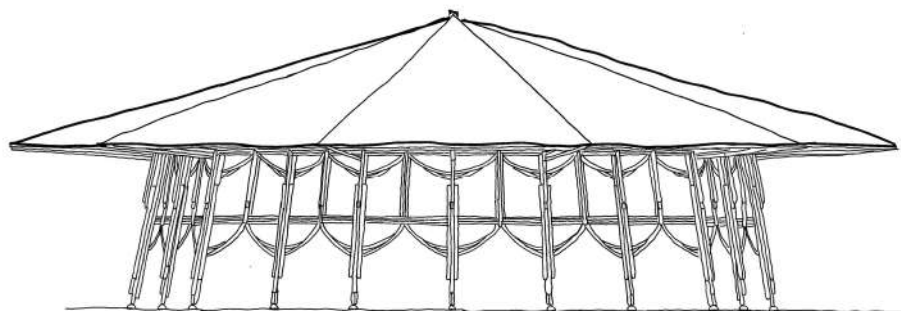


PROYECTO BAJO COSTO

En los años setenta, se desarrolló uno de los proyectos de vivienda con bambú más interesantes.

Jorge Arcila diseñó y construyó las casas en una loma con pendiente de 30° con dos tipos de fundaciones: una parte siguiendo la pendiente y la otra con muros de contención.

Las losas de 4 cm se construyeron sobre el piso de bambú soportado por vigas de bambú y reforzado con malla electrosoldada. Las paredes fueron repelladas y pintadas.



PAVELLÓN DE ZERI

Considerada una de las obras más importantes, este pabellón fue diseñado por Simón Vélez para la Expo Hanover 2000. La estructura fue primero construida y testeada en Manizales y luego se autorizó la construcción en la exposición.

La estructura del techo fue hecha con bambú, mientras que los soportes están hechos con madera nativa.

El ritmo, la repetición y variedad de uniones son característicos de la obra de Vélez, quien implementa el uso de varillas y cemento mortero.

Figura 31. Evolución constructiva con bambú en América 3. Elaboración propia. Adaptado de Hidalgo (2003).

Como análisis de la historia constructiva del bambú llegamos a las siguientes conclusiones:

1. El papel del bambú en la experimentación y evolución de estructuras marcó importantes hitos en la historia de la Arquitectura. A pesar de que, con el tiempo, el bambú de las viviendas, cúpulas, bóvedas, muros antisísmicos y complejas estructuras de techos fue reemplazado, se demostró lo que era posible lograr a una escala humana y sin mucha tecnología.
2. La cultura del bambú, así como la relación espiritual y sentido de pertenencia con esta planta, se han mantenido latentes en Asia y transmitidos de generación en generación. Lo contrario sucede con América, cuyas riquezas naturales y tradiciones intentaron ser borradas en el momento de la colonización española, tras la persecución aborigen.
3. Aunque no se trate del único país en América en haber rescatado las raíces con el uso del bambú, el desarrollo de construcciones y valorización del material en América se ha dado mayormente en Colombia. Esto también debido a la cantidad de *Guadua* disponible, el interés y la búsqueda de soluciones a las necesidades de sus pobladores en los campos.

Actualmente, las construcciones llevan arraigado su respectivo legado tradicional, a la vez que han sido influenciadas. Se han construido viviendas, edificios institucionales, puentes vehiculares e imponentes estructuras, así como proyectos de alto impacto social.

La imagen de sostenibilidad ha impulsado su uso, también en el sector turismo. Por ello, la percepción social frente al material es uno de los principales retos. Puede considerarse como “la madera de los pobres” o hacia el otro extremo, como “un material lujoso”, que ya no puede ser costeadado por los locales.

Según Widyowijatnoko (comunicación personal, 2022), es importante lograr un equilibrio que permita que el bambú sea utilizado sin distinción de clase social. En palabras de Simón Vélez: “El bambú no es para pobres o ricos, es para los seres humanos”. Vélez afirma que al igual que con cualquier material convencional, se podría construir la obra menos costosa o la más costosa y que ello solo depende de la creatividad, funcionalidad y necesidad del usuario (Ecotableros, 2017; Arch Daily, 2016).

Como prueba de ello, presentamos a continuación seis (6) obras contemporáneas construidas en América y Asia, mediante trabajo colectivo y un común amor al bambú y a su integración con el sitio, con el uso de material local, sin largas distancias de transporte o invasivos procesos industriales (ver Figura 32 y Figura 33).

ASIA



TRES MONTAÑAS

Considerada una huella ecológicamente sostenible, fue diseñada por John Hardy y llevada a ejecución por el carpintero alemán Jorg Stamm en la isla de Kura Kura, Bali.

Este salón polivalente y espacio de interacción de 1200 metros cuadrados, está sostenido por tres torres hiperboloideas de 15 metros con tragaluz. Su forma se inspira en las montañas y además, simboliza los tres caminos a la felicidad (Island of Happiness, 2016).



YOGA y SPA

La intención de la obra, de Pablo Luna Studio (2021), era diseñar un espacio que invite a ver todas las conexiones entre nuestras prácticas físicas, mentales y espirituales.

Se inspira en los movimientos de la flora de Bali, con expresivos arcos que enmarcan la vista para motivarnos a la contemplación del entorno.

EXPOSICIÓN AGRÍCOLA DE SHANGSHU

Ubicado en China, en el condado de Anji. Esta estructura se divide en 4 espacios: 3 de exhibición interna y uno de descanso en la parte central. Las columnas ramificadas y curvas que soportan los techos son logradas con culmos doblados con calor en la planta de los también diseñadores Bambú: Artesanos Miyazaki (2023).



Figura 32. Construcciones contemporáneas con bambú en Asia. Adaptado de: Island of Happiness (2016) https://www.youtube.com/watch?v=pPZVNGrUxIw&ab_channel=IslandofHappiness, Pablo Luna (2021) <https://pablolunastudio.com/yoga-spa-pabloluna-architecture-studio/> y Bambú Artesanos Miyazaki (2023).



AMÉRICA

TÚNEL

El túnel de la Cervecería Tulum, ubicado en el corazón verde de Tulum, fue construido en 2020 por Arquitectura Mixta. Es una muestra del poder de cuando se unen la versatilidad del bambú y la creatividad. Su convergencia, tanto con el entorno natural, como con otros materiales constructivos, demuestra un panorama de amplias posibilidades (Arquitectura Mixta, 2020).

CASA DE PENSAMIENTO

Toroide construido con la técnica de vigas laminadas no encoladas, con la capacitación y codiseño de Organismo, Arquitectura Mixta y un gran equipo de voluntarios. Está ubicado en Cundinamarca, Colombia y contiene el lugar para honrar el pensamiento y la palabra, inspirado en las casas ceremoniales y cosmovisión tradicional de distintas etnias indígenas colombianas (Organismo, 2021).



CRECE TU ESCUELA

Este proyecto se llevó a cabo como un trabajo participativo, de la mano de la Comunidad Unión Mexicana de Chiapas, en agosto de 2021. Para Lucila Aguilar Arquitectos (2021), fue importante explicarle a la comunidad las ventajas del uso del bambú, para que confiaran en que era el mejor material para reconstruir la escuela. El resultado logrado en equipo con la escuela y la comunidad fue sorprendente, convirtiéndose en el ganador del Architecture Masterprize 2021.

Figura 33. Construcciones contemporáneas con bambú en América. Adaptado de: Arquitectura Mixta (2020) <https://www.arquitecturamixta.com/diseño-arquitectura/cerveceriatulum>, Organismo (2021) <https://www.organismo.org/> y Lucila Aguilar Arquitectos (2021). <https://lucilaaguilar.com/crece-tu-escuela-proyecto-ganador-del-architecture-masterprize/>.

Diseño: protección y uniones

Un factor común de las obras vistas es la lectura e integración con el entorno vivo. Los procesos de diseño se alinean con la biomímesis: “imitar la vida”. Los espacios no solo suplen la necesidad para la que fueron creados, sino que tienen la capacidad de persuadir e invitar.

Consideramos que las oportunidades frente al bambú son inmensas. No obstante, para aterrizarlas y llevarlas a la realidad es importante tomar en cuenta dos parámetros:

a. **“Buenas botas y buen sombrero”.** Este es el lema que engloba la protección por diseño. Las estructuras de bambú no deben ser expuestas al sol ni a la lluvia. El bambú no debe tener contacto directo con el suelo, sino levantarse al menos 40 o 50 cm, sobre fundaciones de hormigón o piedras. Un gran techo con aleros es imprescindible.

b. **Uniones, técnica y ejecución.** Dependiendo de los recursos disponibles: material, herramientas y personal, así como del carácter de la obra, se encaminará el diseño hacia la ejecución más realizable. Se utilizan de elementos metálicos, como pernos y varillas roscadas, para lograr las uniones. Algunas de las uniones más utilizadas, en cuanto a junta de culmos completos y agrupación de culmos o latas se muestran en la Figura 34.

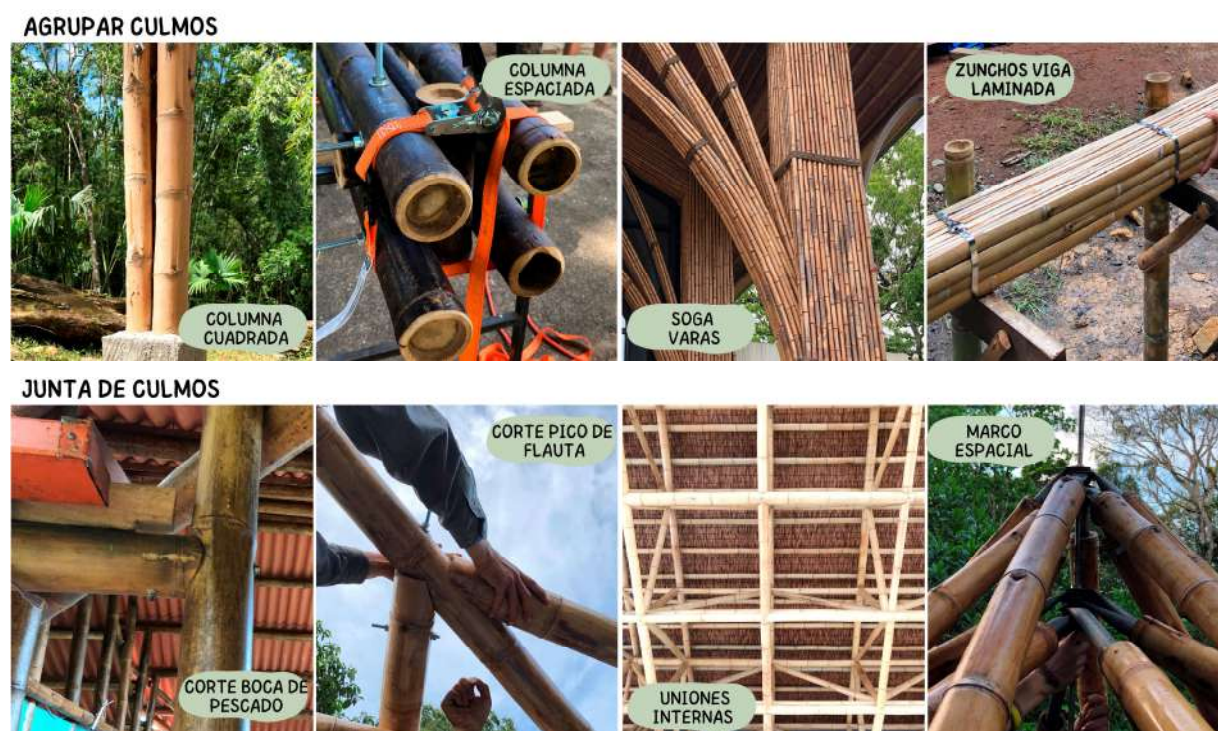


Figura 34. Ejemplos de juntas, uniones y agrupación de culmos.

Normativas y cadena para impulsar la construcción con bambú

En comparación con otros materiales industrializados como el cemento y el acero, cada culmo de bambú es distinto, lo que representa un reto para la estandarización y creación de normativas. No obstante, existe un impulso que ha logrado avances significativos.

Para el Ing. David Trujillo (2021), parte del equipo de expertos en usos estructurales del bambú de INBAR, la normalización es una estrategia para la adopción masiva del bambú en la construcción. Según Trujillo (2021), es importante mantener una cadena para impulsar su uso (ver Figura 35). La misma comienza con la investigación, que encamina a la creación de normativas; que a su vez permiten que las personas diseñen, especifiquen y se capaciten. Esto aumenta la demanda del material y por ende se incrementa su uso y la curiosidad hacia nuevas investigaciones que continúen el ciclo.



Figura 35. Cadena para la adopción del bambú en la construcción. Elaboración propia. Adaptado de Trujillo (2021).

Es preciso decir que la mayoría de las estructuras construidas con bambú no han sido diseñadas en base a normativas. Esto es debido a la falta de normas en el país y a las limitantes de las ya existentes. Por ejemplo, para formas orgánicas y estructuras menos ortogonales, quienes diseñan y construyen se apoyan en sus conocimientos empíricos, en profesionales con experiencia previa en este tipo de estructuras y en softwares de ingeniería. De igual forma, gran parte de estas se encuentran alejados de la ciudad y se consideran construcciones rurales, y no pasan por aprobación de planos.

Siguiendo con la cadena, mientras más investigaciones se desarrollen, que resulten en la propuesta de normativas y estándares aplicados a las estructuras que el mundo desea crear, más profesionales se involucrarán e interesarán en especificar, diseñar y capacitar.

Entre los interesados que han desarrollado normativas, aparte de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), se encuentran los siguientes países: Estados Unidos (2000), Colombia (2002 y 2010), India (2004), Perú (2012), Ecuador (2016) y México (2017). De las diez normas estructurales que han sido dedicadas al bambú desde el año 2000, Trujillo (2021), considera que las más completas son: el Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 (capítulo G) y la ISO 22156:2021: Estructuras de bambú- culmos de bambú- diseño estructural. Ambas especifican propiedades mecánicas, derivación de valores, vigas, columnas, conexiones, uniones y muros (Trujillo, 2021).

Según la ISO 22156, entre los aspectos más importantes a la hora de diseñar se encuentran: redundancia, durabilidad, inspección y reemplazo de partes, método de los esfuerzos admisibles y capacidades portantes, uniones, y propiedades según las especies. Sugiere modularidad, estandarización y prefabricación, aunque limita a estructuras de dos niveles. Las pruebas en laboratorio proporcionan una certeza oficial de su desempeño mecánico, por lo que también se apoya con la norma ISO 22157: Estructuras de bambú — Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los culmos de bambú — Métodos de ensayo.

Un punto interesante en estas normativas abre el compás al plantear las metodologías de diseño alternativas. Es decir, aceptando un diseño si cumpliera con alguna de estas condiciones (Organización Internacional de Normalización, 2019; Organización Internacional de Normalización, 2021):

- Diseño con factor de seguridad parcial (PSFD) o diseño con factor de carga y resistencia.
- Experiencia de generaciones anteriores (construcción vernácula).
- Diseño mediante pruebas.

El hecho de que las normativas ISO, permitan que la resistencia y calidad de un diseño sean demostradas en cada caso particular, de acuerdo con el lugar, técnicas y propiedades del material específico, es un gran avance. Ya que, por ejemplo, aunque el reglamento colombiano ha servido como referencia para la creación de normativas en países vecinos, está enfocado en la caracterización del bambú local de Colombia, y no en el de otras regiones.

Un estudio realizado por expertos en bambú (ver Figura 36), determinó que las principales lagunas de conocimiento son: educación superior enfocada en el diseño e ingeniería con bambú y base de datos mundial de propiedades geométricas, físicas y mecánicas del bambú; siendo esta última la prioridad de investigación (Harries, y otros, 2022).

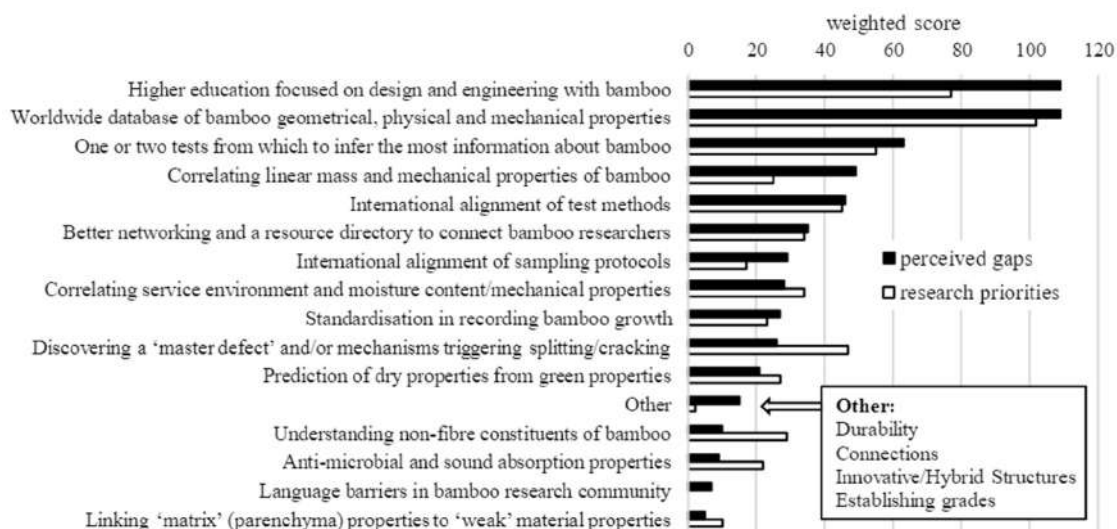


Figura 36. Lagunas de conocimiento en construcción con bambú. Adaptado de: Harries et. al (2022). <https://doi.org/10.5281/zenodo.6569785>

A través de la experimentación, documentación y divulgación, será posible impulsar los avances en la construcción y sus lineamientos. A esta idea responde la intención de realizar estudios de caracterización local y el enfoque de capacitación en el desarrollo de esta tesis.

Capacitación: proyectos referentes

La transmisión de saberes a través del hacer, el intercambio de conocimientos y el trabajo colectivo, han sido puntos claves en la evolución de las construcciones con bambú en el mundo.

Particularmente, las capacitaciones que involucran bambú tienen un enfoque humano, ambiental, creativo y comunitario. Sin importar la edad, el género, la profesión o cultura, un primer contacto con el material es suficiente para despertar el interés y la curiosidad de alguien. Esto sucede tanto por las peculiaridades de la planta, como por lo tangible que se siente poder crear algo con nuestras manos y un par de herramientas sencillas.

Aunque existe información disponible, nada se compara con experimentarlo. El concepto de escuela o taller de capacitación en este caso es todo lo contrario a cuatro paredes y un profesor que dicta la clase, sino más bien un proceso activo de intercambio y conexión con los demás, el bambú y el entorno. Como referencias de este modelo y con el objetivo de encaminar la propuesta de diseño motivo de esta investigación, presentamos algunos proyectos en Asia y América.

Asia: Green School-Bamboo U

Fue en 2008, cuando, en Bali, Indonesia, detonó el éxito de las grandes estructuras con bambú. Antes de aquel momento, el material solo era aprovechado por los pobladores para hacer sus viviendas, debido a la cercanía de las plantaciones y los conocimientos constructivos heredados. Evolucionó a partir de la construcción de Green School, un concepto de escuela sin paredes enfocado en el sueño de John y Cinthia Hardy de enseñar a vivir de manera sostenible.



Figura 37. Green School Bali. Adaptado de Arch Daily: <https://www.archdaily.com/964059/the-arc-at-green-school-ibuku> <https://www.archdaily.com/81585/the-green-school-pt-bambu>

De este proyecto rescatamos aspectos como:

- Construcción con materiales locales.
- Concepto de gran laboratorio de aprendizaje.
- Inspiración en la naturaleza y creación de comunidad.
- Energía producida a través del agua y paneles solares.

El campus alberga: aulas, gimnasio, salas de reunión, habitaciones de alojamiento para la facultad, oficinas, cafeterías y baños (Green School Bali, 2014; Arch Daily, s/f; Marwah, 2022).

Cerca de la escuela de sus padres, en colaboración con IBUKU, Orin Hardy y su esposa María Farrugia, crearon Bamboo U, una universidad para compartir su aprendizaje de la última década en la construcción con bambú, diseño sostenible y arquitectura ecológica. Han recibido más de 900 estudiantes de todo el mundo y construido más de 30 estructuras únicas.



Figura 38. Bamboo University. Adaptado de Bamboo U. <https://bamboou.com/a-guide-to-starting-your-own-bamboo-building-project/> y <https://bamboou.com/el-kit-de-construccion-de-maquetas-del-arquitecto-del-bambu/>

De este proyecto, rescatamos su filosofía sobre la educación con bambú. Afirman: “No somos una escuela ordinaria. Aquí no encontrarás luces fluorescentes, paredes de cemento ni escritorios. En su lugar, un patio de recreo para la creatividad del bambú, la exploración del diseño, carpintería de bambú, innovación, ingeniería, silvicultura de bambú, conexión humana, inmersión en la naturaleza y todo lo que necesitas para construir tus futuros proyectos” (Bamboo U, s/f).

América: Escuela Taller Manabí

Por su lado, la Escuela Taller de Manabí y el fortalecimiento de la cadena productiva de construcción con bambú es una iniciativa de INBAR, financiada por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Desde 2019, capacitan a jóvenes y adultos como mano de obra calificada y productores de bambú en el manejo sostenible para garantizar una materia prima de alta calidad, incluso con centros de preservado de bambú comunitario.

Su enfoque es el aprendizaje en talleres de habilidades blandas, construcciones civiles, instalaciones eléctricas y domiciliarias, carpintería y ebanistería. De ello, han surgido prototipos y construcciones de infraestructura pública y comunitaria de bambú (INBAR, 2022).

Pablo Jácome (comunicación personal, 2023), Director Regional de INBAR para Latinoamérica y el Caribe, nos cuenta que la AECID priorizó el territorio de Manabí para la escuela taller por dos razones: es la provincia con mayor disponibilidad de bambú en Ecuador y había sido afectada por un terremoto en 2016.



Figura 39. Escuela Taller Manabí. Adaptado de INBAR (2022) y https://www.instagram.com/p/CuDgBX_sv9I/

La AECID, establece ocho ejes de acción desglosados a continuación, que sientan las bases estructurales para organizar la cadena del bambú en Ecuador:

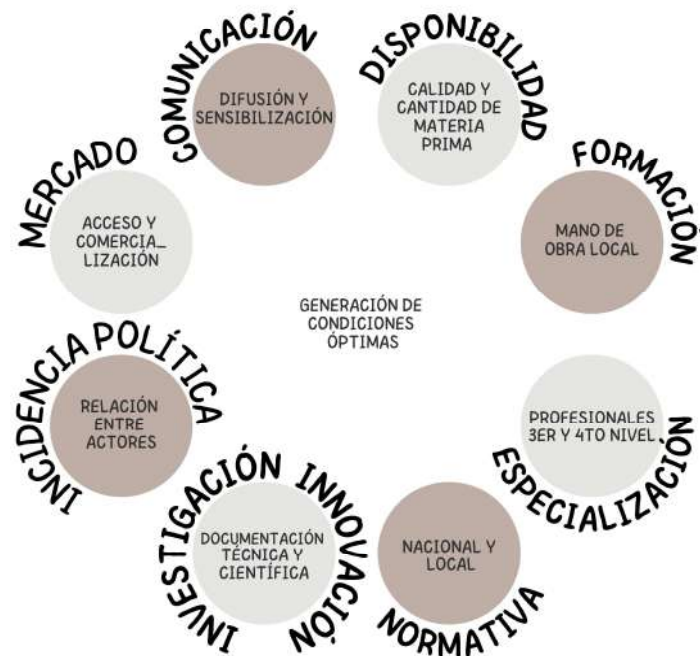


Figura 40. Los ocho ejes de acción de los proyectos financiados por la AECID. Adaptado de INBAR, 2022.

Tras la difusión, la aceptación fue mayor de la esperada, asistiendo más de 100 personas, mientras que la capacidad máxima esperada era de 70 personas. Muchos de los que participan tienen sus viviendas de bambú y quieren aprender a mejorarlas y contribuir en la infraestructura pública.

En cuanto a la incidencia política, Jácome (2023) afirma que la municipalidad apoya el proyecto y facilita los espacios donde se imparten las clases, generalmente escuelas, y material para hacer las prácticas, a las que llaman “huellas sostenibles”. Entre las colaboraciones con el gobierno central, trabajan con el Ministerio de Vivienda en la promoción del bambú y con el Ministerio de Trabajo para lograr la certificación de “capacitación no formal” en cualidades madera y bambú.

Uno de los aspectos más relevantes del proyecto es la participación femenina. En el primer grupo se graduaron 74 alumnos de la escuela taller, 20% mujeres. En este segundo grupo, hay un total de 94 participantes, 30% mujeres. Jácome afirma que: “Muchas de ellas son madres solteras o lideran hogares en zonas rurales. Ahora pueden mejorar su casa en la parte constructiva, eléctrica, hidrosanitaria o realizar ebanistería. Descubrir estas capacidades ha tenido un impacto en ellas, sobre todo tras aprender a utilizar y transformar el bambú.”

Las infraestructuras construidas, que incluyen desde paradas de buses hasta un mirador, tienen entre sus propósitos: demostrar cómo se hacen estructuras con baja huella de carbono y cómo pueden contribuir a la comunidad.

Una vez los estudiantes participan en estos talleres, se capacitan para otros proyectos de la comunidad, como la construcción de viviendas de carácter social.

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES Y BAMBÚ EN PANAMÁ



2

CAPÍTULO 2: EXPERIENCIAS INTERNACIONALES Y BAMBÚ EN PANAMÁ

Experiencias y perspectivas

Nuestras vivencias marcan un antes y un después en nuestra forma de ver las cosas. Son las que nos nutren, envuelven y empujan. La mejor forma de resumirlo es: “Lo que sé, es lo que he vivido”, como dijo alguna vez el Arquitecto Patrick Dillon, al referirse a su camino en la arquitectura tropical (comunicación personal, mayo de 2022).

Para el 2022, nuestros encuentros con el bambú habían sido locales, pero el 2023 trajo consigo oportunidades de mirar el bambú desde otras dos perspectivas, que se convierten en referentes valiosos, una en la que se crea arquitectura para el espíritu y otra en la que se impulsa una economía verde que impulsa el desarrollo.

Antioquia, Colombia: arquitectura para el espíritu

Emprendemos nuestro viaje hacia las montañas de San Vicente, en Antioquia, Colombia para conocer Casa de Campo. Como nos dice su guardiana: “esta es una escuela viva, en la que se aprende a través del hacer y la práctica” (M. Hurtado, comunicación personal, febrero de 2023).



Figura 41. Experiencia Integral de Bioconstrucción en Casa de Campo, San Vicente. Fotos: Jennia Monrroy y Sandra Chollet (2023).

La filosofía de que en ese lugar todos somos alumnos y, a la vez, maestros es lo que hace que el proyecto de permacultura, que comenzó como un sueño hace ocho (8) años, se haya convertido en un punto de encuentro para la exploración y divulgación de saberes.

Magú, diseñadora industrial de profesión, encontró en la permacultura la forma de diseñar su vida. Según cuenta, al primer curso convocado no acudió nadie, hasta que, en 2019, Casa de Campo fue elegida sede de Bioconstruyendo Patagonia, recibiendo a 120 personas por 21 días. Desde entonces no se han detenido los encuentros, en talleres de bioconstrucción, de hornos, cerveza artesanal de bambú y agroforesta, incluyendo uno de los eventos más importantes de la región: Llamado a la Montaña.

En esta ocasión acudimos al taller denominado: “Experiencia Integral de Bioconstrucción con bambú y tierra”, llevado a cabo en febrero de 2023, con la guía del bioconstructor John Vásquez de Tierra Magia, junto a Urabá y Camila del colectivo interdisciplinario Tacuara.

El enfoque de Tacuara, desde el 2015, ha sido potenciar y revalorar el uso del bambú y los materiales naturales para transformar las necesidades y problemáticas actuales. Promueven una arquitectura para el espíritu, mediante el diseño, asesoría y construcción de estructuras orgánicas (Tacuara, s.f.).

Por su parte, Tierra Magia es considerado como un territorio escuela, desde donde se promueve una educación viva al servicio de la tierra. Se aprende desde el hacer, en comunidad, experimentando, a la vez que se investiga (Tierra Magia, s.f.).

Guiados por este increíble equipo, un grupo de desconocidos de distinto origen, profesiones y edades, nos encontramos para comenzar a construir el restaurante: Il' Yarumo (ver Figura 41). Esta primera fase del sueño del chef Marco y la familia de Casa de Campo, trajo más enseñanzas de las que imaginamos llevarnos; las que intentamos resumir en cinco (5) principales:

1. **La Permacultura nos guía en el habitar del territorio.** ¿Qué me ofrece el entorno?, ¿para qué me sirve? y ¿qué le ofrezco a cambio?, son preguntas que debemos hacernos antes de pensar en construir. Cultivar los alimentos, practicar el compostaje, baños secos, biofiltros, la producción de energías renovables o el reservorio de agua lluvia, son ejemplos de lo que puede converger para crear un sistema sostenible (ver Figura 42).



Figura 42. Casa de Campo: un proyecto de permacultura.

2. **Para la Bioconstrucción, no hay catálogo.** Alterar el paisaje no es algo insignificante, por lo que las soluciones que construyamos deben ser una respuesta experimental cónsona con lo que nos pide y nos ofrece el territorio. Por ejemplo, la Casa Infinito (ver Figura 43) es una estructura recíproca autoportante que se forma de la unión de dos hexágonos cuyos centros rematan con tragaluces, que iluminan naturalmente el interior. La técnica utilizada fue bahareque y la estructura a 45° responde a las características sísmicas del territorio. La casa respira, ya que fue revocada con la tierra obtenida en el sitio. No se utilizaron pinturas sintéticas y se añaden toques de color con botellas de vidrio reutilizadas empotradas en las paredes. La casa se eleva del suelo y abre su balcón hacia las montañas, brindando una conexión única con el entorno.



Figura 43. Construcción con tierra del sitio. Casa de campo.

3. **Los proyectos son evolutivos.** No todo debe ser definitivo o estar listo antes de comenzar a utilizarse. Se generan espacios valiosos cuando se construyen conforme vamos comprendiendo y viviendo los espacios. En comunidad, y a medida que cambian o surgen las

necesidades, se da lugar al cuestionamiento, la práctica y desarrollo de nuevas ideas y técnicas, que a menudo se reflejarán en grandes resultados o anécdotas.

4. **La convivencia es lo más valioso de la bioconstrucción.** Tras coincidir en tiempo y espacio, detener nuestro día a día ruidoso y de comodidades, para solo prestar atención a lo natural y a las relaciones humanas, no tiene comparación. El sentido de comunidad, el trabajo en equipo, la repartición de tareas, compartir los alimentos, los abrazos, conversaciones profundas y canciones alrededor del fuego, son el mejor lugar para el aprendizaje, el intercambio y la reconexión.

5. **El proceso creativo con bambú es fluido, no lineal.** A nuestro alrededor podemos encontrar patrones de la naturaleza, estos son aquellos que demuestran funcionar perfectamente, como las nervaduras de las hojas. Estos detalles que observamos y buscamos mimetizar, se convierten en gestos, que inspiran formas y estructuras. Este proceso va de la mano y no debería dejar por fuera, las consideraciones del contexto, ni las del material. En el caso de la hoja de yarumo y su estructura, se realizaron maquetas a una escala pequeña con fibras de bambú, para explorar su comportamiento real. Luego de comprobarlo, el modelo se parametrizó en el software *Grasshopper*. Al trabajar con una forma y material natural; desde manos artesanales, la mirada de vuelta al gesto, el contexto y la estructura están en constante movimiento. Existe lugar tanto para los ensayos, rectificaciones, como para los cambios o mejoras en la técnica o ejecución y todo lo que pueda encaminar hacia un buen resultado (ver Figura 44).



Figura 44. Proceso de diseño con bambú. Elaboración Propia. Adaptado de Tacuara, comunicación personal, febrero 2023.

Zhejiang, China: economía verde a base de bambú

Como observamos, el potencial del bambú es muy amplio y, en algunas regiones, es aprovechado a gran escala. Enfocándose también en la capacitación y fomento de iniciativas para las demás regiones.

Para el “Seminario de la Industria del Bambú y desarrollo de la economía verde para países en desarrollo”, organizado por el Ministerio de Comercio de China y el Centro Nacional de Investigación de Bambú de China (CBRC), nos trasladamos a la Provincia de Zhejiang.

Durante el periodo del 3 al 23 de julio de 2023, se llevó a cabo el encuentro de 33 profesionales (9 mujeres) de 3 continentes y 12 países diferentes, incluyendo a Nigeria, Uganda, Togo, Etiopía, Nepal, Fiji, Jordania, Pakistán, Costa de Marfil, India, Venezuela y Panamá.

Desde nuestros ojos, esta experiencia y la valorización del bambú en China se resume en los siguientes aspectos:

1. La “teoría de las dos montañas” para el desarrollo de la civilización ecológica. *“Las aguas lícidas y las montañas exuberantes son tan valiosas como el oro y la plata.”* -Presidente Xi Jinping.

Esta teoría busca la armonía, sin comprometer los recursos naturales (primera montaña), a expensas de la segunda montaña: el desarrollo social.



Figura 45. Eco-economización y Eco-ecologización. Adaptado de: Juntao, Y., comunicación personal, julio 2023.

Según el Prof. Ye Juntao (comunicación personal, 2023), de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Zhejiang, lograrlo ha sido parte de un largo proceso, que apoyándose en dos conceptos: la eco-economización y la eco-ecologización, ha resultado en grandes casos de éxito. Recalca que estos planes de acción pueden ser tomados como referencia en otras regiones, pero deben ser adaptadas a las situaciones y regulaciones propias de cada sitio (ver Figura 45).

En cuanto a la eco-ecologización, el uso del bambú representa cambios tangibles en la forma en que se desarrolla la economía, con un enfoque más verde, menos lineal y contaminante, sino circular. Esto se refleja hasta en lo más simple, como el reemplazo de los vasos de plástico de un solo uso por “vasos” de bambú en su forma natural para la venta de helados y bebidas.

Por su lado, la estrategia principal para la eco-economización ha sido el impulso del turismo ecológico. Potencializando las plantaciones de bambú como un atractivo paisajístico, se ha empoderado la economía de los pequeños pueblos. Esto por medio de la creación de rutas, parques, teleféricos, visitas a las plantaciones dedicadas a las diversas industrias, etc.

En la misma línea, se ha dado una transformación de la industria con impacto positivo, que hace posible las transacciones de carbono a partir de los bosques de bambú (Juntao, 2023). El Protocolo de Kyoto (1997) y el Acuerdo de Paris (2015), fijaron la meta para las emisiones globales de CO₂. Por su parte, China lleva transacciones en dos tipos de programas: créditos de carbono (obligatorio) y compensación de carbono (voluntario), cuyos procesos son detallados en la Figura 46, presentada a continuación.

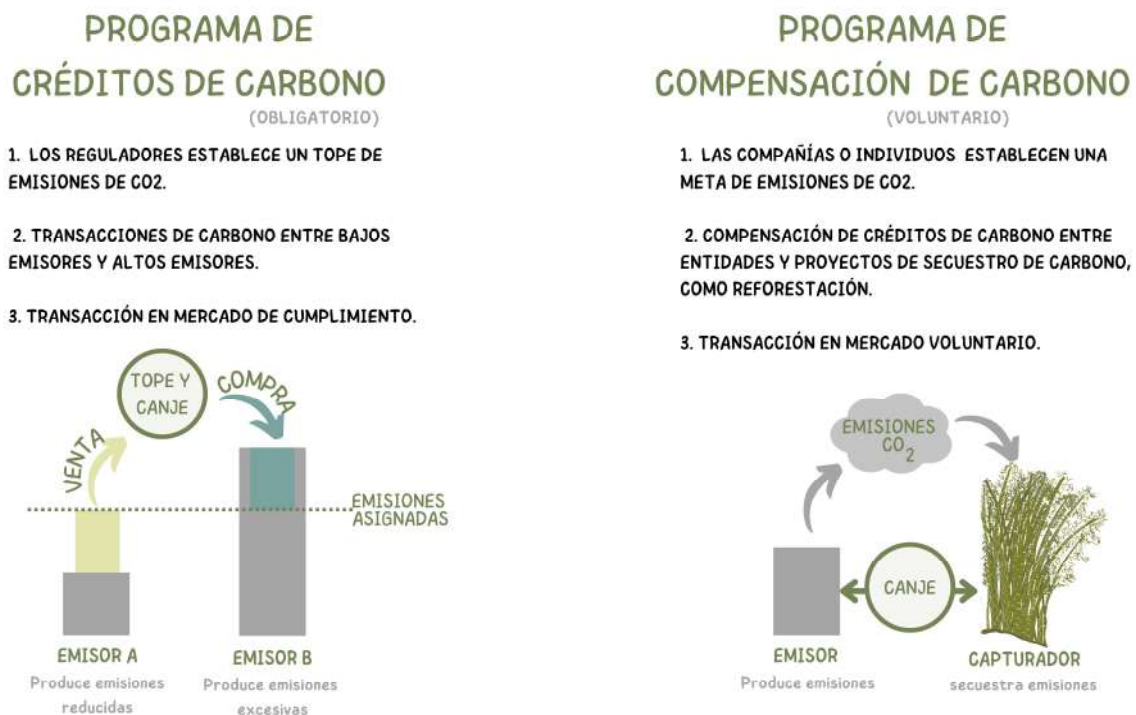


Figura 46. Transacciones de Carbono en China. Elaboración propia. Adaptado de Juntao, Y., comunicación personal, julio 2023.

2. El bambú como símbolo cultural. El gran aprovechamiento del bambú y su cadena de valor en China son evidentes. Pero, además de ello, notamos que existe una valorización que va mucho más allá de los beneficios ambientales o económicos: el bambú enmarca la cultura china. Desde los relatos y gráficos de las dinastías más antiguas hasta lo que es visible hoy, el bambú es parte de la vida diaria: de la comida, el juego, la hora del té, la artesanía, la arquitectura y el jardín.

Los bosques, desde la carretera, susurran una historia de generaciones, que es contada a medida que nos adentramos en sus pequeños pueblos y celebraciones. A la vez, expresiones como las sillas tradicionales, hechas a partir de la técnica de ranuras dobladas, están presentes tanto en modernos centros comerciales de Hangzhou, como en los pueblos más autóctonos de Zhejiang (ver Figura 47).



Figura 47. El bambú en la cultura de la provincia de Zhejiang, China.

3. La Arquitectura no es el principal enfoque del bambú en China.

Al visitar Anji, considerada la “ciudad natal del bambú de China”, imaginamos encontrarnos con imponentes estructuras. No obstante, el escenario es distinto, ya que se trata de una ciudad tecnológica y contemporánea, que ciertamente aprovecha hasta la mínima fibra de bambú en una extensa gama de productos y en una menor medida, en la construcción.

Las razones principales del actual uso limitado del bambú en la construcción en China, según Zhang (comunicación personal, 2023), podrían estar relacionadas con la falta de exploración al combatir insectos y el fuego, así como las particularidades del clima. Aun enfrentando estos retos, se construyen las estructuras contemporáneas, generalmente de uso público y no residencial.



Figura 48. Arquitectura con bambú en Zhejiang.

En nuestro recorrido, nos encontramos con algunas construcciones interesantes, como una vivienda cubierta de ramas de bambú en uno de los principales sitios turísticos, las Terrazas de Yunhe, y un techo de puntas tradicional en el Jardín zoológico. Llamó nuestra atención la utilización de andamios de bambú, tanto en construcciones con bambú, como en las construcciones de concreto. Los pequeños cercos de bambú en sus distintas formas están presentes en todas partes, pero el más orgánico que hayamos visto es un cerramiento de plantas vivas de bambú con varas que amarran de manera transversal, generando un gran espacio o cuarto protegido, al que se accede por una puerta de madera.

Sobre las construcciones contemporáneas, el Prof. Zeng, del Centro de investigación y diseño con bambú de Jiangnan, comparte que actualmente se construyen increíbles pabellones, gazebos, hoteles y edificios culturales. Estas estructuras son logradas con la utilización de múltiples bambúes amarrados para incrementar la fuerza. A su vez, se utilizan técnicas para el blanqueado o carbonizado para cambiar la tonalidad de los bambúes y comparado con Colombia, las curvas son generadas doblando con calor los culmos enteros, mismo procedimiento que se usa para rectificarlos. Esto nos generó curiosidad y tras consultarlo, concluimos que las especies

utilizadas tienen una pared más delgada, que puede ser doblada sin la utilización de muchos recursos, contrario a la *Guadua angustifolia*.



Figura 49. Exhibición de Arquitectura con Bambú en Anji, Zhejiang.

En cuanto a la capacitación, Zeng (comunicación personal, 2023) afirma que el gobierno y la academia están comprometidos con impulsar a las nuevas generaciones a familiarizarse con el bambú, a través de competencias de universidades, que han resultado en excelentes propuestas de impacto social (ver Figura 49). Concluyendo que para diseñar con bambú deberíamos:

- a. Ser innovadores. Tomar referencias, pero no copiar.
- b. Ser creativos, pero realistas.
- c. Tener presente que el diseño estructural y las características del material aseguran la estabilidad.

4. **Mecanización y aprovechamiento del bambú.** Con la innovación científica y tecnológica, así como las vías hábiles para el transporte y la comunicación, inició, a partir de 1980, una era de aprovechamiento industrializado del bambú. No obstante, el auge y la utilización del bambú antes de esa fecha queda en evidencia en la

5. Figura 50, donde se observa cómo eran transportados incluso hasta Shangai, miles de culmos de bambú con remos a través de las aguas del Anji Fushi Reservoir.



Figura 50. Transporte de bambú en Anji Fushi Reservoir antes de 1980. Adaptado de Zhang, comunicación personal, 2023.

Hoy el panorama es distinto y entre los usos más interesantes logrados están los subproductos del carbón de bambú, construcciones a partir de impresiones 3D, partes de autos y tubos de bobinado (Zhang, comunicación personal 2023).



Figura 51. Diversidad de transformaciones y usos del bambú en Zhejiang.

Aunque consideramos que la forma más sustentable de utilizar el bambú es en su forma rolliza o culmo completo, el impulso de este como reemplazo de materiales con un ciclo de vida de mayor impacto negativo como el plástico, madera y acero, lo mantienen aún como una opción más positiva (ver Figura 51). Lo que es un hecho, es que cada trozo de bambú es aprovechado e incluso lo que parece ser desperdicio, se convierte en un producto con valor (Jinhe Fu, comunicación personal, 2023).

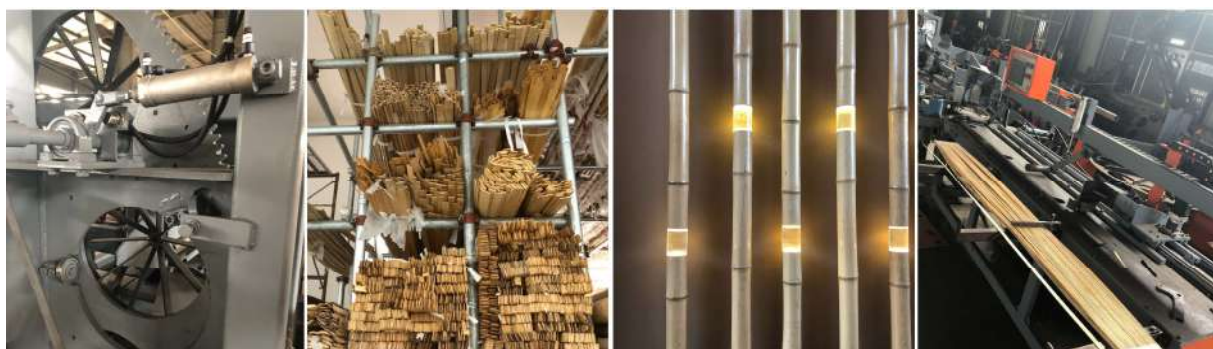


Figura 52. Fábrica de máquinas y bambú de ingeniería para construcción en Anji, Zhejiang.

En cuanto a construcción, hay máquinas adecuadas para cada proceso: cortadora, lateadoras, para laminado, rectificación, entre otras. Las fábricas de estas máquinas aseguran

que las características de estas dependerán de la especie a utilizar y del producto final que deseamos obtener, tomando en cuenta la diversidad (ver Figura 52).

6. Alivio de la pobreza y revitalización de zonas rurales. Pueblos como Anji, en



donde el procesamiento del bambú representa cerca del 60% del ingreso familiar total, han levantado su economía gracias al desarrollo de una cadena productiva e industrializada de este cultivo. Un bosque de bambú es un banco: biológico, de recursos, de agua y de carbono, por lo que en algunos casos ha sido utilizado para

aliviar la deforestación. En el caso de Lina'n, la industria de brotes de bambú como alimento se traduce en grandes ingresos anuales para los dueños de tierras (D. Xuhua, comunicación personal, 2023; Wang Anguo, comunicación personal, 2023). Su éxito es el resultado de un esfuerzo colaborativo, que se resume a continuación, en la Figura 54.

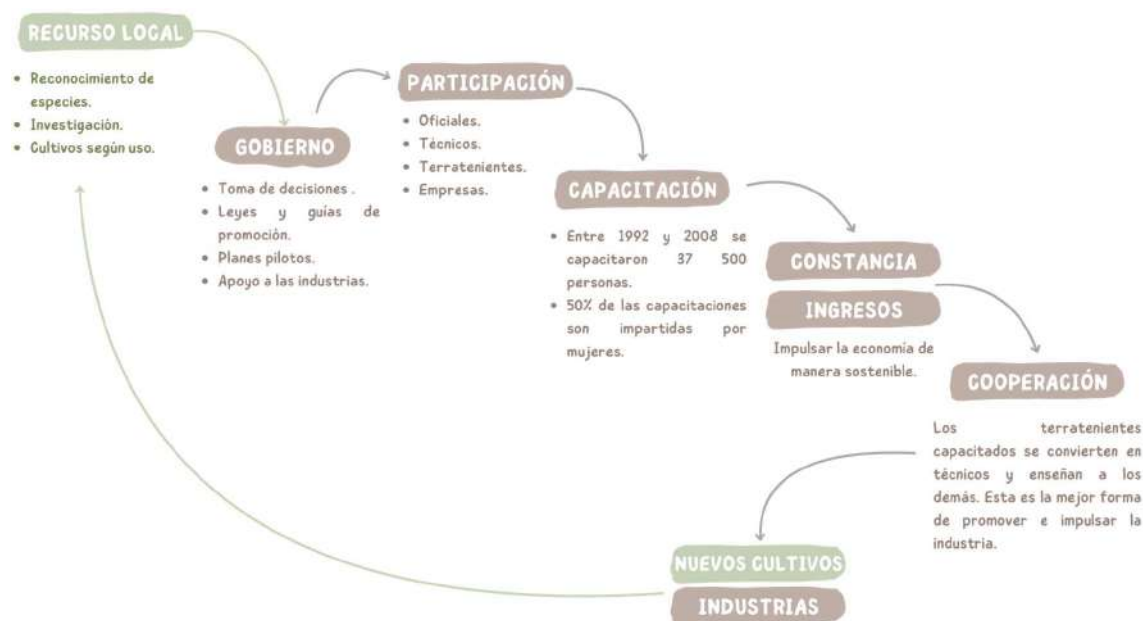


Figura 54. Desarrollo de la industria de brotes en Lin' an. Adaptado de Wang Anguo, comunicación personal 2023.

La participación femenina juega un papel importante en la industria, siendo las mujeres quienes ocupan los roles principales. En nuestra visita a una fábrica de brotes, conocimos a varias de ellas, especialmente a Yu Chuanmei, presidente y gerente general. Su lucha por ayudar a estabilizar el mercado de brotes, comprando entre dos mil y tres mil libras diarias a los agricultores locales, ha tenido grandes éxitos en ventas regionales y de exportación. Esto se ve reflejado en aportes a sus colaboradores y a la comunidad (ver Figura 55).



Figura 55. Participación femenina en la industria de brotes de bambú en Lina'n, Zhejiang.

7. Esperanza de un futuro más verde para los países en desarrollo



Figura 56. Grupo del Seminario de la industria del bambú y el desarrollo de la economía verde para países en desarrollo Adaptado de CBRC, julio 2023.

Tras 21 días de experiencias, aprendizajes, y un valioso intercambio cultural, volvemos a comprobar la increíble capacidad del bambú para tejer relaciones y conectar personas. Las emotivas palabras de cierre de la Ing. Cai Hanjiang, organizadora del seminario, resumen nuestro sentir: “Llegaron como bambú monopodial (creciendo separadamente), pero regresan sabiendo que somos bambú simpodial y desde ahora, crecemos unidos... Recuerden que las raíces del bambú demoran tiempo en desarrollarse, pero cuando comienza a brotar crecerá rápidamente

buscando la luz. Así se encamina el desarrollo en cada uno de sus países, donde el bambú aún tiene mucho que aportar” (ver Figura 56).

Si bien, las condiciones, oportunidades, recursos, cultura y desarrollo del bambú son distintas para cada uno, estamos convencidos de que hay un factor común que impulsará a los países en desarrollo: la constancia de profesionales valiosos, con conocimientos, experiencias, esperanzas y ganas de generar un impacto positivo desde su propio contexto. Pero, sobre todo, ahora tenemos familia en otros continentes, dispuestos a aportar y accionar colectivamente para empoderar y brindar soluciones a las realidades y carencias a las que nos enfrentamos en nuestras regiones.

Así, llegamos al contexto local, para hacer un diagnóstico general de la presencia y aprovechamiento del bambú en el territorio panameño.

Bambú en Panamá

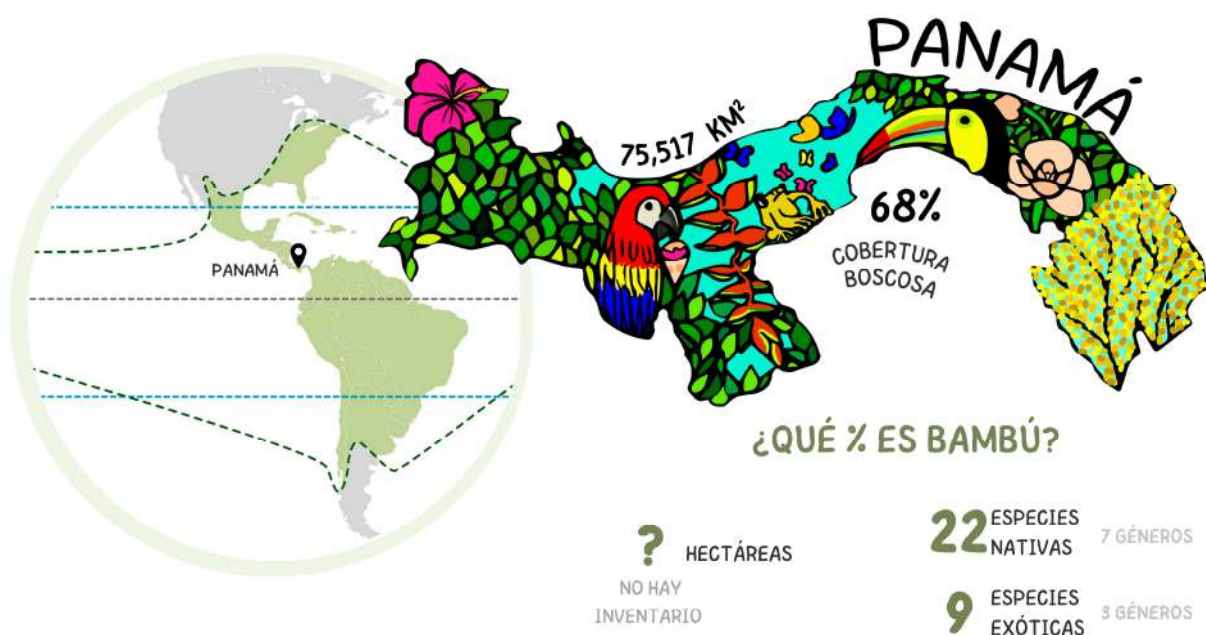


Figura 57. Infografía Bambú en Panamá. Elaboración propia. Adaptado de Ministerio de Ambiente (2021), INBAR.

Panamá posee una invaluable y diversa riqueza natural. Según el último mapa de cobertura boscosa y uso de suelo presentado en el istmo existe un total de 5,945,470 hectáreas de bosques y otras tierras boscosas, que equivalen al 68% de su superficie total (Ministerio de Ambiente, 2021).

En esas hectáreas está presente, pero no se tiene inventario del total de la huella nacional ocupada por bambú. No saber exactamente cuánto bambú hay en Panamá, ni dónde se encuentra ubicado, ha sido un factor desafiante en los intentos de impulsar proyectos relacionados a su aprovechamiento.

A nivel global, Panamá es, desde 2010, uno de los 49 miembros de la Organización Internacional del Bambú y el Ratón (INBAR). Según INBAR, en Panamá existen 22 especies nativas, pertenecientes a siete (7) géneros distintos y nueve (9) exóticas, de tres (3) géneros (INBAR).

En una evaluación de recursos en Latinoamérica (Londoño & Peterson, 2001), los autores reportan lo siguiente: “Panamá es el tercer país con mayor diversidad de bambúes leñosos en Centroamérica: el 43 % de sus especies pertenecen al género *Chusquea*.”

Sobre el origen de la *Guadua angustifolia*, señalan, además, que fue cultivada en el Jardín Experimental de la Zona del Canal, desde donde se ha distribuido a varios países de América Latina, incluidos Perú, Costa Rica, Guatemala y Cuba (Herbario Nacional de EE. UU.). Según su investigación, es dudoso que esta especie exista en el país de forma natural, sino que se propagó desde la Zona del Canal, donde fue introducida desde Ecuador en 1924 por el Sr. Holgar Johansen, según un espécimen del Instituto Smithsonian en Washington, D.C.

De acuerdo con ellos, las especies de bambú leñosos nativos del país son:

- **Arthrostylidium:** *A. excelsum* Grisebach, *judziewiczii* Davidse, *A. pubescens* Ruprecht y *A. venezuelae* (Steudel) McClure.
- **Aulonemia:** *A. patriae* R. Pohl.
- **Chusquea:** *C. amistadensis* L.G. Clark, Davidse & Ellis *C. grandiflora* L.G. Clark, *C. longifolia* Swallen, *pittieri* Hackel, *pohlai* L.G. Clark, *serpens* L.G. Clark, *simpliciflora* Munro, *subtessellata* Hitchcock y *C. vulcanalis*.
- **Elytostachys:** *E. clavigera* McClure.
- **Guadua:** *G. angustifolia* Kunth, *G. macclurei* R. Pohl & Davidse y *G. paniculata*.
- **Neurolepis:** *N. pittieri* McClure.
- **Rhipidocladum:** *R. panamense* R. Pohl, *R. racemiflorum* (Steudel) McClure

Pero, ¿Cómo ha sido el manejo y aprovechamiento de estos recursos?

A nivel estatal, la Comisión Nacional de Bambú (CONABA), creada bajo decreto en 2006, es el grupo técnico multidisciplinario encargado de promover el cultivo, manejo y uso racional del bambú en Panamá. CONABA está legalmente conformado por los principales ministerios de

gobierno y universidades públicas del país y, según sus reglamentos, pueden integrarse organizaciones no gubernamentales y compañías privadas que tengan interés en este rubro. (ANAM, 2006) Sin embargo, aunque inicialmente se llevaron a ejecución proyectos importantes para encaminar a Panamá en la valorización de su recurso local, durante los últimos años, la escasa participación de parte de la mayoría de las entidades, así como el desconocimiento sobre el valor de la planta, han ralentizado el empuje nacional esperado.

Volviendo a la cadena de impulso de Trujillo (2021), que plantea que, si no hay investigación, no hay normativas, no hay capacitación, no se especifica o diseña y no hay demanda, y a las referencias de éxito en desarrollo de la industria en China y las escuelas taller de capacitación en Ecuador, llegamos a este análisis:

No quiere decir que en Panamá no se estén desarrollando proyectos con bambú o no se reconozca su valor. El asunto, más bien, radica en que no ha sido posible lograr un punto de convergencia en el que los apasionados, entusiastas y profesionales den a conocer sus proyectos, cooperen entre sí, y se sientan apoyados o guiados por políticas e iniciativas públicas. A la vez que, aquellos que han visto pero no han tenido contacto con la planta, no tienen el conocimiento para manejarla o el impulso a cultivarla, al no existir una cadena que asegure su retribución. Por consiguiente, consideramos que el desarrollo del bambú en Panamá tiene un gran potencial, que, hasta el momento, no ha sido encaminado hacia una meta colectiva de país.

Este panorama podría mejorar, con el desarrollo de más proyectos con apoyo internacional y gubernamental, como el de: “Promoción del bambú como una solución basada en la naturaleza para el desarrollo de medios de vida y el manejo ambiental para la mitigación y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe”, llevado a cabo entre 2022 y 2025 por INBAR, en cooperación con la AECID (Ministerio de Ambiente, 2023). Este tuvo resultados valiosos, enfocándose en la provincia de Coclé, Penonomé. Aunque aunado a eso, uno de los mayores logros del proyecto, fue convocarnos a la Primera Reunión Nacional de Bambuseros de Panamá, el 10 de mayo de 2024, a la que asistieron 100 personas de manera presencial y 23 de forma virtual. Desde entonces, a través de dos (2) reuniones con mesas de trabajo, y con el seguimiento de la CONABA, se busca presentar el primer Programa Nacional de Bambú (2025-2035), basado en seis (6) componentes principales y 11 posibles proyectos (ver Figura 58).



Figura 58. Primeras Reuniones Nacionales de Bambuseros de Panamá. Elaboración propia. Adaptado de: INBAR. Comunicación personal, 2024 y Jennia Monrroy.

Ahora bien, si ese es el panorama futuro, ¿cómo interpretamos el presente?

Las cinco (5) aristas de la valorización del bambú en Panamá

Desde una perspectiva personal, consideramos que la valorización del bambú de parte de la sociedad panameña tiene cinco (5) aristas. La primera es una cultura tradicional que ha aprovechado el recurso local: aquel bambú que estaba presente en nuestros campos, que se esparció naturalmente y es parte de una historia de generaciones. Luego, existe una relectura: aun teniendo otras formas o materiales para hacerlo, se escoge al bambú, por sus características, practicidad, disponibilidad, bajo costo o belleza. La tercera, es el encuentro y conversación del bambú con los entornos urbanos, que va relacionado con la siguiente arista: la promoción de una arquitectura considerada sostenible, que responde principalmente a una economía de servicios y turismo. La última arista, valiosa en la divulgación de saberes, incluye a las organizaciones o instituciones, desde donde se promueve como recurso ambiental, educativo y comercial.

Esta mirada es el resultado del análisis, hallazgos, experiencias y cooperaciones que, entre 2022 y 2024, nos llevaron a identificar un vértice necesario, la capacitación, divergencia e interdisciplinariedad. El punto en el que idealmente podrían coincidir todos los que en algún momento han sido “tocados” por el bambú, ya sea través de la curiosidad o porque se hayan enfrentado a los retos de alguna de las aristas, presentadas a continuación:

1. Bambú en la cultura y tradiciones panameñas

El bambú, conocido comúnmente en nuestra campiña como “cañaza”, ha estado arraigado a la tradición panameña, aunque a veces, sin mucha visibilidad.



Figura 59. Manifestación cultural de pueblo Guna, celebrando ante declaración de inconstitucionalidad del Contrato Minero en 2023.

En un momento histórico importante, como la celebración tras la declaración de inconstitucionalidad del Contrato Minero el 28 de noviembre de 2023, el bambú estuvo presente con el pueblo Guna. En este acontecimiento, resultado de la lucha de todo el país por la preservación de la riqueza natural de Panamá, los Gunas bailaban el “Muganboe”: llanto de las abuelas, al ritmo del “Gangi” o “Gammu”, una flauta hecha de bambú o carricillo (ver Figura 59).

Según nos cuenta uno de los músicos, Luis Hernández (comunicación personal, 2023), el baile es un recuerdo del momento en el que fueron cortadas las cabezas de las abuelas, durante la conquista española, lo cual relacionamos con las teorías sobre la masacre indígena y el impacto en legado cultural de los pueblos detallado en el Capítulo 1. Sobre el instrumento, Hernández (2023) cuenta que los ancestros crearon dos flautas, macho y hembra. Con el pasar de los años, los maestros les han enseñado a cortar las varas en tamaños variados, prestando atención a los agujeros y tipos de sonido que generan.

De igual forma, destacamos la construcción tradicional indígena panameña, que, de acuerdo con Miguel Hervás y Jonathan González en su investigación “Arquitectura tradicional indígena del occidente de Panamá”, publicada en 2020: “Se trata de una arquitectura casi exclusivamente vegetal, realizada a base de maderas y plantas herbáceas, del entorno inmediato... En ocasiones, la estructura de cubierta se monta a base de piezas de bambú, material muy ligero, flexible y extremadamente resistente”. Estas construcciones y su materialidad tienen un indudable valor como patrimonio vernáculo (Hervas & González, 2020).

Otro ejemplo de uso del bambú son las casas de quinchá. Tradicionalmente, se utilizaba madera y bambú cortado en menguante, los cuales eran dejados secar por varios días y tratados para asegurar su larga duración. Muchas de estas casas centenarias se mantienen aún en pie,

sobre todo en la región de Azuero. El guarareño Orlando Osorio explica que: “Se utilizaba cañaza para enjaular o darle la forma a la casa. Se amarraba con un bejuco especial que se conseguía en el monte” (ver Figura 60). Luego, con ayuda de los vecinos y como si de una fiesta se tratara, se hacía la junta de embarre, cubriendo las paredes con una mezcla de barro y paja (Vásquez, 2014).



Figura 60. Junta de embarre en Guararé. Adaptado de Junta de Embarre para una Casa de Quincha Panamá, por Salvaguardia Patrimonio Cultural Inmaterial.
https://www.youtube.com/watch?v=yZDUxIA6lyk&ab_channel=SalvaguardiaPCI

Esta técnica, que mantiene elementos autóctonos y otros añadidos con la llegada de los españoles y del negro colonial, se ha ido perdiendo con la entrada de nuevos materiales constructivos. El sociólogo azuerense Milciades Pinzón (Pinzón, 2009) lo relata así: “Al finalizar el siglo, la tradicional morada de los orejanos ha dado paso al dominio del bloque, del zinc y los pisos de granito. Notorio es el abandono de la casa de quincha, vieja y solitaria en los depauperados campos que han visto marchar a miles de emigrantes.”

Quienes no sueltan la tradición, desde hace 42 años que se celebra la Feria Nacional de la Naranja, son los productores y artesanos de Churuquita Grande de Penonomé. El bambú es el material principal de sus creativos puestos y esculturas, donde exponen y venden naranjas, productos agrícolas y artesanías, recibiendo cada año a locales y visitantes (ver Figura 61) (Metro Libre, 2022).



Figura 61. Puestos del Festival Nacional de la Naranja en Churuquita Grande. Adaptado de Valdéz (2017), Auditore (2019), Quirós (2019) <https://maps.app.goo.gl/D7GJS3A9KG1yk1qd9>

2. Relectura: ¿Por qué hacerlo con bambú?

Si tradicionalmente se utilizaba el bambú por ser el recurso disponible, además del aspecto económico, ¿por qué se utilizaría hoy, si existen otros materiales? Probablemente es porque sigue siendo un recurso natural disponible, económico, práctico y que, además ha demostrado a través de los años, sus capacidades estructurales y decorativas. Y aunque, en algunas ocasiones el tratamiento, las uniones, protección contra el sol o a la lluvia, no son las más adecuadas, existe una tendencia al aprovechamiento del bambú en estructuras simples y decoraciones.

Recorriendo el interior del país, y sin buscarlo, nos encontramos con algunos ejemplos, recopilados en la Figura 62. En el hotel Sol Morillo, en Torio, Veraguas, el bambú es utilizado a modo de pérgola para proteger los cultivos. Mientras que, en el centro del pueblo, es parte de la decoración de un restaurante de estilo mexicano. Tanto en su forma rolliza, en las bancas y en una partición con marco metálico, como en forma de latas para el cielo raso. El recurso es local y se comenta que en el área hay cerca de 20 especies distintas.

Por otro lado, anexas a las viviendas pueden representar costos elevados. Pero, ¿qué mejor solución que utilizar el material disponible? El cerramiento parcial y la estructura del techo de una cocina fogón en el Valle de Antón se logró con paneles de bambú rollizo, amarrados con soga. Los pares se conectan con las carrocerías metálicas, logrando prolongar el techo de zinc.

En el centro de David, nos encontramos con una estructura de cuatro columnas. Analizando su protección por diseño, cumple con el aislamiento del suelo con una base de

concreto, aunque sus aleros no cubren correctamente la estructura. Para las uniones se utilizan alambres y sogas.



Figura 62. Ejemplos del uso constructivo y decorativo del bambú en Veraguas, Coclé y Chiriquí.

Una mirada más profunda a la utilización de materiales de origen vegetal, como la caña blanca y el bambú, en las viviendas panameñas, se documenta en la tesis de Carlos Aponte (2023): “Inventario, análisis y recuperación de la arquitectura tradicional de Veraguas”. A través de un proyecto de interés social, Aponte (2023) hace un inventario de viviendas en Santa Fe de Veraguas con estos materiales.

Además de utilizar el bambú como material constructivo, hay quienes con ingenio y constancia lo transforman en arte o aprovechan sus propiedades para elaborar productos. El punto de partida de los emprendimientos ha sido la curiosidad y experimentación con especies que se encontraban al alcance, lo que se transformó en productos apreciados, que además generan ingresos económicos sin altos costos de inversión (ver Figura 63).



Figura 63. Valor artesanal del bambú en Chiriquí. Elaboración propia. Adaptado de De bamboo Architects (2023) https://www.instagram.com/debamboo_architects/, Bamboo tea (2023) https://www.instagram.com/bambootea_pty/, Sol Arts (2023) <https://www.instagram.com/solartesana/>

De Bamboo Architects confecciona artesanalmente para la venta, esferas, decoraciones y paneles, siendo expertos en el lateado para crear sus piezas.

El bambú utilizado es del género *Phyllostachys*, ya que según nos comenta la Arq. Johana Veliz (comunicación personal, 2023): “Al *Phyllostachys* le gusta el clima frío de Boquete”. Además de su disponibilidad en la región, otro factor que influyó es el peso: las varas pueden ser manejadas por una persona.

Veliz (2023) cuenta que su inicio con el bambú fue en un taller vivencial en Guatemala. Al regresar a Boquete, comenzó a mirar el bambú local con otros ojos, pues había mucha materia prima que se alineaba con la idea de construir naturalmente.

Otros proyectos que llaman nuestra atención son el Bamboo Tea de la Sra. Raquel y las piezas de Sol Arts. El primero es un té orgánico que reúne los beneficios de la hoja de *bambusa vulgaris vittata* (Bamboo Tea, 2023).

Por otro lado, la artesana Solangel Pittí (comunicación personal, 2023), se inspira en el folklore, la flora y la fauna panameña, utilizando entre sus lienzos trozos de bambú de su patio, cosechados en luna menguante y tratados por su esposo. Un portacelular de plástico no tendría nada de especial comparado con uno de bambú natural y pintado a mano.

3. *El lugar del bambú en el contexto urbano*

¿Qué tan probable es encontrar bambú en la Ciudad de Panamá?

La economía panameña está basada principalmente en el sector terciario o de servicios. Los rascacielos envueltos en paños de vidrio fijo, oficinas, bancos y centros comerciales otorgan a la ciudad una materialidad e imagen marcada. En medio de estas construcciones imponentes, a nivel del peatón, nos encontramos con algunos, pocos, pero interesantes, detalles hechos en bambú.

Contrastante con el contexto cementicio, llama la atención que el bambú aparece solo en ciertos tipos de edificaciones, que incluyen: mercados de legumbres, restaurantes, *spas*, hoteles y lugares de diversión como bares y discotecas. Una muestra de estos encuentros materialísticos se compilan en la Figura 64.

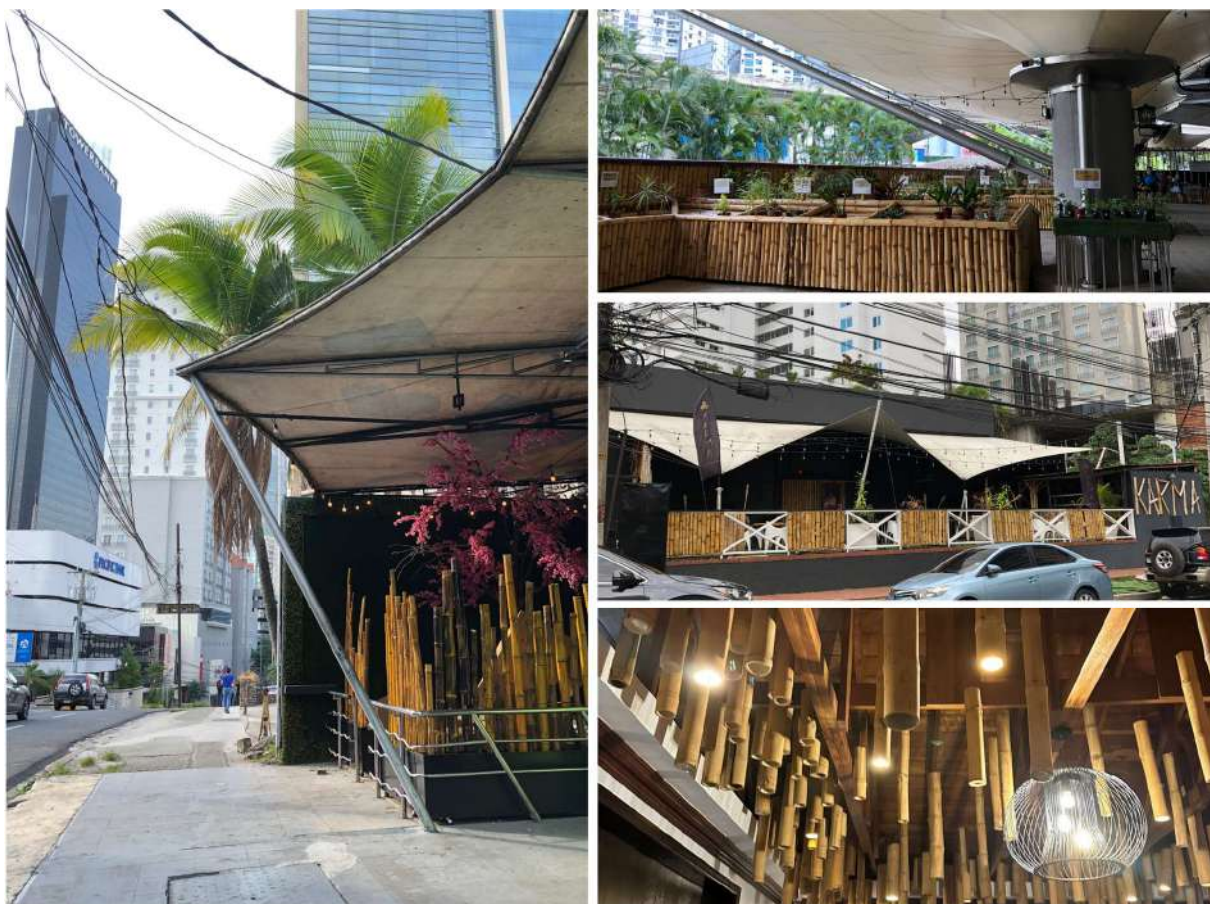


Figura 64. Bambú como elemento decorativo en la Ciudad de Panamá.

Observar este uso del material nos permite analizar que, por un lado, se utiliza bambú para los estantes en los mercados por su relación con lo natural, la frescura que evoca, su resistencia, practicidad y por factores económicos. Mientras que, por el otro lado, su imagen “tropical”, es asociada con vacacionar, la relajación, la fiesta y el entretenimiento.

La rusticidad del bambú, en combinación con los demás elementos materiales brinda a los espacios un carácter único. Por lo que es utilizado en barandas, divisiones verticales, como cielo raso (en latas o rollizo) e incluso, en lámparas y decoraciones.

En la Figura 65, se puede apreciar la belleza de una noche bajo bambú, en el casco antiguo de la Ciudad de Panamá.

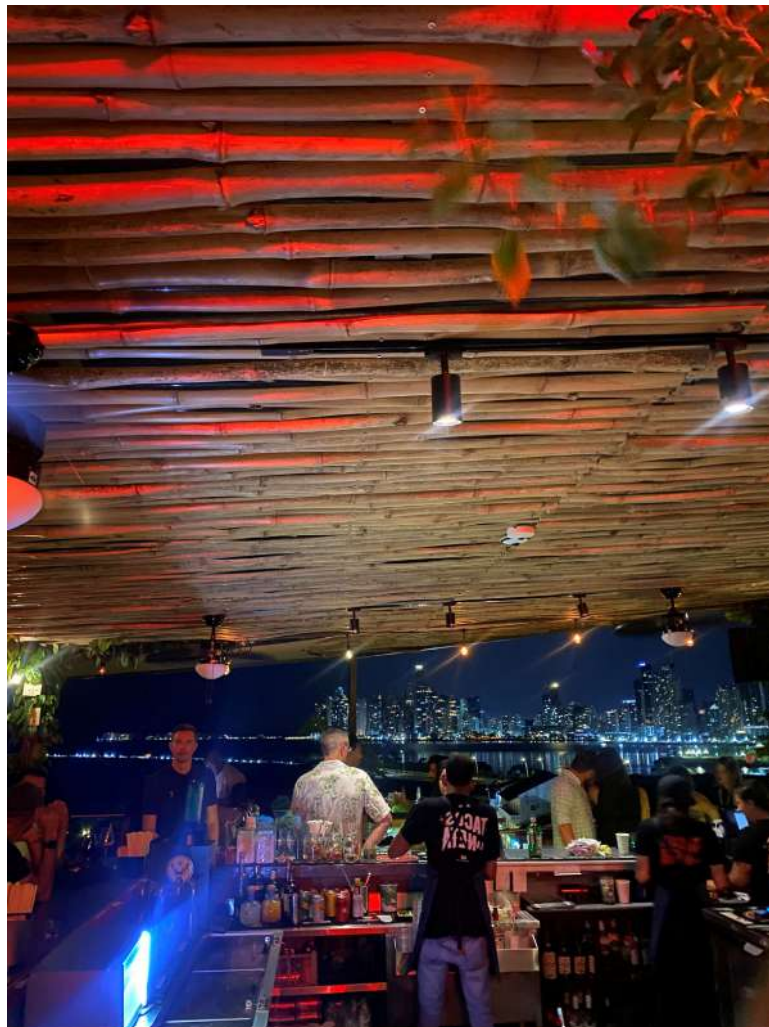


Figura 65. Noche bajo bambú en el Casco Antiguo de Panamá. Adaptado de María Isabel Palacios, comunicación personal, 2023.

4. ¿Arquitectura sostenible?

Debido a que los reglamentos vigentes en Panamá no incluyen al bambú como material constructivo y no hay muchos profesionales expertos en el tema, actualmente en la ciudad se aplica solo a estructuras temporales o, como vimos previamente, a revestimientos o elementos decorativos. Sin embargo, existe una mayor flexibilidad en el uso del bambú y permisos de construcción en las zonas rurales y alejadas. Cada vez es más común encontrar instalaciones vacacionales, tanto en islas y playas, como en zonas montañosas, que utilizan el bambú como material principal o en conjunto con otros materiales naturales e industrializados.

Lo particular de esta tendencia es que, aun existiendo bambú en el país, el material utilizado es, en la mayoría de los casos, importado. Este fenómeno podría obedecer, por un lado, al desconocimiento sobre dónde encontrar el recurso tratado y de calidad, ya que, al no existir una cadena establecida, existen dudas sobre la disponibilidad, características y comportamiento del recurso local. Por otro lado, es posible que quienes ejecuten las obras prefieran importar materiales probados con los que hayan trabajado previamente.

Un punto relevante a considerar es que la forma más sostenible de construir con bambú se logra cuando el material es local y mínimamente procesado. Es decir, que se generen emisiones mínimas de CO₂ en el transporte y demás procesos constructivos. No obstante, solo en la manera en que el país experimente y esté preparado para atender una demanda alta en la utilización del material, será posible impulsar construcciones con material 100% local.

De igual forma sucede con la fuerza laboral. Se requiere de mano de obra especializada y, debido a la falta de empuje y capacitación de parte de los diseñadores y constructores locales en este tipo de técnicas, se hace necesario traer a conocedores en la materia para la ejecución de los proyectos.

Aún con estos retos, se han desarrollado proyectos de gran valor estético e integración con el medio, que brindan al usuario experiencias únicas y lujosas, al visitar las zonas turísticas de Panamá. Entre ellos destacan: Bamboo Tree House, Casa Loro y Beach Club Puntarena.



Figura 66. Nayara Bocas del Toro. Adaptado de: Nayara Bocas del Toro y José Almario (comunicación personal, 2023).

“*Bamboo Tree house*” es un diseño de Elora Hardy, fundadora de la firma balinesa IBUKU, reconocida mundialmente por su enfoque en el diseño y construcción sostenible con bambú. Este concepto es traído a Nayara Bocas del Toro, en una casa del árbol levantada del suelo con pilares de madera y rematada con un techo orgánico de bambú rollizo, importado desde China. En Panamá, el desarrollo ejecutivo en representación de IBUKU, estuvo a cargo de la firma ALMARQ, con apoyo de los consultores y constructores Summer House Panamá. El Arq. José Almario (comunicación personal, 2023), de Almarq, nos comenta que las estructuras se preensamblaron en Darién y fueron posteriormente trasladadas hasta Bocas del Toro. La lujosa experiencia de alojarse en esta bella estructura tiene un valor de 1,158.00 dólares americanos por noche (ver Figura 66) (Nayara Bocas del Toro, s/f).

Por su parte, Casa Loro es un proyecto diseñado por IM/KM Architecture & Planning, que se ubica en Puerto Escondido. IM KM (2022) la define como: “una casa en el árbol moderna hecha de materiales contextuales que encierra e involucra espacios interiores y exteriores”. El diseño y construcción de los techos de bambú estuvo a cargo de Takashi Niwa, Masaaki Iwamoto, So Adachi y José García, de la firma Vietnamita Vo Trong Nghia. La estructura tiene formas paraboloides hiperbólicas. El bambú, tratado al calor para lograr un tono oscuro, fue importado de Vietnam, al igual que la técnica de uniones por medio de nudos (IM KM, 2022).

El material sobrante de esta obra fue donado al taller *AA Visiting School: Crossing the Divide 2022*: taller de diseño paramétrico y construcción con bambú, organizado por la Architectural Association de Londres y la Fundación Geoversity, siendo aprovechado para capacitarnos (ver Figura 68).



Figura 67. Bambú en Casa Loro. Adaptado de IM KM Architecture and Planning, 2022



Figura 68. AA Visiting School: Crossing the Divide 2022. Adaptado de: John Naylor (comunicación personal, 2022).

Otro ejemplo de construcción es el Beach Club Puntarena, ubicado en Buenaventura, Coclé (ver Figura 69). La estructura de 3,000 m² fue diseñada por Zurcher Arquitectos en colaboración con la firma colombiana Bahareque. El proyecto se realizó en 2016, en un corto periodo de ocho (8) meses, bajo la gerencia de Dual Arquitectura y Construcción (Dual Arquitectura y Construcción, 2018).

Las columnas ramificadas crean un efecto estético en el pórtico de entrada al club. De igual forma, la estructura de techo vista, de bambú rollizo colombiano, en los salones principales se ve muy bien lograda, en combinación con los materiales utilizados.



Figura 69. Adaptado de DUAL Arquitectura, 2016. <https://www.facebook.com/dualcr/photos/pb.100060056809853.-2207520000/462522253887215/?type=3> y Bahareque Constructores. <https://baharequeconstructores.com/>

5. *Bambú como recurso ambiental, educativo y comercial*

Como última arista, incluimos a aquellos organismos, organizaciones y/o fundaciones que han descubierto el potencial del bambú y apostado por promoverlo, utilizarlo y abrirse a la colaboración. Entre ellas destacan: Geoversity en la Reserva del Valle de Mamoní, la Asociación Panameña para la Agricultura y los Recursos de la Naturaleza (APASAN) en la Finca Rodaisa y el Parque Municipal Summit en Gamboa.

a. *Reserva del Valle de Mamoní*

La Reserva del Valle de Mamoní abarca cerca de 5,000 hectáreas de bosque tropical en la cuenca alta del Río Mamoní. Se encuentra dentro del tramo más grande de selva contigua en la región de Tumbes-Chocó-Magdalena y es uno de los 25 centros principales de biodiversidad del mundo. El valle estaba deforestado casi en su totalidad, debido a las actividades de ganadería, hasta que, en 2002, Mamoní Valley Preserve, tomó acciones para protegerlo y reforestarlo. Desde su creación, la Reserva ha evitado más de 650,000 toneladas de emisiones de CO₂, a través de las zonas reforestadas, que incluyen plantaciones de bambú (Geoversity, s/f).

La primera vez que visitamos Mamoní fue en enero del 2022, como parte del *AA Visiting School: Crossing the divide*. Allí reconocimos el bambú en su hábitat y sentimos como la naturaleza se convertía en nuestra mejor aula de clases. El enfoque de Geoversity con el bambú, sembrado en 2015, además de reforestar, aportar a la captura de CO₂ y gestionar talleres de

aprendizaje, era que pudiese ser utilizado para la construcción de las estructuras del Centro Mamóní. Exactamente ocho (8) años pasaron y en 2023, el material tuvo el diámetro y madurez suficiente para la construcción de un primer proyecto: la remodelación del comedor.

En nuestra segunda visita, en octubre del 2023, tuvimos la oportunidad de observar y experimentar los procesos que se llevan a cabo desde su Centro Agroforestal, incluyendo la elección, corte, inmunización, secado y almacenamiento de varas, hasta su llegada al taller de la obra, para la producción de lateado y esterilla. Allí, el equipo conformado por trabajadores de la zona, recién capacitados, es guiado por el arquitecto panameño Anthony Lay de la firma Allpa Maqui, enfocados en el diseño de espacios orgánicos con sentido.

Mark Knetsch (comunicación personal, 2023), CEO de Experiencia Mamóní, nos cuenta que Geoversity busca formas posibles y económicas para que la comunidad aprenda a usar el bambú. Por ello, promueve una técnica de inmunización por medio de “medias” hechas de cauchos de llanta reciclados, tubos de pvc y sogá. A la preparación de bórax y ácido bórico se le añade un colorante de cocina, que permite que al final del tratamiento sea posible determinar si la vara lo ha absorbido en su totalidad.



Figura 70. Experiencia en la Reserva del Valle de Mamóní: inmunización y procesos constructivos.

El proceso consiste en cortar las varas y dejarlas en el sitio, aprovechando de la gravedad al amarrar los tubos a otra vara viva en pie, formando un ángulo de más o menos 20°. La media es puesta con ligas en el extremo de la vara y cuando está bien ajustado, se llena el tubo con la solución, se monitorea y se vuelve a rellenar de ser necesario, esperando hasta 5 días para ser recogida, llevada a perforar y posteriormente, a secado.

En la Figura 70, se puede apreciar cómo se ensambla este sistema de inmunización y el proceso de prefabricación de vigas laminadas utilizadas en la construcción del comedor.

El resultado final del proyecto del Comedor en Mamóní, por Allpa Maqui, es una muestra de las increíbles capacidades del bambú *Guadua Angustifolia* que crece en Panamá y la visión del diseño biomimético, logrado con la capacitación de mano de obra especializada. Estos factores lo convierten en un gran referente de construcción con bambú en la región (ver Figura 71).



Figura 71. Proyecto Comedor, una noche en la Reserva del Valle de Mamóní. Adaptado de: Allpa Maqui https://www.instagram.com/p/C7AHI3Cv7JQ/?img_index=1 (2024).

b. Finca Rodaisa

La finca RODAISA es la primera finca certificada por el MIDA como sitio agroturístico. Su propietario, el Ing. Rolando Sánchez Diez, también presidente de CONABA y APASAN, nos recibe con los brazos abiertos, siempre dispuesto a compartir sus experiencias de un recorrido de más de 20 años en este rubro.

La finca, ubicada en San Carlos, alberga *Guadua angustifolia*, tratada para el comercio, además de la oportunidad de conocer sobre los procesos de cultivo, cuidado, corte y procesos primarios del bambú, incluyendo la etapa de inmunización en tinas.

Rodaisa ha sido el punto referente en el que estudiantes, profesionales y entusiastas han tenido sus primeros contactos con el bambú como planta y material constructivo. El primer taller de bahareque fue realizado en 2008.

En abril de 2022, a través de la Organización Nacional de Estudiantes de Arquitectura (ONEA Panamá), y con el apoyo del Ing. Rolando Sánchez Diez y el Arq. Patrick Dillon, logramos impulsar el taller “Bambú-construye”. Cumpliendo con el objetivo que compartíamos desde nuestra experiencia en el *Visiting School*, junto a Paola Ramírez, de que más jóvenes tuvieran la oportunidad de aprender sobre construcción con bambú (ver Figura 72).



Figura 72. Experiencia Bambuconstruye en la Finca Rodaisa, San Carlos, Panamá.

Del interés y entusiasmo de ese taller, nació meses después **Bambú Lab Panamá**, un colectivo compuesto por siete (7) miembros, que compartimos la visión de experimentar e impulsar la construcción con bambú por medio de colaboraciones, investigación y formación especializada.

Desde entonces, Bambú Lab y el Ing. Sánchez Diez han colaborado para que más jóvenes arquitectos y de otras disciplinas, se adentren en el mundo del bambú y aprendan sobre todos los procesos que conlleva como planta hasta convertirse en material constructivo. En la Figura 73, se muestran dos (2) de las experiencias del 2024: Junta de embarre para la construcción de cabañas y la experiencia de campo del Seminario Taller “Bambú: Diseño Arquitectónico, Técnicas y Reflexiones”, llevado a cabo en colaboración con la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Panamá a cargo de la Arq. Linette Yanisselly y New Castle University, con el Dr. John Naylor como conferencista invitado.



Figura 73. Experiencias 2024 en la Finca Rodaisa.

c. Parque Municipal Summit:

A solo 40 minutos de la ciudad, encontramos el hogar de 10 especies de bambú: el Parque Summit. Ahí se encuentran: *Rhipidocladum racemiflorum*, *Dendrocalamus strictus*, *Guadua angustifolia* y *Cephalostachyum pergracile* y seis (6) del género *Bambusa*, que incluyen: *Bambusa oldhami*, *Bambusa bambos* (nombre común bambusa espinosa), *Bambusa textilis* (bambú tejedor), *Bambusa multiplex* (bambú chino enano), *Bambusa vulgaris* y *Bambusa polymorpha*. (Summit, comunicación personal, 2023). Quienes visitan el parque, pueden recorrer “El sendero del bambú” y aprender sobre las especies que alberga. Para despertar el interés en la planta y sus diversos usos, se organizan actividades cada año, en marco de la celebración del día mundial del bambú. En sus últimas versiones, en 2023 y 2024, como parte del colectivo Bambú Lab, tuvimos la oportunidad de participar con actividades para la familia. Los niños aprendieron curiosidades sobre el bambú, colorearon, armaron maquetas, cometas y recorrieron el sendero.



Figura 74. Día del bambú en el Parque Summit: 2023 y 2024.



Figura 75. Experiencias contadas. Extractos de entrevistas a "bambuseros" en Panamá.

Divergencia y capacitación: red interdisciplinaria



Figura 76. Montaje de una de las piezas de Pabellón Bambú Lab, en Festival Transversal 2024: el primer Festival de Arquitectura y Diseño de Panamá en Ciudad del Saber. Adaptado de: Alfredo Martiz (comunicación personal 2024).

En el intercambio de aportes individuales y la vivencia de nuevas experiencias, se construyen caminos innovadores. Por ello, creemos en que el punto de partida para seguir impulsando el bambú en Panamá es a través del reconocimiento de los esfuerzos, tropiezos y logros de cada una de las aristas analizadas. Esto encaminaría a un modelo de aprendizaje experimental colectivo, apuntando a la cohesión de todos los actores. Si el conocimiento y potencial de las distintas disciplinas y sectores actúan en paralelo, en lugar de aisladamente, sería posible generar la cadena que, aunada a la investigación, las políticas públicas, el apoyo gubernamental y empresarial, conduzca poco a poco al aprovechamiento del bambú en Panamá bajo el paraguas de un único proyecto sostenible.

Partir de lo comunitario

Para soñar con una cadena nacional, es necesario comenzar a tomar acción localizada, empezando por pensar en las posibilidades de aquellas comunidades que ya cuentan con este recurso y han intentado aprovecharlo. Es por ello que nuestro aporte con esta investigación se centra en una de ellas: Potrerillos, Chiriquí. Un corregimiento con un gran potencial y riqueza natural. Partimos también con la idea clara de que los talleres breves y capacitaciones cortas son valiosas y dejan buenas semillas. Sin embargo, la formación continua a través de un **Centro de Capacitación Especializado** representa un paso clave y necesario. Este proyecto busca demostrar cómo el desarrollo sostenible del bambú puede comenzar desde lo comunitario y escalar lo nacional.



POTRERILLOS

3

CAPÍTULO 3: POTRERILLOS ARRIBA

El corregimiento de Potrerillos, conocido como Potrerillos Arriba, se localiza en las tierras altas de la provincia de Chiriquí, al occidente del país. Específicamente en el distrito de Dolega. Se caracteriza por su clima fresco, tierras productivas y gente trabajadora.

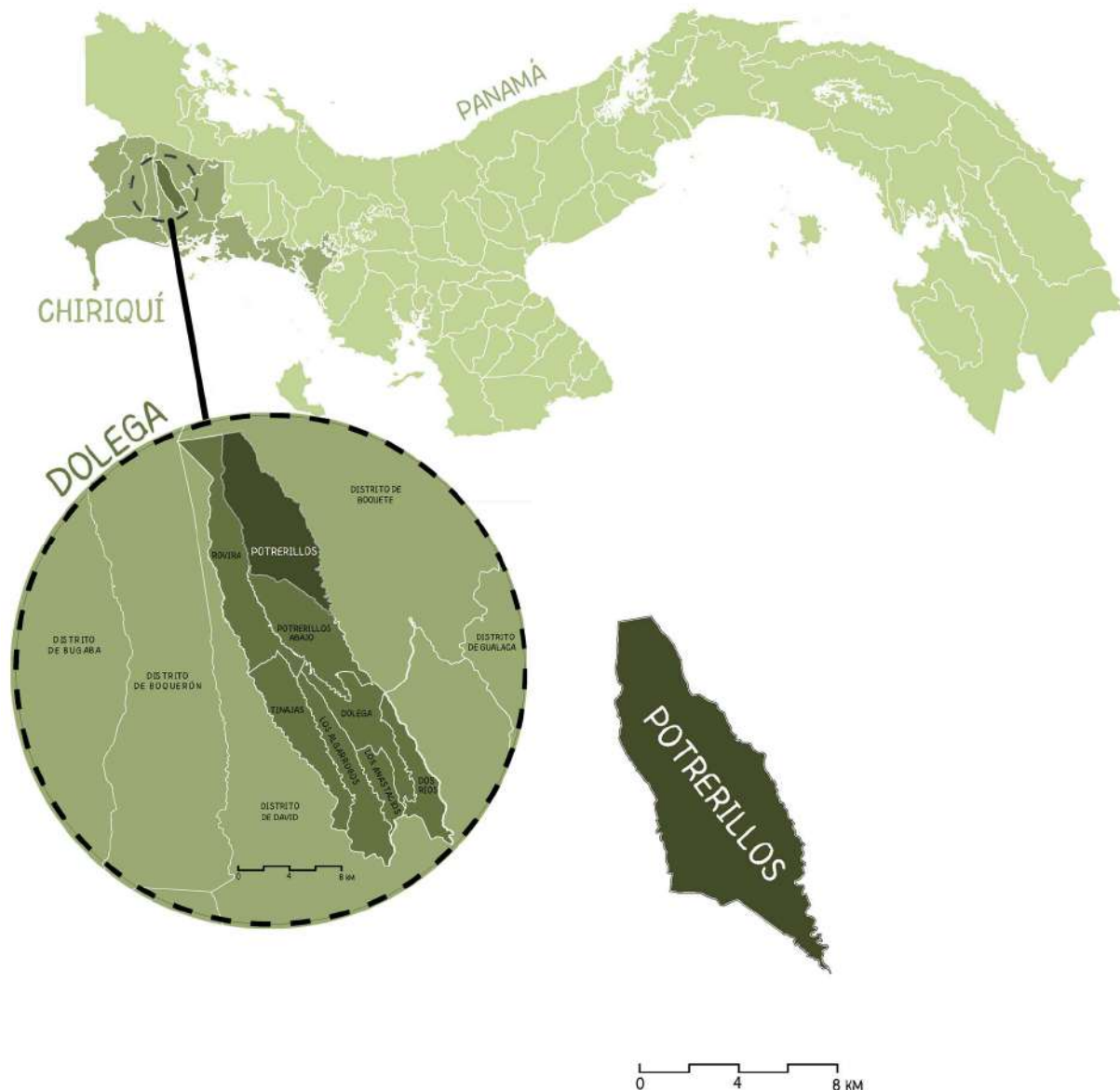


Figura 77. Mapa de ubicación de Potrerillos a escala nacional y distrital. Elaboración propia. Adaptado de INEC.

Diagnóstico del corregimiento

Para elaborar un diagnóstico objetivo del corregimiento, lo abordaremos desde tres perspectivas: partiendo de su historia y documentación, nuestras percepciones del sitio y fundamentalmente, las experiencias y sentir de sus habitantes.



Figura 78. Paisaje en camino hacia Potrerillos Arriba

Potrerillos según la literatura

El territorio

El Corregimiento de Potrerillos fue fundado el 28 de octubre de 1906, casi tres (3) años después de que Panamá se convirtiera en República. Es el corregimiento de mayor tamaño, de los ocho (8) que componen el distrito de Dolega. Tiene una extensión de 55.3 km² y una altitud media de 975.36 m.s.n.m., alcanzando temperaturas promedio de entre 18 °C (a los 1,450 m.s.n.m) y 22 °C (Espinosa, 2008).

Según el Atlas Ambiental de la República de Panamá de 2010, posee un clima oceánico de montaña baja. Es seco, muy lluvioso, con totales pluviométricos de 3,710 mm al año y una estación seca muy breve. Como se observa en la Figura 77, Potrerillos limita al norte con el Volcán Barú, el punto más alto del país, que se eleva a 3475 m.s.n.m. Al sur, se conecta con el corregimiento de Potrerillos Abajo, al este limita con el distrito de Boquete y al Oeste con el corregimiento de Rovira (Autoridad Nacional del Ambiente, 2010; Municipio de Dolega, 2018).

Debe su relieve, conformado por llanuras y montañas, a las manifestaciones volcánicas y sedimentarias de la época pleistocénica y del periodo cuaternario. Por tal razón, la mayor parte del basamento geológico se constituye por rocas volcánicas con sedimentos de materiales de erosión no consolidados. En cuanto a sus recursos hídricos, se encuentra en la vertiente fluvial del Pacífico y cuenta con importantes ríos que nacen en las faldas del Volcán Barú. Corren por sus montañas el río Majagua con 70 km de longitud, ayudando a irrigar fincas agrícolas; el río

Cochea con varios Brazos, con longitud de 85 km. Este último contribuye al desarrollo de la industria caficultora y la generación de energía eléctrica (Municipio de Dolega, 2018).

Su cobertura boscosa y uso del suelo corresponde a bosque intervenido y rastrojos de tierras bajas de 701 a 1200 metros. Esto quiere decir que posee formaciones naturales cerradas con alteraciones visibles y no visibles en la cobertura de capa, estructurada y composición del bosque, causada por la intervención humana o por fenómenos naturales (Municipio de Dolega, 2018).

Biodiversidad

Una pequeña franja en el sector norte del corregimiento pertenece al área protegida del Parque Nacional Volcán Barú, dentro de la cordillera de Talamanca. Alberga una cantidad significativa de especies animales y vegetales. En sus bosques, posee una diversa flora silvestre, que incluye especies resistentes al fuego y sequías como chumico, faragua y hierba de caballo. Los ríos están rodeados de bosques que evitan la erosión por las lluvias. La fauna existente se caracteriza por la gran variedad de aves, reptiles y mamíferos. Entre los que se encuentran: aves acuáticas, gallinazos, lechuzas, el alcatraz, colibrís, águilas y tucanes de cuello amarillo, boas, jabalíes, monos, tortugas (Municipio de Dolega, 2018).

Según el Atlas Ambiental de la República de Panamá, 2010, Potrerillos cuenta con cinco tipos de suelos. Los de Categoría III y IV son arables y los de Categoría VII y VIII son no arables con limitaciones muy severas (Municipio de Dolega, 2018).

Población y actividades

“Cientos de años atrás, cuando el sol, el cielo y las montañas eran los signos que atraían la mirada del habitante primitivo, aquí en estos llanos abiertos, las miradas de los primeros Doraces se alzaban hacia el infinito y la belleza suprema del cielo azul, de las altas montañas y del abierto horizonte, fueron fuerzas que atraieron sus miradas y encaminaron sus pasos” (Los indios Doraces, 2012)

La razón vital determinante de la ubicación de los palenques doraces era la existencia de una fuente de agua potable en un “go” o bosquecillo a cuya sombra podían descansar. Dolega, en especial, debe su nombre a la abundancia del colibrí o visitaflor: dole = colibrí; gó = mata. A la llegada de los españoles, la tribu de los doraces era una de las más numerosas, con habilidades artísticas y culturales avanzadas y, aunque hoy desaparecida, tiene una influencia marcada en el modo de vida de los habitantes de esta región (Los indios Doraces, 2012).

La población actual de Potrerillos, según los resultados del censo del 2023, es de tipo rural y corresponde a 1880 habitantes (ver Figura 79). A pesar de ser el corregimiento más grande de Dolega, posee la menor densidad entre sus corregimientos: 34 habitantes por km² (INEC, 2023).

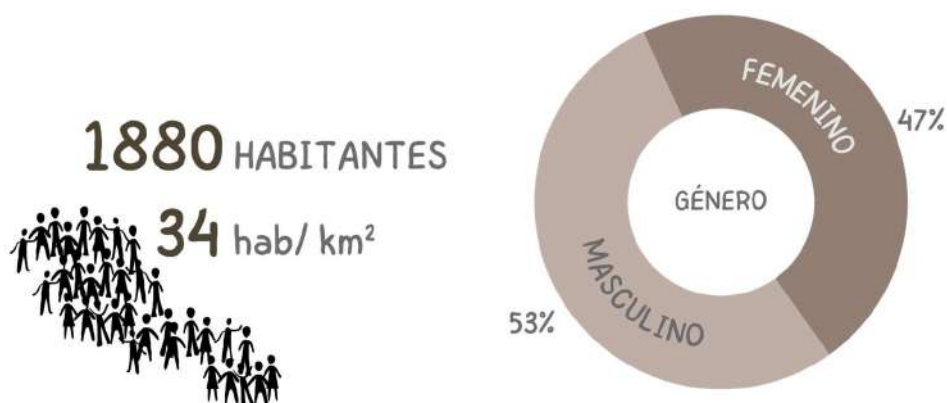


Figura 79. Gráfico de habitantes y densidad de Potrerillos. Adaptado de: INEC (2023).

Entre las principales actividades económicas de los habitantes destacan la agricultura y la ganadería. En su campiña, a partir del procesamiento de la caña de azúcar en trapiches, obtienen panela y miel. Con esta agroindustria, junto a Potrerillos Abajo y Rovira, abastecen el 64% del mercado nacional (Díaz, 2003). En la encuesta realizada en el censo 2023, se consultó a los jefes de familia de los 570 hogares que habitan el corregimiento, sobre el tipo de actividades que han realizado. Los resultados se muestran a continuación en la Figura 80.



Figura 80. Actividades realizadas por los jefes de familia de Potrerillos. Adaptado de INEC (2023).

Cerca de la mitad de ellos, está o ha estado relacionado con actividades agropecuarias. El interés por producir y transportar estos productos se ha traducido en la búsqueda de la conectividad con el resto de la provincia. Evidenciado desde 1915, con la construcción del Ferrocarril Nacional de Chiriquí, que tenía dos direcciones al momento de su funcionamiento: una de Dolega hacia Potrerillos y otra hacia Boquete. Actualmente, la carretera David-Boquete, es la vía principal del distrito de Dolega. Su construcción, rehabilitación y ensanche, en el 2013, buscaba contribuir a transportistas, agricultores, ganaderos y comerciantes e impactar positivamente las actividades económicas (Municipio de Dolega, 2018).

Para dar a conocer su riqueza artesanal, cultural, folclórica y agropecuaria, realizan una feria desde 2022. Su segunda versión tenía el lema “La sucursal del cielo”. Para el Ing. Ricardo Rodríguez (comunicación personal, 2023), entonces presidente del Patronato: “esta iniciativa es una vitrina para dar a conocer el trabajo de los artesanos y comercializar la producción agrícola y pecuaria de la región.”

Educación y salud

A nivel educativo, Potrerillos tiene cuatro (4) centros de enseñanza. El total de matrícula es de 313 estudiantes, quienes reciben clases impartidas por 18 docentes. El corregimiento registra un promedio de 6.1 años aprobados, equivalentes al nivel de educación primaria. Es importante señalar que, según la CEPAL, para que los habitantes superen las condiciones de pobreza, deberían completar el promedio de 13 años de educación aprobados. En el caso de Potrerillos, este promedio es menor al promedio general de Dolega (8.7 grados) y según el Plan de Desarrollo Distrital de Dolega, es necesario un gran esfuerzo para mejorar y elevar los niveles de educación. Como palabras poderosas, añaden que esta debe ser la meta “tanto a nivel del sistema formal, como del **no formal**” (Municipio de Dolega, 2018).

A nivel de salud, el corregimiento cuenta con el Sub-centro de Salud de Potrerillos Arriba. Siendo necesario que se trasladen para ser tratados en otros centros hospitalarios de la región.

Índice de pobreza multidimensional y materialidad de viviendas

El índice de Pobreza Multidimensional (IMP) es una medición que refleja las múltiples carencias que enfrentan las personas pobres al mismo tiempo en distintas áreas como educación y salud. De acuerdo con la Iniciativa sobre Pobreza y Desarrollo Humano de Oxford (OPHI), organismo a cargo de la Secretaría de la Red de Pobreza Multidimensional (MPPN), el IPM refleja tanto la incidencia de la pobreza multidimensional, como su intensidad. La incidencia, es la proporción de personas en una población que son pobres multidimensionales y la intensidad es

el número promedio de carencias que cada persona pobre experimenta al mismo tiempo. Su estudio permite crear una imagen completa de las personas que viven en la pobreza y hacer comparaciones en diversas escalas de territorio (OPHI, s/f).

Según los resultados del índice de Pobreza Multidimensional (IPM-C) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el corregimiento de Potrerillos arroja 0.102. Este índice no es tan alto en comparación con el de 0.800 del corregimiento de Guoroní, en la comarca Ngäbe Buglé. Pero sí es más bajo que el de seis (6) de los corregimientos vecinos en el distrito de Dolega (PNUD, 2020).

Los resultados para Potrerillos se resumen a continuación en la Figura 81.



Figura 81. Resumen Índice de Pobreza Multidimensional de Potrerillos. Adaptado de: PNUD (2020).

Se podría decir que uno (1) de cada cuatro (4) habitantes de Potrerillos es pobre multidimensionalmente.

Estos datos reflejan niveles altos en cuanto al trabajo (desempleo y precariedad) y educación (asistencia escolar y logro educativo) y en menor medida, pero igual de relevantes, en los demás indicadores. Si bien, todos los indicadores y dimensiones son analizados desde una matriz con umbrales determinantes, prestamos especial atención a uno que ratifica la relevancia de esta investigación: la vivienda y su materialidad.

Para el PNUD (2020), el índice será alto: “Si en el área urbana la casa cuenta con paredes de madera, quincha, adobe, metal, palma paja o penca caña o **bambú** o palos, otros materiales

(cartón) o sin paredes, o si el material de los techos es de madera, palma, paja, pencas u otros materiales, o si el material de los pisos es de madera, tierra u otros materiales.”

Con la medición de este indicador, se sugiere que los materiales naturales locales, como el bambú, son considerados como precarios. Girando la mirada del progreso únicamente a los materiales industrializados como cemento, bloques y metales.

Pero, ¿cómo se espera que sea una vivienda adecuada?, ¿será considerada digna simplemente por estar hecha de concreto o zinc?

El derecho a una vivienda adecuada fue reconocido en la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948 y en el artículo 11.1 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de 1966. Subrayando que este derecho no debe interpretarse de forma restrictiva. Más bien, debería verse como el derecho a vivir en algún lugar en condiciones de seguridad, paz y dignidad. Apuntando a estos siete (7) factores claves: seguridad de la tenencia, disponibilidad de servicios, materiales, instalaciones e infraestructura, asequibilidad, habitabilidad, accesibilidad, ubicación y adecuación cultural (Naciones Unidas, s/f).

Esto nos lleva a cuestionarnos: ¿Sería posible que una vivienda cumpla con estos factores siendo construida con materiales naturales? ¿Será que, independientemente del material, conocer las técnicas y estudiar el sitio podría ser más determinante para la calidad de vida de sus habitantes?

Se plantea que la manera en que se construye la vivienda, los materiales de construcción utilizados y las políticas en que se apoyan deben permitir adecuadamente la diversidad de la vivienda. Afirmando que: “en las sociedades en que los materiales naturales constituyen las principales fuentes de material de construcción de vivienda, los Estados Parte deberían adoptar medidas para garantizar la disponibilidad de esos materiales” (Naciones Unidas, s/f).

Respecto a las viviendas censadas en Potrerillos en 2023, se contaron 563 con personas presentes, de las 904 que cuentan como viviendas. Los tipos de vivienda y tenencia se resumen a continuación en la Figura 82.

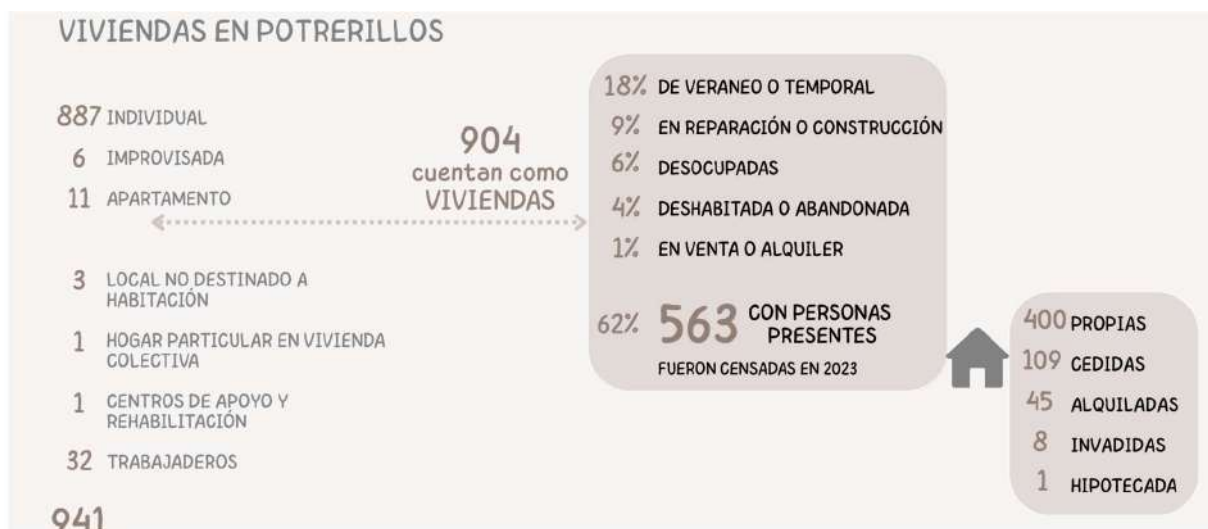


Figura 82. Tipos y tenencia de viviendas en Potrerillos Arriba, según el censo del INEC, 2023.

En cuanto a la materialidad, como se observa en la Figura 83, la mayoría de las viviendas tienen paredes de concreto, piedra, bloque o ladrillo y techos de zinc o aluminio. Seguido, aproximadamente 73 casas tienen paredes hechas de tabla de madera local. Un 4%, 22 casas, tienen paredes de zinc.



Figura 83. Materialidad de paredes y techos de las viviendas de Potrerillos. Adaptado de: INEC (2023).

En cuanto a los pisos, la mitad de las casas tienen pavimento de concreto. Un 37% tiene mosaicos o mármol y en menor medida, 34 viviendas tienen piso de tierra y las otras 34 tienen piso de madera. (ver Figura 84)



Figura 84. Materialidad de piso de las viviendas de Potrerillos. Adaptado de: INEC (2023).

Respecto a los servicios esenciales de las viviendas censadas, rescatamos los datos de: agua, alumbrado, cocina, residuos y sanitario (ver Figura 85).

El agua que utilizan proviene en gran parte del acueducto del IDAAN, aunque un número significativo está conectado al acueducto público o a uno particular. La mayoría tiene tanque séptico, aunque cerca de 90 viviendas utilizan sanitario hueco o letrinas.



Figura 85. Servicios esenciales de las viviendas de Potrerillos. Adaptado de: INEC (2023).

En cuanto al alumbrado, la mayoría está conectado a la compañía eléctrica, algunos se siguen alumbrando con linternas o lámparas portátiles y un 6%, equivalente a 34 viviendas, capta

la energía solar a través de paneles solares. Un 91% utiliza gas para cocinar, mientras que 39 jefes de hogar reportaron que utilizan leña.

Un dato preocupante en el manejo de residuos es que el 23% de las viviendas, aproximadamente 129 de ellas, incinera o quema la basura. Más de la mitad de la basura es recolectada, más no clasificada. En menor medida, se entierra o deja en terrenos baldíos.

Problemáticas ambientales

En la documentación revisada no se especifican problemáticas para el corregimiento de estudio, si no a nivel distrital. El Municipio de Dolega (2018) lista los siguientes:

- Deforestación, incendios y quemas.
- Amenazas y pérdidas de la biodiversidad (fauna y flora) y deterioro del ecosistema.
- Contaminación con agroquímicos y por el manejo inadecuado de los desechos sólidos.
- Potenciales cambios como efecto del cambio climático: variaciones en el volumen y distribución de las lluvias, temperaturas, aumento en la intensidad y magnitud de tormentas.

¿Qué se percibe?

Para llegar a Potrerillos Arriba desde la ciudad de David, tomamos la Vía Boquete hasta acercarnos a Dolega. En este trayecto, la altitud incrementa y el paisaje se va tornando cada vez más verde y amplio.



Figura 86. Estructura temporal hecha con bambú en vía hacia Potrerillos.

El recorrido continúa hasta llegar a una intersección, marcada por una estación de gasolina. Hacia la izquierda, la calle dirige hacia Potrerillos Abajo y Potrerillos Arriba, mientras que, hacia el otro lado, conduce hacia el distrito de Boquete (ver Figura 86). En este punto de concurrencia en forma de Y, la primera estructura vista, junto a un carro de comida, está hecha con varas de bambú.

En una ubicación tan privilegiada y concurrida, el bambú parece haber sido planteado como una solución de construcción temporal a bajo costo, buscando proteger a los comensales del sol y la lluvia. La intención es buena, sin embargo, la cubierta de zinc sin aleros y el contacto de las varas directamente con el suelo, deja sin protección a las varas y hace irreversible su desgaste. La otra estructura tiene mayor altura y una inclinación marcada. Esta cubre el área de pedidos. Sin embargo, la lona que lo protegía ya no cumple esta función.

Analizando el uso del bambú en esta estructura, concluimos que:

1. Hay material local y alguna noción sobre su aprovechamiento constructivo.
2. El carácter emprendedor del distrito lleva a la búsqueda de soluciones prácticas.
3. La estructura tiene una ubicación aprovechable y con gran visibilidad.
4. Hace falta mejorar la técnica, protección por diseño y tratamiento adecuado del material.



Figura 87. Paisaje de Potrerillos en un atardecer de febrero.

Durante los siguientes 15 minutos, antes de llegar a nuestro corregimiento de estudio, comenzamos a sentir el clima fresco (ver Figura 87). Entre montañas y llanuras cubiertas de mantos verdes (potreros), cultivos, rocas volcánicas y gran biodiversidad, Potrerillos recibe a sus visitantes.

Sobre la arteria principal, Avenida Central, encontramos los edificios institucionales: la Junta Comunal, el MIDA y el Subcentro de Salud. Como zonas recreativas, hay un pequeño parque y una cancha de Basquetbol. En medio de estas edificios y viviendas, habitan grandes árboles y plantas exuberantes, entre las que se asoma también el bambú (ver Figura 88).

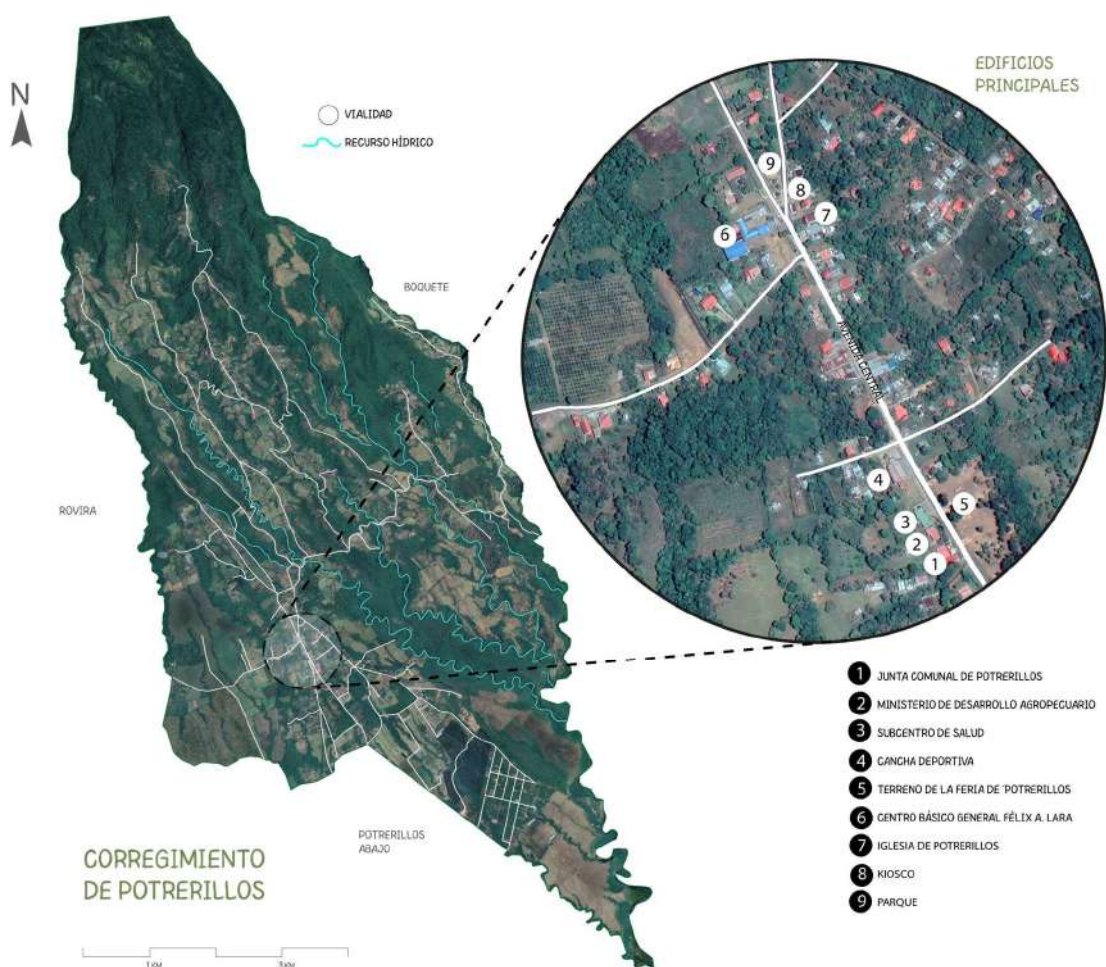


Figura 88. Localización y edificios principales de Potrerillos. Elaboración propia, adaptado de Google Earth.



Figura 89. Arquitectura de Potrerillos Arriba y edificios principales.

Entre los comercios, hay pequeñas tiendas de supermercado, agropecuarias y bares. Los niños asisten al Centro Básico General Félix A. Lara, que se encuentra frente a la Iglesia de la comunidad y al lado del Centro Diocesano San Juan Pablo II (ver Figura 89).

Justo después de pasar la iglesia, hay una pequeña fonda en la que se vende “almojábano”, plato tradicional del distrito. Luego de esta, la avenida se cruza con Ave. Francisco Lara González, formando una intersección en forma de “Y”. Allí hay una pequeña plaza con bancas en la que se puede ver a la gente compartiendo y saludando a los vecinos.

A medida que nos alejamos de ese pequeño centro, se observan casas y pequeñas fincas, con mucha vegetación. Encontramos instituciones un poco más escondidas, como la Infoplaza y dos edificios del Ministerio de Desarrollo Agropecuario.

En todas las edificaciones mencionadas, los materiales predominantes son el concreto y metales. Pero, a medida que observamos las casas, en medio de los patios y estructuras pequeñas, se asoman otras materialidades y las soluciones ingeniosas de la comunidad.

La madera, piedras, palos o metales reutilizados dan materialidad a viviendas, anexos, ranchos o pequeños kioscos de venta. El contraste del paisaje natural con estas intervenciones puede apreciarse a continuación en la Figura 90.



Figura 90. Soluciones materiales en el contexto paisajístico de Potrerillos.

La idea de la materialidad, relacionada con el derecho a la vivienda adecuada y los aspectos mencionados anteriormente, está muy presente en este recorrido (ver Figura 91).

Una vivienda hecha de zinc y madera, sobre una de las vías principales, nos hace repensar sobre qué es adecuado, ¿cuáles son los elementos adecuados? y ¿de qué manera una solución constructiva puede insertarse en un territorio y contexto como el que estamos recorriendo, en un equilibrio entre calidad de vida de los habitantes y adaptación al clima y al sitio?



Figura 91. Vivienda de zinc y madera en una de las vías principales de Potrerillos Arriba.

A medida que nos adentramos los caminos son más empinados, algunos de piedra y tierra que conducen hacia las fincas productoras (ver Figura 92).



Figura 92. Calles y caminos de Potrerillos Arriba.

Desde el camino comenzamos a ver estructuras en forma de “T” hechas de bambú y troncos de madera, que se alinean para guiar los cultivos. Aparte de estos “techitos”, para otros cultivos, se utilizan las estacas de bambú. También, se levantan marcos para estructuras e invernaderos, indispensables en las tareas agrícolas.



Figura 93. Usos del bambú en la agricultura: techitos y guía de cultivos.

Se percibe que la comunidad de Potrerillos es productora, relativamente pequeña y unida y que aprovechan los recursos que están a su alcance para labrar la tierra y obtener alimentos localmente. Son consumidores y también productores, en un ritmo de vida que se basa en una relación cercana con el entorno natural, mientras lo intervienen e interaccionan con él diariamente. Aparte de ello, observamos que existen algunas fuentes de trabajo además de la producción y el comercio, como una industria cítrica.

¿Qué piensa su gente?

Como parte medular del diagnóstico del corregimiento, llegamos al punto de conocer a sus habitantes. Esto con el objetivo de tener una idea más acertada sobre cómo es la vida en Potrerillos, su cultura, economía, actividades, necesidades, aspiraciones, logros y retos. La entrevista, se basó en dos (2) partes. La primera, buscaba conocer a los vecinos, para posteriormente ahondar en su percepción individual sobre Potrerillos. La última parte del cuestionario profundiza en el bambú, incluyendo el análisis sobre uso actual, presencia del recurso y su potencial aprovechamiento en el corregimiento.

Análisis de resultados sondeos y entrevistas



Figura 94. Gráficos de perfiles de los entrevistados: género, edad y ocupación.

Los datos y gráficos son la compilación de los resultados de las 30 visitas y encuentros con los vecinos de la comunidad. Esto como parte de un proceso colaborativo de comprensión sobre los aspectos esenciales para el desarrollo de una propuesta cónsona y alineada con la realidad y que, dentro de lo posible, pueda tener un impacto positivo para su población.

Las personas encuestadas, son habitantes del corregimiento de Potrerillos Arriba en un rango de edad de 16 a 85 años. Un 63% corresponde al género masculino y 37% al género femenino. Una tercera parte de la muestra tiene entre 56 y 75 años, seguido del 30% que se encuentra en el rango de 36 a 55 años. La participación de jóvenes de 18 a 25 años y menores de 18 corresponde al 17% y 10%, respectivamente. De igual manera, contamos con el aporte de un 10% de personas mayores de 76 años.

En cuanto a su ocupación, los vecinos se dedican a actividades diversas, siendo las principales: agricultura y producción (27%), administración, comercios y emprendimientos (26%) y labores domésticas (17%). En adición, tuvimos la oportunidad de coincidir y escuchar a constructores, ebanistas, estudiantes, docentes y periodistas. Esta variedad de perfiles se ve reflejada en las distintas perspectivas planteadas.



Figura 95. Paisaje de agroforestería en Potrerillos Arriba.

FODA

Para el análisis integral del corregimiento, nos basamos en lo que señalan sus habitantes respecto al día a día, la situación actual y visiones orientadas al empuje y crecimiento de este. Uno de los aspectos sobresalientes de estas conversaciones, es que la mayoría coincide en 3 factores determinantes que dan valor e identidad a Potrerillos: su gente emprendedora y trabajadora, el clima favorable y la productividad de sus tierras fértiles. El resumen de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas se muestra en la Figura 96, presentada a continuación:



Figura 96. FODA de Potrerillos Arriba.

Necesidades y propuestas

Cuando le preguntamos a los encuestados su perspectiva y consideraciones sobre las necesidades de la comunidad, se logró un debate interesante, resultando no solo en una lista de problemáticas, sino en las propuestas, ideas y sugerencias para impulsar las mejoras anheladas. Sintetizándolo, logramos identificar que existen falencias en seis (6) aspectos principales, detallados a continuación:

1. Producción y venta. Hace falta impulso al productor y promover la venta de lo que se produce. Entre los planteamientos para lograrlo señalan el mejoramiento de los caminos de producción. Además del apoyo requerido para llevar a cabo más ferias agrícolas que sirvan de vitrina para los productos locales, los vecinos comparten la visión de que sería provechoso que los organismos gubernamentales se involucren en la creación de políticas, instructivos, capacitaciones en nuevas tecnologías, contribuir a la baja del costo de los insumos necesarios para producir y, sobre todo, en generar incentivos encaminados al progreso y desarrollo de iniciativas de los productores.

Por ejemplo, actualmente están en funcionamiento más de 20 trapiches dedicados a la producción de panela. Si se recibiera ayuda para adecuar y mejorar las instalaciones, se podrían ofrecer recorridos para conocer sobre los procesos y darles valor a estas técnicas tradicionales, tal como se hace con el café y el ron en otras regiones.

2. Reconocimiento. Potrerillos es una tierra productora, con un clima y vegetación característico de las tierras altas chiricanas. No obstante, no recibe estos méritos, en comparación con Volcán, Boquete y Cerro Punta. Incluso, cuando algunos productos son exportados y vendidos en las cadenas de supermercados del país.

3. Educación. Entre los puntos más destacados, se plantea que es importante mejorar la educación profesional e implementar en el ciclo básico educativo un plan de estudio acorde con las necesidades del mercado profesional, que incluya y garantice la formación de los valores básicos de la comunidad. Alineado con esta idea, se considera que promover la creación de un colegio agrónomo en Potrerillos sería una buena forma de impulsar el crecimiento del corregimiento.

Actualmente, al no impartirse educación media, los jóvenes deben trasladarse a buscar oportunidades de aprendizaje en otras zonas de la provincia, dando lugar a la migración.

4. Salud. Los casos médicos son atendidos en un subcentro de salud. Las deficiencias en este tipo de servicios están ligadas regularmente a la falta de recursos o personal de atención.

5. Actividades económicas. Hay una poca diversificación de las actividades económicas del corregimiento, que desencadena en la falta de plazas de trabajo local y pocas alternativas para generar ingreso económico. Tomando en cuenta que: “si te contratan, es en David y el salario se va en pasajes de bus.”

Además de aprovechar el clima y las tierras para la producción, existe un gran potencial turístico no explotado en el corregimiento. Los vecinos consideran que no se saca provecho a lo que ofrece el lugar, sino que es considerado como un corregimiento de paso. Resaltan la importancia de apoyar iniciativas de personas que ya tienen negocios como restaurantes y hospedajes, para llevarlos a niveles aceptables y mejorar el aspecto para atraer turistas locales y extranjeros. A su vez, consideran que hacen falta farmacias, ferreterías, panaderías y supermercados.

En cuanto a los pequeños emprendimientos, que incluyen la mueblería, artesanía, venta de plantas, comida, entre otros, se sugiere el establecimiento de un mercado permanente para la exhibición y venta y beneficiar a que, estos emprendedores, puedan recibir ingresos económicos y dar otro punto atractivo al corregimiento.

6. Vialidad y espacio público. Además de la construcción de carreteras, que son necesarias para las actividades principales, se plantearon otras ideas relacionadas al mejoramiento de la experiencia de transitar y recorrer el corregimiento. Se insta a ejecutar proyectos para mejorar la imagen de la comunidad y crear fuentes de trabajo, tales como construcción de una estructura vial adecuada con jardines, señalizaciones, iluminación, sitios para recolectar desechos debidamente clasificados, entre otros. Se hacen necesarios, además, los espacios públicos para el encuentro y actividades de recreación, ya que actualmente no se cuenta con este tipo de espacios y se utiliza la cancha de basquetbol para la mayoría de los eventos organizados por la comunidad.

Aprovechamiento de recursos y forma de vida

Para conocer sobre la relación de los habitantes de Potrerillos con el entorno y el aprovechamiento de los recursos, les pedimos que listaran los alimentos obtenidos directamente de su patio para consumo en el hogar. El 100% de los entrevistados recolecta al menos tres (3) de los siguientes alimentos: maíz, tomate, frijoles, yuca, otoi, guineo, plátano, caña, porotos, pepino, limón, naranja, zapallo, chayote, pimentón, guandú, culantro, ají, tomatillo, pipa, arveja china, arveja arrugada, café, habichuela y saril. A mayor escala, quienes se dedican a la agricultura, tienen cultivos como pepino, tomate, lechuga, papa, caña, pimentón e incluso zucchini. Estos productos de calidad obtenidos son destinados a la venta en mercados, ferias y cadenas de supermercados del país.

Algunos se dedican a la ganadería y, en más de uno de los patios visitados, las gallinas tienen su lugar en el consumo del hogar.

Habitar y materialidad

En cuanto a la materialidad principal de las viviendas de los encuestados, comprobamos que en las 30 viviendas está presente el bloque, concreto, zinc y metales. Mientras que, en el caso de los materiales de origen natural consultados: madera y bambú, tienen lugar en siete (7) de las casas y en tan solo dos (2), respectivamente.

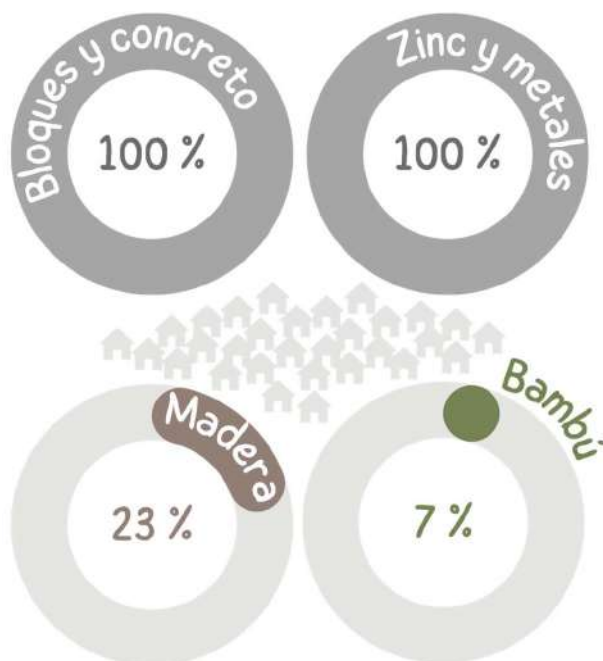


Figura 97. Gráfico de materialidad de viviendas de los entrevistados

Sobre la presencia de bambú como material en su propiedad, el 47 % contestó que actualmente lo podemos encontrar en alguno de los siguientes elementos: gallineros, galeras de trapiche, invernaderos, camas para cultivos, cercas, ranchos de fogón, soportes de antena, estructura de viveros o estructuras para cubiertas de zinc.

Dentro del otro 53% resaltan comentarios como: “No. Pero siempre me ha llamado la atención hacer una casita de forma económica, utilizando bambú.”



Figura 98. Gráfico de uso del bambú en la vivienda de los entrevistados.

El bambú en Potrerillos Arriba

Acercándonos más al bambú como objeto de esta investigación, hicimos preguntas a los vecinos que nos permitieran entender su relación con la planta, sus conocimientos, percepciones y utilización, hasta determinar su interés en aprovechar este recurso local.

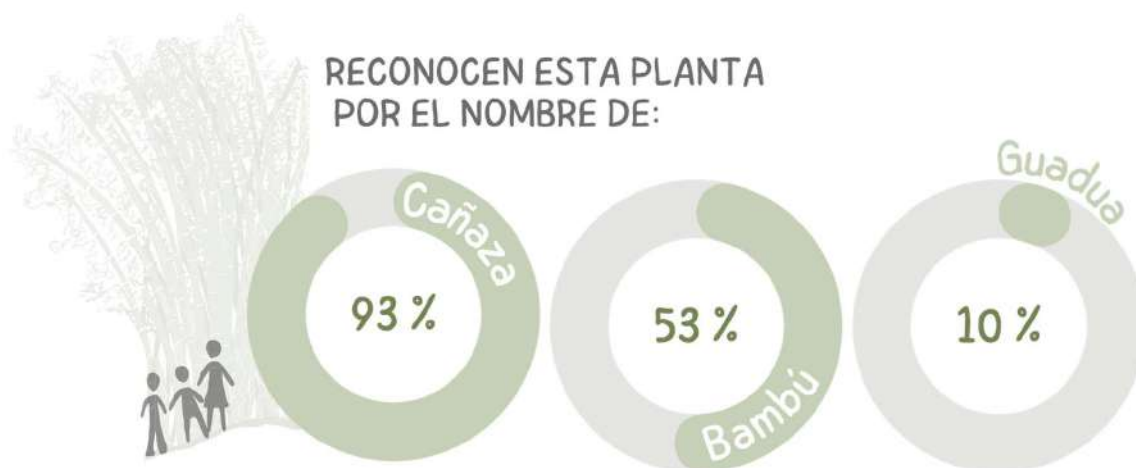


Figura 99. Gráfico de reconocimiento del bambú por parte de los entrevistados.

Iniciamos comprobando que, coloquialmente, al bambú se le conoce como “cañaza” en esta región. Aunque, el 53% lo conoce por ambos nombres (bambú y cañaza). Por otro lado, algunos lo reconocen también por el término de “guadua”.

Quando preguntamos sobre la presencia del bambú en sus terrenos, el 44% confirmó que sí. De estas aproximadamente 13 plantas de bambú, cuatro (4) fueron sembradas y nueve (9) crecieron naturalmente en el sitio (ver Figura 100).

¿HAY BAMBÚ EN SU TERRENO?

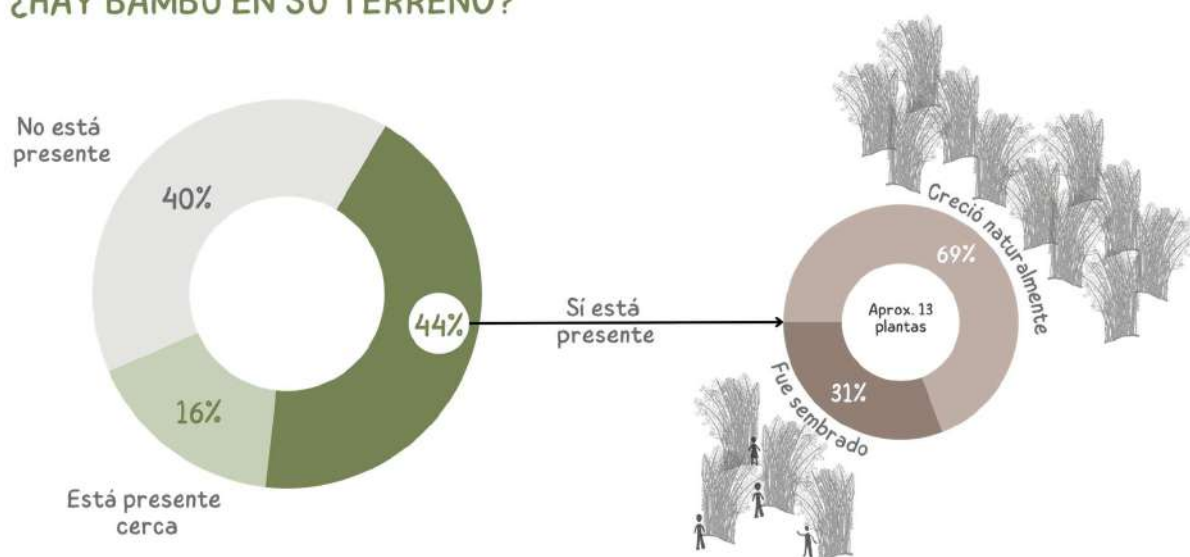


Figura 100. Gráfico de presencia del bambú en el terreno de los entrevistados.

A parte de la presencia de bambú en sus terrenos, nos interesaba hacer un diagnóstico sobre el acercamiento con la planta y saber qué conocimientos tenían sobre ella.

Para establecer un punto de partida general sobre las especies que pudieran estar presentes, preguntamos sobre el color del bambú y características que habían visto en el área.

¿DE QUÉ COLORES HA VISTO BAMBÚ EN POTRERILLOS?



Figura 101. Gráfico de reconocimiento de colores de bambú por los entrevistados.

Un 10% comentó que había visto bambú de color amarillo, probablemente refiriéndose a *Bambusa vulgaris vittata*. Un 95% comentó que había visto bambú de color verde de distintos tamaños, lo que nos hizo pensar, inicialmente, en que podrían ser del género *Guadua* y algún bambú ornamental del género *Phyllostachys*. El 5% de los entrevistados reconoció bambú de color negro, presuntamente *Gigantochloa atrovioleacea* (ver Figura 101).

Lo más valioso del método de entrevista utilizado para recabar esta información es que brindaba el espacio para la opinión, anécdotas y conocimientos de los 30 vecinos, que nos permitieron validar que en el corregimiento hay personas que,

En cuanto a especies y manejo:

- Han visto bambú en Potrerillos y reconocen especies.
- Han visto bambú en Potrerillos, pero no tienen conocimiento sobre las variedades de especies. Tienen conocimiento sobre manejo, corte, inmunización, etc. Por ejemplo, para comentar que es preferible cortar en la luna menguante.
- Han prestado atención a la apariencia del bambú, para poder detallar que, por ejemplo: es verde con anillos blancos o amarilla con rayas verticales verdes.

En cuanto a presencia:

- Lo han visto en las orillas de las quebradas y lo relacionan como fuente de reserva de agua.
- Reconocen que el bambú de su tierra no está cuidado o aprovechado. Simplemente, se madura, cae y vuelve a crecer.
- Transmiten opiniones escuchadas en el pasado, como: “puede ser dañino porque alberga a las culebras y se multiplica desordenadamente”, “antes la quemaban con agua caliente, porque no la querían”, o “solo los pobres lo utilizan”.

En cuanto a usos y valorización:

- Reconocen la flexibilidad del bambú para arcos y grandes construcciones, porque han visto referencias de estructuras y que también es posible que se doble con calor.
- Han visto que se utiliza bambú en paredes, repellando por dentro y dejando el entramado visto por fuera y barnizado.
- Han utilizado el bambú para estructuras sencillas por necesidad.
- Comentan que últimamente se le ha dado más valor, utilizándolo en el cultivo de tomate e invernaderos.

- Comentan que quienes tienen bambú lo regalan, o en algunos casos se vende a 2.00 o 2.50 dólares americanos cada vara.

Usos del bambú en Potrerillos Arriba

Ya sea en actividades agropecuarias, construcción, muebles, decoración o algún otro uso creativo, el 80%, 26 de los encuestados ha utilizado bambú alguna vez.

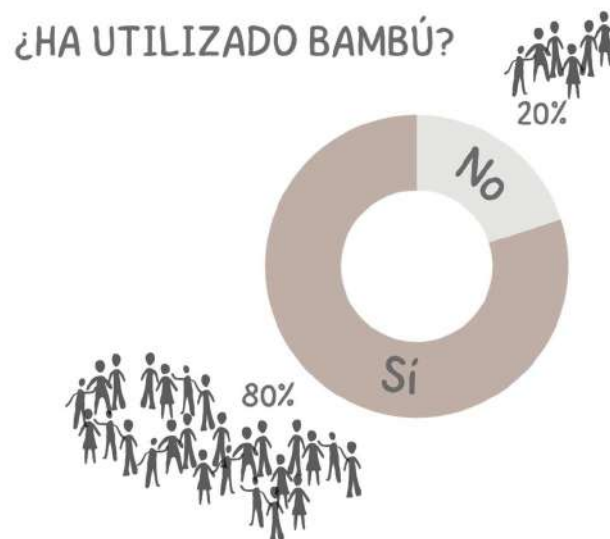


Figura 102. Gráfico de utilización de bambú por los entrevistados.



Figura 103. Uso del bambú en la cotidianidad de Potrerillos Arriba.

En cuanto a las actividades agropecuarias, afirmaron haber utilizado culmos de bambú como estaca o soporte para siembras de tomate, porotos, ñampí, ñame y otras enredaderas e

incluso como escalera y vara para tumbar frutas de los árboles. También, lo han utilizado en construcciones sencillas, como cercas, invernaderos artesanales, corrales para pollos y establos para vacas. En una de las casas visitadas, funcionaba para sostener una antena de tv (ver Figura 103).

La variedad de artesanías realizadas con bambú en algún momento de la vida de los entrevistados incluye desde alcancías, canastas, jaulas para pájaros o cuadros elaborados en la escuela, hasta muebles de terraza. Uno de los encuestados comentó que había tenido la idea de utilizar los canutos para arreglos de flores en lugar de envases plásticos, con el objetivo de ahorrar y darles otro valor a las decoraciones.

Respecto a las construcciones, las anécdotas demuestran la intención y credibilidad en las capacidades del material, sin embargo, no obtuvieron lo esperado. Por ejemplo, en uno de los casos se utilizó bambú en forma de esterilla para el cielo raso de la casa, pero fue atacado por polillas. Otro de los entrevistados afirma: “Construí una casa con bambú amarillo y pernos, pero no resistió. El dueño decidió rehacerla de bloques. El bambú crecía cerca del lugar, pero en el momento no sabíamos que tenía que ser curado o que el bambú verde es más resistente para construir. Seguramente lo afectaron los insectos.”

A pesar de que exista una noción sobre cómo construir y las posibilidades de transformación del bambú en ambos casos, notamos que existe falta de conocimiento sobre el recurso local y cómo garantizar que perdure.

Aprovechamiento

¿HA VISTO BAMBÚ EN ALGUNO DE ESTOS USOS?



Figura 104. Gráfico de principales usos del bambú vistos en Potrerillos Arriba.

Para tener una visión más amplia sobre el uso del bambú en Potrerillos, preguntamos en qué contextos o aplicaciones lo habían visto presente.

A nivel de corregimiento, los vecinos consideran que actualmente el mayor aprovechamiento del bambú se da en la agricultura, guía de cultivos e invernaderos, seguido de estructuras para la ganadería, gallineros y similares. También se observó en la construcción de ranchos y estructuras temporales y, en menor medida, en artesanías, muebles, viviendas y cercas.

Sobre el aprovechamiento del bambú surgieron algunas consideraciones. Por un lado, el 40% sostiene que las aplicaciones demuestran que sí se aprovecha, mientras que el 60% piensa que, aunque existe un potencial alto sin ser explotado, porque todavía no saben cómo hacerlo.

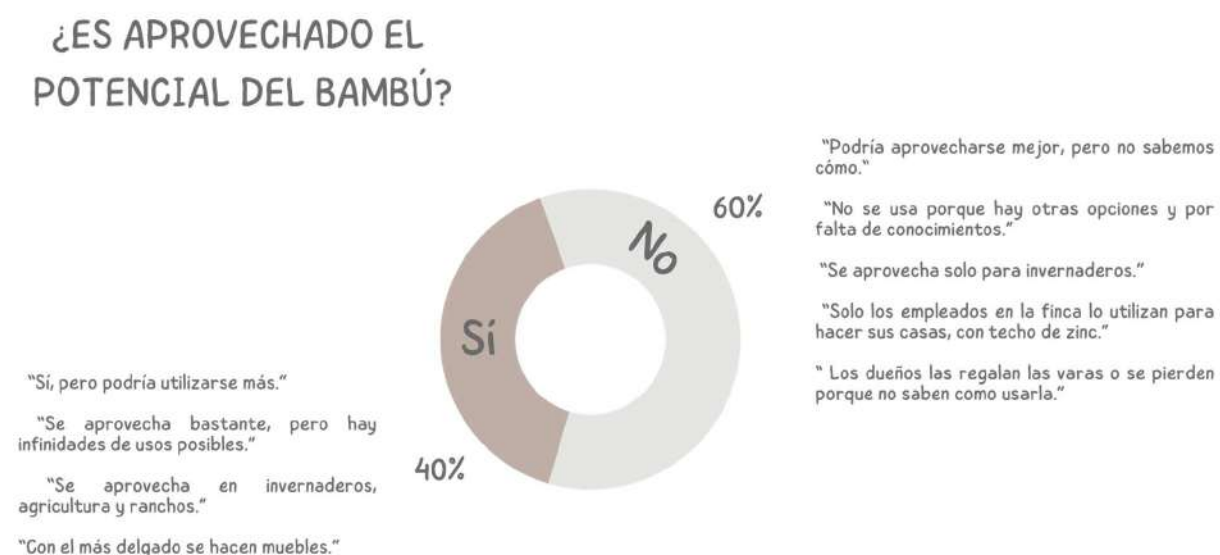


Figura 105. Gráfico de aprovechamiento del potencial del bambú.

Inventario diagnóstico de bambú e identificación de especies

Tal como describimos en el capítulo anterior, una de las principales limitantes al momento de promover el uso del bambú en Panamá es la inexistencia de un inventario. El mismo requiere de un trabajo experto y exhaustivo, y de herramientas especiales. Sin embargo, consideramos que es posible impulsarlo a través de un diagnóstico base, visitando y analizando los territorios, uno a la vez.

Así, dimos el primer paso para el inventario de bambú de Potrerillos. Nos dispusimos a mapear y documentar las plantas de bambú que encontrábamos durante nuestros recorridos. A partir de esa base, esperamos motivar a la comunidad a participar y realizar aportes hasta lograr tener un inventario completo y formal.

En las visitas, realizadas entre el 4 de junio de 2022 y el 13 de mayo de 2023, se hicieron 19 observaciones sobre cinco (5) especies distintas. Cabe destacar que estas fueron realizadas específicamente en la parte central del corregimiento, la mayoría de estas en terrenos visibles desde la calle.

La plataforma utilizada para cargar los datos es *iNaturalist*, un proyecto de ciencia ciudadana y red social en línea de naturalistas, científicos ciudadanos, y biólogos basada en el concepto de mapeo e intercambio de observaciones de biodiversidad a través del mundo. El proyecto, que denominamos: Bambú en Potrerillos Arriba, está abierto a la consulta y aporte de cualquier persona, local o foránea y está disponible en el siguiente enlace: <https://www.inaturalist.org/projects/bambu-en-potrerillos-arriba>

En la Figura 106, se muestra la página de inicio del proyecto en la plataforma, que permite acceder a las fotos y datos de las observaciones y su ubicación en el mapa. Ya sea que se trate de expertos o personas con poco o nulo conocimiento de especies, la aplicación es amigable al usuario y permite ubicar geográficamente y cargar fotografías de manera sencilla. *iNaturalist* permite que identificadores puedan validar la especie que sugiere el observador y así tener mayor certeza de la información. Los datos se actualizan en tiempo real, de manera que una vez sea cargada una observación, aparecerá en el mapa del corregimiento junto a los demás puntos de observación.

Hasta el momento, los géneros encontrados son: *Phyllostachys*, *Guadua*, *Dendrocalamus*, *Bambusa* y *Gigantochloa*. En la mayoría de los rodales localizados notamos una falta de cuidado y manejo. Esto evidenciado en varas caídas, varas maduras sin cortar, cortes realizados de manera incorrecta en los que hay agua lluvia contenida, entre otros hallazgos.

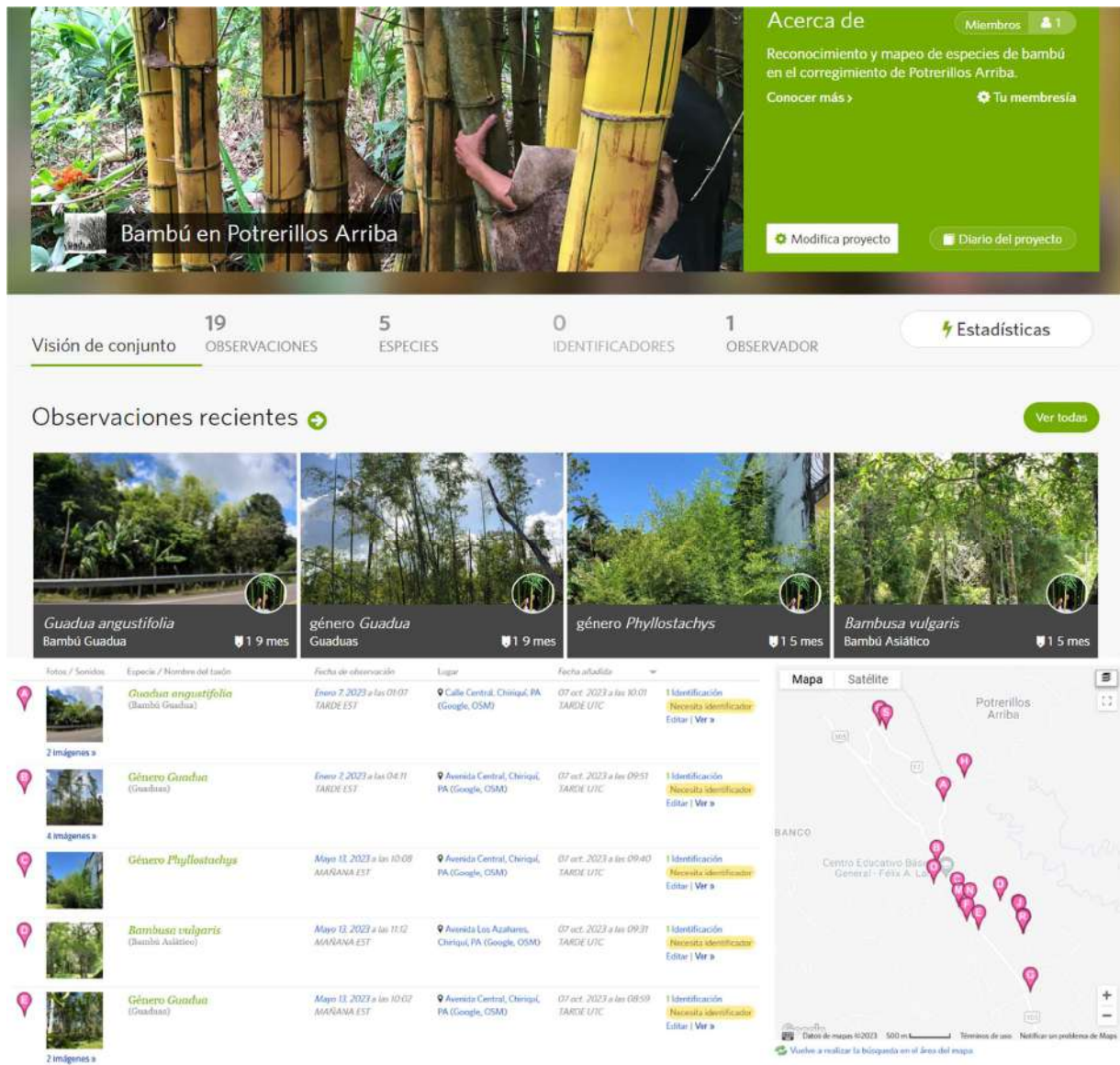


Figura 106. Vista del Proyecto "Bambú en Potrerillos Arriba" en la plataforma *iNaturalist*.
<https://www.inaturalist.org/projects/bambu-en-potrerillos-arriba>

En la Figura 107, se muestran las 19 observaciones realizadas. La plataforma permite cargar las imágenes al instante de la observación o posteriormente. Las imágenes guardan información georreferenciada, fecha y hora, que también se cargará automáticamente y pueden ser consultados fácilmente. Las entradas que tienen la etiqueta de: "grado de investigación" ya han sido validadas y confirmadas por otro identificador.

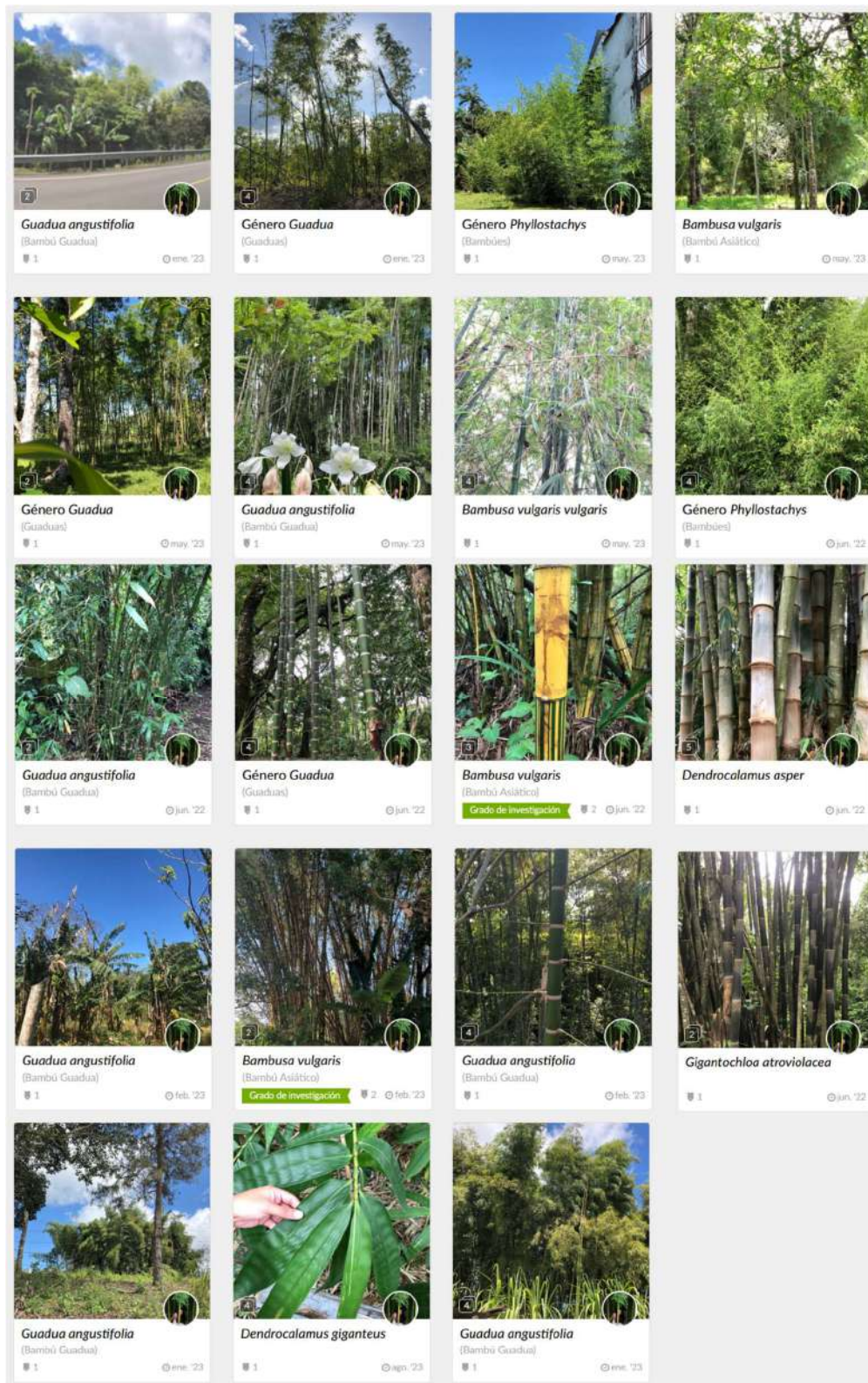


Figura 107. Entradas de observaciones de Bambú en Potrerillos, en la Plataforma iNaturalist.

Durante los recorridos, nos abrieron las puertas a conocer algunas de las plantaciones y su historia. Por ejemplo, el Sr. Jaime Pinzón (comunicación personal, 2023) nos contó que el bambú ha crecido naturalmente en el sitio y es aprovechado en la construcción de estructuras para vivero, cercas y cualquier necesidad que surja en su finca, como el marco de un pozo (ver Figura 108). Comparte que el corte es realizado durante la fase lunar menguante y las varas no son inmunizadas antes de su utilización.



Figura 108. Uso del bambú en uno de los puntos del inventario en Potrerillos Arriba.

Fue posible observar la diferencia en el estado de las varas según su protección por diseño. En una estructura en la que las varas están en contacto directo con la tierra y con pocos aleros, o a la intemperie, estas se ven afectadas por la decoloración y la presencia de humedad. Mientras que, por otro lado, la estructura del vivero, con techo de dos aguas y aleros amplios mantiene a las varas un poco más protegidas y en mejor estado.

Dentro del guadual, encontramos una vara con peculiares rayas longitudinales en tonos marrón. La misma podría tratarse, tanto de una variedad distinta o de una anomalía particular.

¿Por qué impulsar el bambú a través de un centro de capacitación?

La propuesta de crear un centro que se enfocara, de manera didáctica y experimental, en todos los procesos del bambú como planta y como material surge con el interés de impulsar a la comunidad a aprovechar en mayor medida el recurso local disponible. En las primeras visitas a Potrerillos, nos percatamos no solo de que había bambú y condiciones óptimas para su desarrollo, sino que, además, el bambú ya estaba siendo utilizado de manera recursiva y empírica para dar soluciones. Estas van desde estructuras simples, cercas, techos o ranchos pequeños, combinado con otros materiales, hasta un uso pronunciado en la agricultura para la guía de cultivos e invernaderos.



Figura 109. Mantenimiento y cambio de varas de bambú en un vivero de Potrerillos Arriba.

En el caso de los invernaderos, se combinan soportes de madera y estructura de bambú en dos niveles, una para soportar la liviana cubierta plástica y la otra para sostener los alambres que guían el cultivo de vegetales. Se utiliza solo bambú rollizo, unido con clavos o alambre a la madera. Al momento de visitar el invernadero de la Figura 109, estaban siendo reemplazadas algunas de las varas de la estructura, proceso que, según nos cuentan, realizan cada año.

Conversamos con el Ing. Ricardo Rodríguez (comunicación personal, 2023), quien nos comenta su propia experiencia: “Mi primer invernadero, el de ensayo, fue de bambú. Así comenzamos todos por el bajo costo del material. Luego pudimos hacerlos de metal.”

Entendemos que este tipo de estructuras para la agricultura son semipermanentes y que el bambú es sin duda, su primera opción cuando necesitan un material accesible y de sencilla instalación. Como otro ejemplo de ello, en las fiestas de fin de año 2022, el bambú formaba parte de los arreglos del parque de la comunidad (ver Figura 110).



Figura 110. El uso del bambú en las decoraciones navideñas de 2022 en Potrerillos Arriba.

Notamos que aspectos como las uniones, la fijación al suelo o la inmunización no eran determinantes. Aun así, estas estructuras temporales, tenían una fuerte intención y cumplían con la función para la que fueron proyectadas. Utilizaron bambú como “pilares y vigas”, lo que interpretamos como un concepto que alarga y conecta los “techitos” utilizados en la agricultura. Sobre estos se colgaban las luces navideñas, rodeando el árbol con un carácter de pórticos de bienvenida.

A un costado, levantaron un pesebre, construido con bambú y pencas. Un marco recibía en la entrada, con dos pilares de bambú enterrados en la tierra y un arco de PVC. La elección del arco de este segundo material nos llevó a la conclusión de que se utilizaba solo el bambú en su forma rolliza y que no se considera la posibilidad de transformarlo para generar curvas.

Otra muestra de que el bambú era la primera opción para soluciones efímeras fue la segunda versión de la Feria de Potrerillos, que se celebró del 26 al 29 de enero de 2023. En este caso, como se observa en la Figura 111, realizaron estructuras que funcionaban como stands para la exposición de productos y artesanías, combinados con otros materiales como madera, penca y zinc.



Figura 111. Uso del bambú en las estructuras temporales de la Feria de Potrerillos 2023.

En comparación con las estructuras navideñas, además de utilizar bambú rollizo, se cortó en latas para hacer barandales. Para las juntas, realizaron cortes de boca de pescado, uniones con alambres y algunos clavos o tornillos (ver Figura 112). La firmeza de los parales enterrados en la tierra y las conexiones de la estructura demuestran que existe una noción constructiva, aunque no muy especializada en la utilización del bambú. Encontrando, por ejemplo, rajaduras como resultado de realizar los cortes muy alejados de los nudos.



Figura 112. Uniones utilizadas en la construcción de estructuras temporales en la Feria de Potrerillos 2023.

Ninguna de las varas había sido inmunizada y algunas, aun secándose, dejan ver su color amarillo. Esto nos permitió darnos cuenta de que el bambú utilizado es de una planta de *Bambusa vulgaris vittata* que habita justo en el terreno.

En ambos casos de estructuras temporales, nos pudimos percatar de que el material es utilizado intuitivamente como solución por la población, por lo que ya conocemos: es local, accesible, con costo mínimo, manejable para ser cargado y manipulado y no requiere de equipo sofisticado para ser utilizado en construcción. No obstante, existe, por otro lado, una realidad en la que la escasez de recursos representa una limitante para las condiciones de vivienda y desarrollo de las actividades de algunos habitantes de la comunidad.

Por ejemplo, en el escenario de la Figura 113, convergen el bambú vivo y estructuras en torno a las cuales se refugia la vida familiar, los quehaceres, labores, juegos y descansos. Este encuentro nos lleva a pensar: ¿Qué impacto positivo podría tener el lograr reimaginar las condiciones de vida a través de la enseñanza de la bioconstrucción?



Figura 113. Bambú: planta y material constructivo, en una vivienda de Potrerillos Arriba.



Figura 114. Usos del bambú en una vivienda de Potrerillos Arriba.

Potencializar el uso del bambú para una mayor durabilidad, funcionalidad y belleza, se convierte en una de los principales metas en la capacitación del corregimiento.

Tras el análisis de estos casos, se fundamenta el motor del proyecto: brindar una oportunidad de reaprendizaje para la mejora de las técnicas de cuidado, manejo, tratamiento y uso, con el fin de lograr estructuras más seguras y protegidas y, principalmente, ampliar el panorama de posibilidades que puede brindar el buen manejo y aprovechamiento de este recurso como aporte al desarrollo socioeconómico y mejoras del corregimiento.

Interés en el bambú

El estudio sobre Potrerillos, lo observado, lo que dice su población y la perspectiva actual sobre la presencia y usos del bambú demuestran que el sitio tiene un alto potencial para llevar a ejecución un proyecto de capacitación. Sin embargo, su éxito dependería en gran medida del interés de sus habitantes. Enfocada en ello, la última parte de las entrevistas arrojó que el 90% de los encuestados considera que la comunidad tendría interés en aprender a sacarle provecho a este recurso.

Considerando que las ramas del aprendizaje con bambú pueden ser muy amplias, consultamos sobre los aspectos en los que les interesaría enfocarse. El 60% de los encuestados desearía conocer más sobre el bambú y ver cómo sacarle provecho, ya que están conscientes de que hay muchas posibilidades que desconocen. La construcción con bambú despierta el interés del 57%, mientras que al 53% le gustaría aprender sobre el manejo de la planta y los procesos de cultivo, crecimiento, corte y transformación. Por otro lado, a la mitad de los

encuestados, le gustaría utilizarlo para hacer artesanías o muebles y al 40% le gustaría tener ingresos económicos a partir del bambú de su terreno (ver Figura 115).

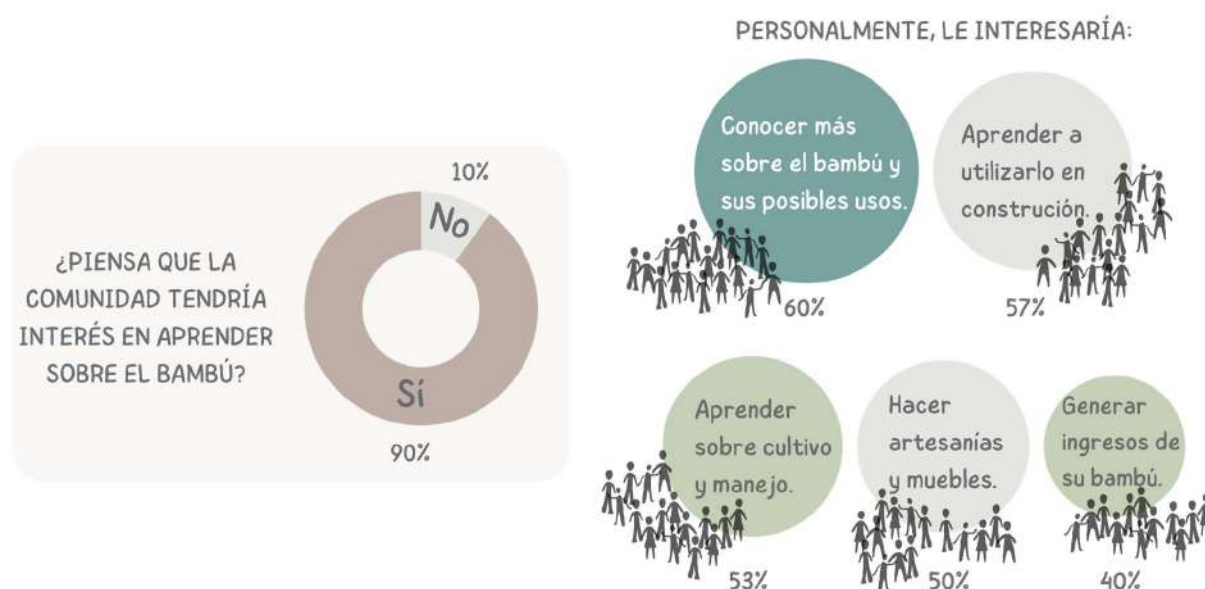


Figura 115. Gráfico de interés de capacitación en torno al bambú, según los entrevistados.

Estos 5 intereses sientan las bases para el desarrollo del plan maestro del Centro de capacitación, aunado al análisis del corregimiento y a lo que llamaremos “perfil del entusiasta”.

Perfil del entusiasta. ¿Para quién se construye el Centro?

El entusiasta es el usuario, pero también el cocreador del proyecto. Es para quien estará diseñado y a la vez quien terminará de definir su uso, alcance y evolución, a través de la vivencia del entorno, el espacio construido y las experiencias. Se abre las puertas a toda la comunidad en general, tomando como referencia a 8 perfiles de entusiastas, en los que se contempla la diversidad de intereses y posibles aportes.

1. Agricultores

- Son los principales usuarios de bambú actualmente.
- Valorarían un espacio para el intercambio de ideas y el mejoramiento de las técnicas actuales.

- Les interesaría aprender sobre reproducción, manejo, tratamiento y aprovechamiento de los rodales existentes, así como de futuras plantaciones para generar ingresos.

2. Trabajadores, comerciantes y emprendedores

- Tienen la visión de impulsar y diversificar la economía local, que es principalmente productora.
- Desean impulsar el reconocimiento y turismo de Potrerillos.
- Su carácter emprendedor y creativo encaminaría a Potrerillos a ver en el bambú una fuente de ingresos.

3. Diseñadores y constructores

- Algunos de ellos han experimentado con estructuras temporales.
- Algunos han incursionado en construcciones permanentes, que han fallado por técnicas utilizadas y falta de inmunización.
- Tienen noción constructiva y el potencial para reaprender técnicas, consideraciones y procesos que los lleven a hacer proyectos de calidad.



Figura 116. Construcciones actuales con bambú en Potrerillos.

4. Mujeres agro-emprendedoras

- Están organizadas desde 2022 como la Asociación de Mujeres Agro-emprendedoras de Potrerillos y, actualmente, son 17 miembros.
- Se dedican a la cocina, repostería, agro, la producción de panela, la artesanía y los tejidos.
- Encuentran potencial en explorar las posibilidades del bambú para mover la economía local y desarrollar sus habilidades en todos los aspectos posibles.

5. Ebanistas y artesanos

- Ya tienen la capacidad técnica de transformar materiales simples en piezas útiles y bellas.
- Tienen el poder creativo de utilizar los materiales que encuentran a la mano y no le tienen miedo a probar.
- Tienen una clientela formada y por ejemplo, de la primera silla de la Figura 117, se han vendido 3,000 unidades.
- Podrían abrirse a la oportunidad de desarrollar y patentar diseños, para impulsar la economía.
- Observan el potencial del bambú en tiempo de crecimiento, versus el tiempo que demoran los árboles maderables en crecer.



Figura 117. Muebles y artesanías en Potrerillos.

6. Educadores y estudiantes

- Los profesores y maestros tienen la oportunidad de educar a través de los procesos del bambú a estudiantes de cualquier edad.
- Los niños pueden empezar desde pequeños a encontrarle valor a lo natural, el cuidado ambiental y a pensar creativamente.
- Los adolescentes y jóvenes pueden explorar distintos talentos, transformando el material y preparándose para dar soluciones a sus necesidades.
- Los adultos pueden acceder a una educación especializada y convertirse en mano de obra calificada.

7. Curiosos e investigadores

- Pertenecen a distintas disciplinas y les llama la atención conocer más sobre el bambú, intercambiar saberes e inspirarse a aprovecharlo.
- Están abiertos a las posibilidades y a vivir experiencias distintas y de conexión con otros.
- Algunos ya han explorado y quieren mejorar sus técnicas para proyectos personales o de trabajo.
- Les interesa realizar exploración con la planta y el material, desarrollar investigaciones y documentación.

8. Visitantes

- Reconocen el valor de Potrerillos (nacionales e internacionales) y buscan el intercambio cultural y tejer relaciones humanas
- Tienen el deseo de desconectar del día a día y reconectar con lo natural.
- Quieren aprender técnicas, investigar y aprovechar para mejorar sus capacidades.

Alianzas y grupos esperados

Se plantea colaborar activamente con las entidades e instituciones locales, principalmente de la mano de la Alcaldía de Dolega, la Junta Comunal de Potrerillos y la Comisión Nacional de Bambú. Con el apoyo del Ministerio de Desarrollo Agropecuario y el Ministerio de Ambiente. Además, trabajar en iniciativas en conjunto con ministerios, como: Ministerio de Desarrollo Social, Ministerio de Comercio e Industrias, Ministerio de Educación, Ministerio de Comercio e Industrias, Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial y Ministerio de Cultura.

Se aspira a recibir grupos del Instituto Nacional de Formación Profesional y Capacitación para Desarrollo Humano, la Cárcel de Mujeres de Los Algarrobos y el Centro Penitenciario de Chiriquí.

De igual manera, recibir a miembros de asociaciones, empresas privadas u organizaciones sin fines de lucro, que permitan que los profesionales de todas las ramas puedan involucrarse y aportar, desde su panorama, a la cadena de aprovechamiento que se busca impulsar.

Siguientes pasos

1. Experimentación técnica de Bambú *Guadua Angustifolia* en Potrerillos.
2. Análisis de sitio para la propuesta de diseño del Centro de Capacitación de Bioconstrucción con Bambú en Potrerillos.

ENSAYOS 4



CAPÍTULO 4: ENSAYOS DE MATERIAL

Importancia de la caracterización geométrica, física y mecánica

Como se ha detallado previamente, a pesar de que las especies de bambú comparten generalidades y características, cada una es particularmente distinta en su propia naturaleza y, por consecuencia, en sus propiedades y capacidades.

Antes de pensar en diseñar y construir con bambú es primordial conocer cuál es la materia prima disponible en el sitio y las características que tiene. La variabilidad en cuanto a colores, diámetros, espesores y longitudes que pueden converger en un proyecto de bioconstrucción con bambú no es solo una decisión estética, sino también técnica.

Solo a través de la experimentación y ejecución de ensayos es posible conocer las características geométricas, físicas y mecánicas de una especie en una ubicación específica. Es importante considerar que, incluso al tratarse de plantaciones de la misma especie en una misma región, pueden caracterizarse de manera distinta.



Figura 118. Secado de muestras de bambú de tres (3) especies distintas encontradas en Potrerillos.

Como primer acercamiento, en el caso de estudio de Potrerillos Arriba, se tomaron muestras de tres (3) especies de bambú presentes en la finca del Ing. Carlos Candanedo, Presidente de la Asociación de Productores Orgánicos de Chiriquí (APOCHI). Como se observa en la Figura 118, se trata de una especie nativa, *Guadua Angustifolia*; y dos especies introducidas, *Bambusa vulgaris vittata* y *Gigantochloa atrovioleacea*. Las 3 muestras, cortadas con

el apoyo del científico permacultor Jean C. Bravo, tuvieron un periodo de secado al natural de 45 días para ser observadas y caracterizadas.

Como referencia, individualmente y a modo comparativo, se realizaron mediciones de diámetro, espesor y longitudes de entrenudos de las tres (3) muestras. No obstante, dado que el mínimo de culmos necesarios para establecer valores promedios confiables es de 30 unidades, se requiere de un estudio más amplio para emitir resultados concluyentes. Debido a su reconocido uso en la construcción, y al tratarse de la especie nativa presente en el sitio, se optó por una experimentación enfocada solo en los culmos de *Guadua angustifolia*.

***Guadua angustifolia*: propiedades geométricas, físicas y mecánicas.**

Para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los culmos de bambú, se utilizaron como referencia los procedimientos descritos en la norma ISO 22157 y la guía de caracterización geométrica, física y mecánica, documento interno de Atelier One, facilitada para el desarrollo de esta investigación por el Dr. David Trujillo (comunicación personal, 2024).

A continuación, se detallarán los procesos realizados hasta la obtención de resultados de la caracterización geométrica de los culmos, así como las propiedades físicas y mecánicas en los ensayos de corte y compresión realizados en una muestra de 30 culmos.

Selección de plantación

Los propietarios de la Finca *Potrerillos: the place to be*, nos abrieron las puertas para la toma de muestras para los ensayos. La exuberante plantación, de varias décadas de vida, llamó nuestra atención en uno de los recorridos de diagnóstico, el 13 de mayo de 2023 y fue registrada en el mapeo del proyecto.



Figura 119. Plantación y estructura de bambú en la finca *Potrerillos: the place to be*.

Los culmos han sido utilizados en la construcción de viveros y otras estructuras pequeñas para la agricultura. Nunca se ha comercializado, sino compartida con los vecinos que la han necesitado.

El bambú ha tenido un valor significativo para la familia Pinzón y, en nuestra segunda visita, el 24 de febrero de 2024, pudimos observar una gran estructura, construida para una celebración. Tratándose de un corte reciente y significativo de culmos, hacer una selección de muestras sin desequilibrar la plantación, fue el enfoque prioritario.

Selección y marcado de especímenes

Cortar bambú durante la fase de la luna menguante puede representar un nivel más bajo en el contenido de humedad de la planta. Esta práctica proviene de saberes ancestrales y no siempre cuenta con respaldo científico. Sin embargo, puede favorecer en la obtención de culmos menos pesados para su traslado y, en medida, menos propensos al ataque de insectos.



Figura 120. Selección y marcado de culmos para ensayos previo al corte.

De acuerdo con ISO (2019), los culmos seleccionados deben representar de manera justa la población total que se utilizará para la construcción. Por lo que, para la selección y el marcado de especímenes, tres (3) días previos al corte, programado para la luna menguante del 4 de marzo de 2024, se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- **Requerimientos de los ensayos a realizar.** Comprender la importancia de los procesos iniciales y necesidades para el desarrollo de las pruebas fue primordial.
- **Ubicación.** Dado que la ubicación en el terreno, altura y características del suelo pueden ser determinantes en las características del bambú en estudio, se seleccionaron dos (2)

zonas en el terreno. La zona A, una planta más pequeña y ubicada en un terreno nivelado, y la zona B, con mayor extensión y desniveles.

- **Equilibrio del rodal y madurez.** Los culmos fueron seleccionados según su madurez y la presencia de líquenes, respetando la cercanía entre los mismos y asegurando el corte de menos del 40% del total de los culmos maduros en pie.
- **Cantidad de especímenes.** Para las pruebas a realizar, se requerían 30 culmos completos. Estos fueron seleccionados de las dos zonas en el terreno, marcando 15 culmos en la zona A y 15 culmos en la zona B, con el apoyo del Ing. Amir Atencio. Se utilizó cinta adhesiva color rojo para identificar todas las varas a cortar (ver Figura 120).

Corte y rotulado de especímenes

El corte de los especímenes se llevó a cabo el 4 de marzo de 2024, desde las 7:30 am, con el apoyo del Sr. Manuel Monrroy y el Sr. Amilcar Caballero. Se procedió con el corte de las 15 varas marcadas en la zona A, realizado por encima del segundo nudo. Para facilitar el transporte y manejo y, tomando en cuenta los parámetros de longitud requeridos para la prueba de flexión, cada vara fue dividida en tres (3) partes.



Figura 121. Corte, medición y rotulación de especímenes.

Inmediatamente después de cada corte, nos dispusimos a medir la vara y cortarla en 3 tramos de aproximadamente 3.50 metros. El corte se realizó en el nudo más cercano a esta medida, evitando las fisuras en el entrenudo. En ese momento, los tramos de culmo se convirtieron en especímenes, rotulados enseguida como B (parte base o cepa), M (parte media o basa) y T (parte alta o sobrebasa). Por ejemplo, como se observa en la Figura 121, el culmo 14 está dividido en 14B, 14M y 14T.

Para esta investigación, las partes restantes del culmo, conocidas como varillón y cola, no fueron utilizadas. No obstante, las ramas recuperadas, se convirtieron en un componente inspirador para el proceso de diseño.

Al final del día, después de culminar el corte de los 15 culmos ubicados en la zona B, se obtuvieron un total de 90 especímenes para ensayos.

Transporte y almacenamiento de especímenes

El total de varas fueron trasladadas en un camión de Potrerillos hacia Las Lomas (aprox. 45 minutos de traslado). Para su almacenamiento y secado, se colocaron lo más verticalmente posible. Como se observa en la Figura 122, la mitad de los especímenes fueron posicionados bajo una pérgola con cubierta de policarbonato, con incidencia solar indirecta. Las condiciones climáticas de la época eran favorables para una circulación de aire adecuada y la no exposición a la lluvia. Por lo que, la otra mitad de especímenes tenía una incidencia más directa, sin cubierta.



Figura 122. Traslado y almacenamiento de especímenes para secado en Las Lomas, Chiriquí.

Secado de muestras

De acuerdo con Atelier One, aunque es posible hacer ensayos de bambú con contenido de humedad superiores al máximo aceptable para construcción, que es 18%, al ensayar especímenes de bambú secos se obtendrán mayores resultados a la resistencia.

El principal indicador visual del secado de los culmos es la pérdida de coloración verde. No obstante, el aparente secado de las varas en su exterior no garantiza que la vara haya bajado el contenido de humedad en su totalidad, ya que, es en las paredes internas donde se mantiene

la mayor cantidad de agua, y esto es solo medible directamente en la pared con aparatos calibrados.

El proceso de secado se realiza con el objetivo de alcanzar un contenido de humedad de equilibrio (EMC) en la totalidad de la muestra. En este caso, para la caracterización geométrica, el tiempo de secado al sol fue de 24 días, mientras que para los especímenes destinados a compresión y cortante, fue de 45 días. Las mediciones del contenido de humedad de los especímenes son detalladas más adelante en cada una de las pruebas. Así mismo, será un aspecto relevante en el análisis de los resultados obtenidos.

Caracterización geométrica

Las pruebas de caracterización geométrica permiten determinar las medidas promedio de los diámetros, espesores de pared y longitudes de entrenudos y su variación a lo largo del culmo para una especie cultivada en un lugar determinado. A la vez, se evalúa el nivel de “rectitud” de los culmos.

Selección y preparación de especímenes

Para seleccionar los especímenes, se evaluó inicialmente el nivel de secado de las varas. Como era de esperarse, los de exposición más directa al sol habían perdido mayormente su coloración, en comparación con los que recibieron luz solar de manera indirecta. Se observó que, independientemente, del grado de exposición al sol, las partes B, correspondientes a la cepa, sobre todo las de mayor diámetro, requerirían más tiempo de secado para cambiar su coloración, en contraste con las partes M y T.

En este caso, al tratarse de pruebas geométricas y no mecánicas, no se consideró relevante que todas las varas tuvieran el mismo nivel de secado, por lo que algunas mantenían vetas verdosas al momento de los ensayos.

Por otro lado, si fueron determinantes para la selección, la variabilidad en los diámetros y su ubicación en la plantación. Se eligieron 8 culmos completos (24 especímenes en total), que corresponden a doce especímenes de la zona A: 4B, 4M, 4T, 6B, 6M, 6T, 11B, 11M, 11T, 14B, 14M y 14T, y doce especímenes de la zona B: 16B, 16M, 16T, 23B, 23M, 23T, 27B, 27M, 27T, 29B, 29M y 29T.

La preparación de los especímenes, tal como se muestra en la Figura 123, comenzó con clasificación y anotación de las características de cada uno. Se evaluó la cantidad de líquenes,

musgos o partículas, condiciones como fisuras y protuberancias, así como el grado de rectitud de la vara. Posteriormente, se limpiaron por completo.



Figura 123. Preparación de especímenes para caracterización geométrica: clasificación, limpieza y rerotulación.

Mantener el control en la identificación de los especímenes fue relevante en todo momento, por lo que luego de la limpieza y de retirar la cinta adhesiva, se hizo una rerotulación con marcador.

Mediciones iniciales



Figura 124. Caracterización física de los culmos previo a los estudios geométricos: dimensionamiento, medición de masa y curvatura.

Previo a los estudios geométricos, se realizó el registro de características físicas para las tres (3) partes de los ocho (8) culmos. Además, como se observa en la Figura 124, se midió la longitud de todos los especímenes, así como el largo de cada uno de los entrenudos.

Para medir la masa, se utilizó una balanza digital tipo grúa, de precisión $\pm 0.1\%$, mientras que, para la medición de la curvatura, tal como se observa en la Figura 124, se tomó como referencia un perfil metálico. Esto permitió hacer visible la forma del espécimen, así como dimensionar el nivel y posición de las curvaturas en los culmos. Tomando la longitud de la pieza L_{ref} , entre la curvatura máxima b_{max} , se obtiene el nivel de curvatura b_0 . Los resultados medidos se presentan en la Figura 125.

Referencia de culmo	L_{ref} (mm)	b_{max} (mm)	b_0
4B	3550	65	1.83%
4M	3560	73	2.05%
4T	3540	60	1.69%
6B	3720	80	2.15%
6M	3370	75	2.23%
6T	3440	80	2.33%
11B	3510	75	2.14%
11M	3520	83	2.34%
11T	3015	94	3.13%
14B	3460	80	2.31%
14M	3260	90	2.76%
14T	3500	60	1.71%
16B	3470	73	2.10%
16M	3560	70	1.97%
16T	3590	75	2.09%
23B	3330	75	2.25%
23M	3540	150	4.24%
23T	3480	60	1.72%
27B	3530	60	1.70%
27M	3540	62	1.75%
27T	3480	65	1.87%
29B	3400	68	2.00%
29M	3420	65	1.90%
29T	3480	73	2.10%
			2.18%

Figura 125. Resultados de la medida de curvatura de acuerdo con ISO 22157.

Se concluye que el nivel de curvatura típico en las varas de *Guadua angustifolia* de la finca *Potrerillos: the place to be* es de 2.18%.

Para Atelier One (2024), esta medición es de particular importancia para los diseños que requieren el uso de columnas casi rectas en compresión, ya que la curvatura puede debilitar estos miembros y debe ser calculado con base en las características del material.

Caracterización geométrica

Una vez registradas las características físicas de los especímenes completos, comenzó la caracterización geométrica destructiva. La misma, se centra en la medición de los diámetros y espesores de pared en cada uno de los entrenudos de los especímenes, por lo que el primer paso consistió en realizar cortes a la mitad de cada uno de los entrenudos (ver Figura 126).



Figura 126. Corte de entrenudos y rotulación final para la caracterización geométrica.

En total, la cantidad de nudos resultantes por cada culmo completo varió entre 30 y 36, considerando una numeración continua a partir del primer nudo de la parte B, hasta el último nudo de la parte T.

Así mismo, fueron rotulados en orden, anotando la referencia de espécimen al que pertenecían y logrando garantizar su correcta identificación para las mediciones de diámetro y espesor, como se indica en la Figura 127. Todas las mediciones para cada espécimen se anotaron en un cuadro de resumen.



Figura 127. Medición de diámetro y espesor de pared. Variabilidad en la geometría del culmo

Para cada uno de los nudos se tomaron medidas de dos (2) diámetros y cuatro (4) espesores. Como se puede apreciar, estos datos varían de acuerdo con la parte del culmo y el nudo específico. Todas las mediciones fueron realizadas y anotadas con precisión. Por ejemplo, en la Figura 128, se resumen las mediciones para el espécimen 6 (B, M y T).

El cuadro, desarrollado para cada uno de los 8 culmos estudiados, incluye información relevante como: la especie, plantación, referencia de culmos, ubicación, longitudes y masa. Para cada uno de los entrenudos se detallan: la longitud, promedio de diámetros y de espesor de pared, así como el promedio de diámetro/espesor y el índice de espesor de pared promedio.

En los resultados de estas mediciones es notable la variabilidad a lo largo del culmo, por lo que se expresa la diferenciación de partes (B, M y T), a fin de establecer las características típicas de manera más precisa para cada una: cepa, basa y sobrebasa.

Caracterización Geométrica – destructiva

Especie: *Guadua angustifolia*
Plantación: *Potrerillos, the place to be.*

Referencia de culmo: 6B, 6M, 6T

Posición en el culmo: completo

Observaciones: Zona A

	longitud	masa
6B	3.71 m	16.9 kg
6M	3.37 m	8.7 kg
6T	3.43 m	5.5 kg
	10.51 m	31.1 kg

6 B												
# Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8				
Ref. entrenudo	base-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8				
Longitud de entrenudo (mm)	132.00	165.00	188.00	197.00	205.00	207.00	215.00	210.00				
Diámetro 1 de entrenudo (mm)	102.71	100.20	98.61	99.29	99.76	100.34	97.69	101.85				
Diámetro 2 de entrenudo (mm)	101.53	98.31	96.63	95.88	98.88	99.84	102.01	101.60				
Promedio- Diámetro de entrenudo (mm)	102.12	99.26	97.62	97.59	99.32	100.09	99.85	101.73				
Espesor de pared 1 de entrenudo (mm)	25.26	25.30	22.27	15.20	15.12	19.02	15.92	13.35				
Espesor de pared 2 de entrenudo (mm)	26.14	18.65	19.64	17.30	18.02	14.01	16.08	15.45				
Espesor de pared 3 de entrenudo (mm)	26.04	21.62	16.35	21.02	19.36	16.64	17.74	16.60				
Espesor de pared 4 de entrenudo (mm)	21.13	24.07	20.40	19.40	16.40	15.50	13.94	13.85				
Promedio- Espesor de pared de entrenudo (mm)	24.64	22.41	19.67	18.23	17.23	16.29	15.92	14.81				
Promedio D/t	4.14	4.43	4.96	5.35	5.77	6.14	6.27	6.87				
Índice de espesor de pared promedio (2t/D)	0.48	0.45	0.40	0.37	0.35	0.33	0.32	0.29				

# Nudo	9	10	11	12	13	14	15	16				
Ref. entrenudo	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16				
Longitud de entrenudo (mm)	225.00	230.00	242.00	255.00	262.00	264.00	280.00	282.00				
Diámetro 1 de entrenudo (mm)	101.50	104.11	104.42	105.45	105.36	105.47	104.07	102.02				
Diámetro 2 de entrenudo (mm)	102.73	104.47	107.39	106.10	106.43	104.51	102.19	103.44				
Promedio- Diámetro de entrenudo (mm)	102.12	104.29	105.91	105.78	105.90	104.99	103.13	102.73				
Espesor de pared 1 de entrenudo (mm)	15.39	14.39	13.85	13.40	11.43	10.84	10.78	10.54				
Espesor de pared 2 de entrenudo (mm)	12.90	14.60	13.60	12.30	12.31	11.75	10.62	10.92				
Espesor de pared 3 de entrenudo (mm)	13.06	13.19	12.36	12.68	12.78	12.22	11.21	11.38				
Espesor de pared 4 de entrenudo (mm)	14.94	12.62	12.28	12.19	11.36	11.66	11.80	10.57				
Promedio- Espesor de pared de entrenudo (mm)	14.07	13.70	13.02	12.64	11.97	11.62	11.10	10.85				
Promedio D/t	7.26	7.61	8.13	8.37	8.85	9.04	9.29	9.47				
Índice de espesor de pared promedio (2t/D)	0.28	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.22	0.21				

6 M												
# Nudo	17	18	19	20	21	22	23	24				
Ref. entrenudo	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24				
Longitud de entrenudo (mm)	302.00	312.00	330.00	335.00	335.00	342.00	341.00	330.00				
Diámetro 1 de entrenudo (mm)	102.93	99.51	98.22	97.50	96.86	94.23	96.18	97.54				
Diámetro 2 de entrenudo (mm)	102.72	102.31	102.48	100.76	98.82	99.60	96.14	91.52				
Promedio- Diámetro de entrenudo (mm)	102.83	100.91	100.35	99.13	97.84	96.92	96.16	94.53				
Espesor de pared 1 de entrenudo (mm)	12.13	10.64	10.09	9.36	9.03	8.56	9.15	9.73				
Espesor de pared 2 de entrenudo (mm)	10.02	10.88	10.75	9.38	9.02	8.56	9.09	9.60				
Espesor de pared 3 de entrenudo (mm)	9.70	10.06	9.33	10.43	9.95	9.54	8.20	7.70				
Espesor de pared 4 de entrenudo (mm)	10.79	9.36	9.48	9.45	9.23	8.71	9.06	8.68				
Promedio- Espesor de pared de entrenudo (mm)	10.66	10.24	9.91	9.66	9.31	8.84	8.88	8.93				
Promedio D/t	9.65	9.86	10.12	10.27	10.51	10.96	10.83	10.59				
Índice de espesor de pared promedio (2t/D)	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18	0.19				

6T												
# Nudo	25	26	27	28	29	30	31	32				
Ref. entrenudo	24-25	25-26	26-27	27-28	28-29	29-30	30-31	31-32				
Longitud de entrenudo (mm)	335.00	333.00	332.00	340.00	335.00	348.00	340.00	345.00				
Diámetro 1 de entrenudo (mm)	92.19	91.22	93.36	88.65	87.05	89.62	85.24	83.90				
Diámetro 2 de entrenudo (mm)	94.55	91.60	92.06	90.54	89.79	85.83	88.13	84.50				
Promedio- Diámetro de entrenudo (mm)	93.37	91.41	92.71	89.60	88.42	87.73	86.69	84.20				
Espesor de pared 1 de entrenudo (mm)	8.97	7.97	8.76	8.27	7.94	6.81	8.01	7.31				
Espesor de pared 2 de entrenudo (mm)	8.31	9.29	8.88	7.66	7.55	7.90	7.35	7.42				
Espesor de pared 3 de entrenudo (mm)	7.99	8.02	8.84	7.96	7.68	7.41	7.94	7.07				
Espesor de pared 4 de entrenudo (mm)	7.69	7.52	8.43	7.34	7.12	7.69	7.43	7.80				
Promedio- Espesor de pared de entrenudo (mm)	8.24	8.20	8.73	7.81	7.57	7.45	7.68	7.40				
Promedio D/t	11.33	11.15	10.62	11.48	11.68	11.77	11.28	11.38				
Índice de espesor de pared promedio (2t/D)	0.18	0.18	0.19	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18				

# Nudo	33	34	35	36
Ref. entrenudo	32-33	33-34	34-35	35-36
Longitud de entrenudo (mm)	347.00	348.00	350.00	345.00
Diámetro 1 de entrenudo (mm)	80.99	79.85	77.75	75.86
Diámetro 2 de entrenudo (mm)	82.87	81.02	79.13	76.50
Promedio- Diámetro de entrenudo (mm)	81.93	80.44	78.44	76.18
Espesor de pared 1 de entrenudo (mm)	7.16	7.30	7.13	6.63
Espesor de pared 2 de entrenudo (mm)	6.72	6.74	6.92	6.99
Espesor de pared 2 de entrenudo (mm)	7.44	7.52	6.73	6.21
Espesor de pared 2 de entrenudo (mm)	6.91	6.70	6.67	7.01
Promedio- Espesor de pared de entrenudo (mm)	7.06	7.07	6.86	6.71
Promedio D/t	11.61	11.38	11.43	11.35
Índice de espesor de pared promedio (2t/D)	0.17	0.18	0.17	0.18

Figura 128. Cuadro Resumen de caracterización geométrica del culmo 6.

Análisis de resultados

Con base en los resultados obtenidos en cada una de las 8 varas estudiadas, se calculan promedios que permiten establecer las características geométricas típicas de los culmos de *Guadua angustifolia* de la finca Potrerillos: *the place to be*.



Figura 129. Especímenes de la zona A.



Figura 130. Especímenes zona B.

Con el fin de comprobar si existían diferencias marcadas entre los culmos de las dos (2) zonas de ubicación en el terreno, se calcularon los resultados promedio de cada zona (ver Figura 130 y Figura 129).

De acuerdo con los resultados presentados, se hacen las siguientes observaciones:

- Los diámetros promedios de los culmos de la Zona B son mayores, en relación con los de la Zona A, en las 3 partes: cepa, basa y sobrebasa.
- Los diámetros de la Zona A disminuyen a medida que el culmo se separa más del suelo, siendo mayores en la parte cepal, menores en la parte basal y más angostos en la sobrebasa.
- Los diámetros de la Zona B tienen mayor dimensión en la parte basal o media, que en la parte cepal, por lo que se descarta la concepción de que todos los culmos disminuyen su diámetro con la altura.

- Los espesores de pared promedio de los culmos de la Zona A son mayores, en relación con los de la Zona B, en las tres (3) partes: cepa, basa y sobrebasa.
- En los culmos de ambas zonas los espesores de pared disminuyen su medida hacia la parte más alta del culmo.

A pesar de que existen pequeñas diferencias entre los culmos que crecen en ambas zonas, la variación entre los resultados no se considera alta. Para una revisión más detallada de los resultados de las mediciones físicas y geométricas para cada espécimen y las conclusiones finales, se presenta un resumen en la Figura 131.

Especímenes	Longitud (m)	Masa (kg)	Cantidad de nudos	Promedio longitud de entrenudos (mm)			Diámetro (D:mm) promedio		
				B	M	T	B	M	T
zona A									
4	10.65	24.35	35	225.36	332.82	406.89	94.46	91.07	78.90
6	10.51	31.10	36	228.47	329.50	343.00	102.02	97.34	83.63
11	10.05	23.20	34	241.14	320.55	334.63	93.06	88.49	74.67
14	10.22	19.55	36	229.93	324.00	229.93	85.89	82.85	70.40
	10.36	24.55	35	231.23	326.72	328.61	93.86	89.94	76.90
zona B									
16	10.59	25.70	34	251.85	320.36	357.44	104.55	99.91	80.46
23	10.30	23.80	32	265.00	349.33	398.56	96.65	102.08	86.05
27	10.58	20.70	30	292.18	377.56	387.22	93.80	97.74	84.00
29	10.30	27.00	31	276.67	378.67	402.50	95.96	97.25	85.77
	10.44	24.30	32	271.43	356.48	386.43	97.74	99.25	84.07
Promedios	10.40	24.43	34	251.33	341.60	357.52	95.80	94.59	80.49

Figura 131. Resumen de los resultados de medición física y caracterización geométrica.

La longitud total promedio de los culmos estudiados fue de 10.40 m y 34 nudos, con una masa promedio de 24.43 kg al momento de la prueba.

Con base en las mediciones realizadas, se establece que la longitud de los entrenudos aumenta conforme crece la vara, resultando como valores promedio: 251.33 mm en la parte B, 341.60 mm en la parte M y 357.52 en la parte T.

Un factor relevante para el diseño es el valor de los diámetros. Para el primer tramo de 3.50 m, el diámetro promedio fue de 95.80 mm. Este tiene muy poca variación, con 94.59 mm en promedio hasta aproximadamente los 7 metros de altura, mientras que, en la parte alta, hasta los 10.40 m, el diámetro es de 80.49 mm en promedio.

Como referencia, los espesores promedio, diámetro entre espesor e índices de espesor de pared promedio se presentan en la Figura 132.

Especímenes	Espesor (t:mm) promedio			Promedio (D/t)			Indice de espesor de pared promedio (2t/D)		
	B	M	T	B	M	T	B	M	T
zona A									
4	15.27	8.24	6.71	6.19	11.05	11.76	0.32	0.18	0.17
6	15.51	9.29	7.37	6.58	10.48	11.35	0.30	0.19	0.18
11	14.47	8.33	7.22	6.43	10.62	10.34	0.31	0.19	0.19
14	12.61	7.12	5.95	6.81	11.64	11.83	0.29	0.17	0.17
	14.47	8.25	6.81	6.50	10.95	11.32	0.31	0.18	0.18
zona B									
16	14.07	8.58	6.22	7.43	11.64	12.94	0.27	0.17	0.15
23	11.95	7.40	6.10	8.09	13.79	14.11	0.25	0.14	0.14
27	10.16	6.96	5.95	9.23	14.04	14.12	0.22	0.14	0.14
29	15.23	8.91	7.10	6.30	10.91	12.08	0.32	0.18	0.17
	12.85	7.96	6.34	7.76	12.60	13.31	0.26	0.16	0.15
Promedios	13.66	8.10	6.58	7.13	11.77	12.32	0.29	0.17	0.16

Figura 132. Caracterización geométrica. Resumen de especímenes.

Caracterización mecánica

Para determinar la resistencia y rigidez del material, se realizaron pruebas mecánicas de corte paralelo a las fibras y compresión. No fue posible realizar las pruebas de flexión, ya que no contábamos con los equipos necesarios para lograrlo.

Llevar a ejecución pruebas con bambú requiere de la fabricación de accesorios especiales. Es poco común que el equipo se encuentre en la mayoría de los laboratorios del mundo. Los ensayos detallados más adelante se realizaron adaptando las máquinas del Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad Tecnológica de Panamá, sede Chiriquí, con el apoyo del Ing. Amir Atencio en ambas pruebas realizadas.

Selección y preparación de especímenes

Según ISO (2019), es recomendado realizar cada prueba con base en 30 especímenes o más. El número de muestras preparadas para cada ensayo deberá ser suficiente para establecer características mecánicas con veracidad.

Para la selección se consideraron los siguientes aspectos:

Muestras para corte y compresión.

- 30 especímenes que provinieran de diferentes culmos (para cada prueba).
- Combinación de ubicaciones a lo largo del culmo: 10 de la parte B o cepa, 10 de la parte M o basa y 10 de la parte T o sobrecapa (para cada prueba).

Muestras para flexión (pruebas a realizar en el futuro).

- 22 especímenes que provinieran de diferentes culmos, tomando en consideración que se utilizaron ocho (8) culmos completos para la caracterización geométrica destructiva.
- Combinación de ubicaciones a lo largo del culmo, un conjunto equitativo de partes B, M y T.

Con base en estos parámetros, fueron asignadas a un ensayo distinto cada una de las 76 varas. Para las pruebas de compresión y corte, se rescataron 16 especímenes utilizados en la caracterización geométrica de culmos detallada previamente.



Figura 133. Escogencia e identificación de especímenes para pruebas mecánicas.

Para facilitar la ubicación y preparación de los especímenes, se marcaron con lazos de 3 colores distintos, como se muestra en la Figura 133. Los primeros en prepararse fueron los de las pruebas de corte y compresión. En ambos casos, se requiere un 50% de especímenes con nudo en medio y el otro 50% sin nudo. Su longitud es proporcional al diámetro o 10 veces el espesor, la medida menor entre estas.

Ensayos de corte paralelo a las fibras

Los especímenes para el ensayo de corte, con la variabilidad descrita, se muestran en la Figura 134.



Figura 134. Especímenes para prueba de corte paralelo a las fibras.

Previo a ejecutar las pruebas, se realizó la caracterización geométrica y física de cada espécimen. Se registraron datos relevantes, que incluyen: la longitud, diámetros y espesores en ambos extremos. Una vez en el laboratorio, se procedió a medir las masas de los especímenes utilizando una báscula. Esta medición se anotó como: masa antes de secado en el horno.



Figura 135. Procedimiento para ensayos de corte: caracterización física, ensayo y registro de falla.

La prueba se realizó en una máquina para compresión, añadiendo placas de corte fabricadas. Se trata de dos placas con corte extruido en forma de “corbata de lazo”, colocadas como cuadrantes opuestos entre los que se coloca el espécimen. De esta manera se crean cuatro

áreas de corte posibles. Las muestras se colocaron de manera centrada, para garantizar que la carga se aplicara concéntricamente.

Para cada espécimen, se introdujeron las mediciones de masa, área y longitud. Se aplicó una pequeña carga, de aprox. 1% de la carga de falla esperada, y luego se aplicó la carga continuamente hasta registrar la falla, que se esperaba ocurriera entre los 2-3 y 7 minutos. Si la falla ocurría en menos de tres minutos (180 segundos), se descartaba el resultado.

Tras la falla del espécimen, se registró la carga máxima (Fult) alcanzada y el tiempo. El rango de fuerzas máximas esperadas aplicadas durante la prueba de corte, según Atelier One (2024), para 90 mm de diámetro eran: 10.1 kN (más baja esperada), 28.1 kN (promedio) y 48.6 kN (más alto esperado). En este caso, el promedio de los diámetros fue de 90.60 mm, mientras que el promedio de fuerza máxima soportada fue de 37.13 kN, por encima del promedio esperado.

La resistencia al corte, f_v , se calcula a partir de la fórmula:

$$f_v = \frac{F_{ult}}{\Sigma(\delta \times L)}$$

Fult es la carga máxima a la que falla la muestra en Newtons (N).

$\Sigma(\delta \times L)$ es la suma de las cuatro áreas medidas en los planos de corte en milímetros cuadrados.



Figura 136. Análisis de las fallas observadas en la prueba de corte: fisura parcial, corte superficial y corte profundo.

Según ISO (2019), es poco probable que la falla ocurra en los cuatro planos simultáneamente. Por lo tanto, f_v se interpreta como una fuerza del límite inferior. En efecto, tal como se ejemplifica en la Figura 136, las fallas en los especímenes se evidenciaron a través de fisuras parciales en uno o dos planos, cortes superficiales casi imperceptibles o en cortes más profundos en uno de los planos de corte.



Figura 137. Procedimientos finales de prueba de corte: análisis de falla, medición de humedad y secado al horno.

Tras el análisis de la falla, se procedió con la medición de humedad de cada espécimen. Como se observa en la Figura 137, la misma se realizó utilizando un higrómetro. Al tratarse de un equipo no calibrado para bambú, las tres (3) mediciones eran meramente referenciales. La medición del contenido de humedad real se obtuvo después del secado al horno de todos los especímenes por 24 horas y el registro de la masa después del secado al horno.

El cuadro resumen presentado a continuación, corresponde al espécimen 11M y es un ejemplo del registro realizado para cada ensayo (ver Figura 138).

11M

Especie:	<i>Guadua angustifolia</i>
Referencia de espécimen:	zona A
Nudo:	NO
Método contenido de humedad:	Secado-horno

Tiempo de falla (s) – descartar <180s	418	
Carga máxima (kN)	56.55	
Masa de espécimen, m (g)	163.50	
si aplica secado en horno		
Masa al momento del ensayo, m _i (g)	163.50	
Masa después de secado en horno, m ₀ (g)	146.40	
Si aplica medidor de humedad		
lectura 1 de contenido de humedad (%)	12.5%	
lectura 2 de contenido de humedad (%)	14.6%	
lectura 3 de contenido de humedad (%)	13.2%	
Contenido de humedad, w (%)	11.7%	
Longitud 1 de pieza (mm)	95.44	
Longitud 2 de pieza (mm)	95.95	
Promedio-Longitud de pieza (mm)	95.70	
	Base	cola
Diámetro 1 al final de la pieza (mm)	91.50	92.95
Diámetro 2 al final de la pieza (mm)	90.55	88.61
Promedio –Diámetros al final de la pieza (mm)	91.03	90.78
Promedio-Diámetros total (mm)	90.90	
Espesor de pared 1 (mm)	8.94	8.82
Espesor de pared 2 (mm)	9.43	8.89
Espesor de pared 3 (mm)	9.71	8.14
Espesor de pared 4 (mm)	8.62	10.44
Promedio-Espesor de pared al final de pieza (mm)	9.18	9.07
Promedio-Espesor de pared total(mm)	9.12	
r _{test}	728.89	kg/m ³
r ₁₂	730.98	kg/m ³
q _{test}	1.71	kg/m
q ₁₂	1.71	kg/m
f _v	16.19	MPa o N/mm ²

Figura 138. Cuadro de mediciones. Ensayo de corte paralelo a las fibras. Especimen 11M.

El resumen de los resultados obtenidos para los especímenes ensayados se presenta en la Figura 139, donde se ordenan de mayor a menor, con base en el valor obtenido como f_v : resistencia al corte.

ESP.	NUDO	Masa de espécimen (kg)	Contenido de humedad	Promedio Longitud (mm)	Promedio diámetros (mm)	Promedio espesor de pared (mm)	Carga máxima (Kn)	tiempo (s)	rtest (kg/m ³)	r12 (kg/m ³)	qtest (kg/m)	q12 (kg/m)	f _v (Mpa)
11M		163.50	11.7%	95.70	90.90	9.12	56.55	418	728.89	730.98	1.71	1.71	16.19
5T		127.00	11.3%	87.60	87.16	7.29	39.42	420	793.09	798.04	1.45	1.46	15.44
21T	sí	160.80	11.7%	87.41	90.71	7.16	38.53	350	979.03	981.27	1.84	1.84	15.39
4M		143.90	11.1%	86.57	91.18	8.59	45.36	400	745.94	751.85	1.66	1.68	15.25
6B		282.70	12.0%	108.75	106.57	12.31	80.92	780	712.91	710.06	2.60	2.59	15.11
22B		190.00	11.8%	93.70	95.11	11.53	58.59	456	669.82	670.84	2.03	2.03	13.56
29T		120.90	14.3%	92.07	95.49	6.40	31.06	340	733.52	718.93	1.31	1.29	13.19
15T		74.30	11.4%	70.62	75.21	6.31	23.29	360	770.44	774.63	1.05	1.06	13.07
27B	sí	241.20	13.7%	101.97	100.48	8.51	44.93	302	962.16	948.05	2.37	2.33	12.95
8M		138.40	13.1%	80.59	81.56	9.20	37.77	385	821.41	813.62	1.72	1.70	12.74
20B	sí	372.40	44.3%	93.44	98.26	15.12	68.99	480	1009.31	783.16	3.99	3.09	12.21
30T	sí	138.00	13.2%	89.36	89.38	7.03	30.64	350	849.42	840.36	1.54	1.53	12.20
1M	sí	232.60	17.5%	92.53	94.77	9.10	41.00	115	1026.56	978.23	2.51	2.40	12.17
13M	sí	107.60	13.3%	78.10	79.76	7.12	27.00	460	848.22	838.76	1.38	1.36	12.14
28M		184.40	11.4%	104.06	99.50	8.42	41.21	565	735.89	739.72	1.77	1.78	11.76
9T	sí	173.00	12.8%	85.66	86.77	7.79	31.24	350	1045.45	1038.25	2.02	2.01	11.71
2T	sí	187.20	14.9%	83.90	81.87	9.72	37.75	400	1013.01	987.30	2.23	2.17	11.58
14B	sí	218.00	16.1%	87.79	87.26	13.32	52.64	400	802.60	774.38	2.48	2.40	11.26
25M		240.30	17.6%	111.53	112.35	8.28	39.59	252	795.80	758.14	2.15	2.05	10.72
24M	sí	167.50	17.1%	78.47	81.52	9.28	28.72	255	1013.95	970.20	2.13	2.04	9.86
23T		124.10	12.7%	87.71	89.80	6.74	23.22	300	805.06	799.81	1.41	1.41	9.83
3B		106.30	14.8%	75.74	77.18	9.29	27.45	500	708.31	691.06	1.40	1.37	9.75
26B		199.00	14.9%	100.89	106.12	12.13	45.18	300	550.58	536.71	1.97	1.92	9.23
19T		110.40	12.5%	88.27	92.02	6.69	20.01	295	697.53	694.20	1.25	1.24	8.47
16M		150.00	14.0%	97.79	98.47	7.41	21.93	415	723.47	710.89	1.53	1.51	7.56
17B	sí	278.90	33.5%	106.15	104.85	9.46	23.72	150	927.18	777.80	2.63	2.20	5.91
10B	sí	238.80	42.0%	83.38	79.69	17.77	33.73	255	828.59	653.66	2.86	2.26	5.69
12B	sí	201.40	44.5%	80.32	79.96	12.79	22.70	204	928.98	720.16	2.51	1.94	5.52
18M	sí	149.60	23.0%	81.71	92.05	7.00	12.14	265	979.24	891.48	1.83	1.67	5.31
7T	sí	92.70	10.9%	85.73	77.93	5.89	8.00	215	810.90	819.06	1.08	1.09	3.96

Figura 139. Resultados de prueba de corte paralelo a las fibras con base en los 30 especímenes.

Se descartan cinco (5) ensayos en los que los porcentajes de contenido de humedad resultaron mayores a 18%, puesto que bajo esta condición no se considerarían aceptables para construcción. Con estos resultados se comprobó que el alto contenido de humedad en las pruebas tiene relación con una resistencia más baja en comparación con los especímenes secos. Adicionalmente, se descartó uno de los ensayos, ya que la falla fue registrada en menos de 180 segundos.

El valor de f_v más alto obtenido fue de 16.19 Mpa para el espécimen sin nudo 11M, que soportó una carga máxima de 56 kN con un diámetro promedio de 90.90 mm y un espesor promedio de 9.12 mm.

Los resultados finales se expresan en la Figura 140, que incluye los valores promedio de resistencia al corte en cada una de las tres (3) partes del culmo de *Guadua angustifolia*, de la finca *Potrerillos: the place to be*.

Parte del culmo	Promedio diámetros (mm)	Promedio espesor de pared (mm)	fv (Mpa)
CEPA (B)	95.45	11.18	11.98
BASA (M)	91.91	8.43	12.03
SOBREBASA(T)	86.63	7.10	11.48

Figura 140. Promedios de resultados de prueba de corte.

Se llega a la conclusión de que la parte basal tiene una mayor resistencia al corte, 12.03 Mpa, seguido de la parte cepal, 11.98 Mpa. Se debe tomar en cuenta que el descarte de cuatro (4) especímenes de parte cepal (B), por alto contenido de humedad, puede tener influencia en estos resultados. Por otro lado, la sobrebasa marca en promedio 11.48 Mpa.

Como dato adicional obtenido, la resistencia promedio fue de 11.23 Mpa para especímenes con nudo y 12.12 Mpa en especímenes sin nudo.

Ensayos de compresión paralela a las fibras

Para la selección y preparación de muestras para los ensayos de compresión se tomaron en cuenta las mismas consideraciones previas.



Figura 141. Especímenes para la prueba de compresión.

El proceso comienza con la caracterización geométrica y física de cada espécimen y las anotaciones de los datos de longitud, diámetros, espesores y masa en los cuadros de registro. Para la prueba de compresión, se utiliza la máquina de compresión de cilindros, incluyendo dos piezas fabricadas. ISO (2019) establece que, entre ambas placas de acero de la máquina y

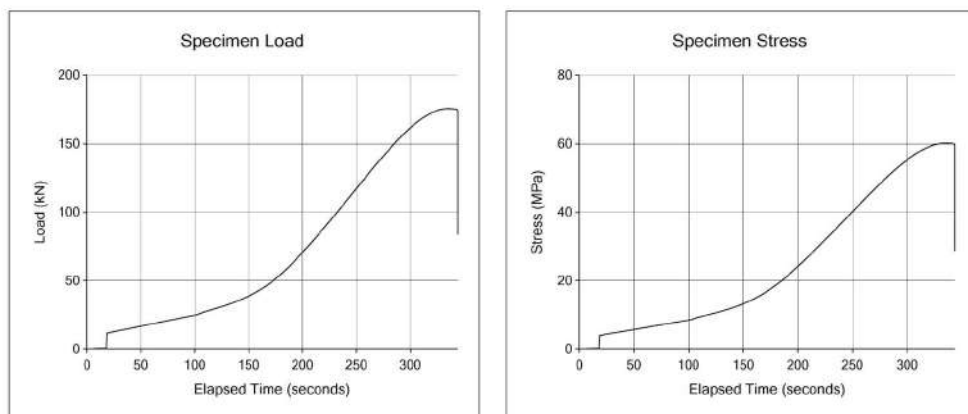
ambos extremos de la muestra, debe existir una capa intermedia que minimice la fricción y la restricción radial de los extremos de la muestra (ver Figura 142).



Figura 142. Procedimiento para ensayos de compresión: caracterización física, ensayo y registro de falla.

Una vez colocado el espécimen, centrado en la máquina con la capa intermedia, se introdujeron los valores de masa, área y longitud para la ejecución. Inicialmente, se aplicó una pequeña carga, de aproximadamente el 1% de la carga de falla esperada, y luego, se aplicó la carga continuamente hasta fallar. Tal como en el ensayo de corte, se esperaba que ocurriera entre los 2 y 7 minutos.

Tras la falla del espécimen, se registró la carga máxima (F_{ult}) alcanzada, el tiempo y la fuerza de compresión paralela a las fibras ($f_{c,0}$), obtenidos en el informe generado por la máquina (ver Figura 143).



Other Compression Test			
Machine	24074 TA-1258		
Calibration Date	04/11/2024		
Specimen Data			
Specimen Number	356		
Length	70.79 mm		
Area	2918.72 mm ²		
Weight	150.41 kg		
Results Data			
Test Date	05/17/2024 13:54	Max Load	176 kN
Specimen Age	1825 days	Max Stress	60.22 MPa
Preload	0.25 kN	End Cond	Break
Ramp Rate	0.2 MPa/s	End Value	N/A

Figura 143. Informe de ensayo de compresión del espécimen 19B.

Para este ensayo mecánico, el rango de fuerzas máximas esperadas, según Atelier One (2024), para 90 mm de diámetro eran: 47.5 kN (más baja esperada), 133.1 kN (promedio) y 250.5 kN (más alto esperado). En este caso, el promedio de los diámetros fue de 90.28 mm, mientras que el promedio de fuerza máxima soportada fue de 111.99 kN (cerca del promedio esperado).

La fuerza de compresión paralela a las fibras, $f_{c,0}$, se calcula a partir de la fórmula:

$$f_{c,0} = F_{ult} / A$$

F_{ult} es la carga máxima a la que falla la muestra, en Newtons (N).

A es el área de la sección transversal en milímetros cuadrados (mm²).

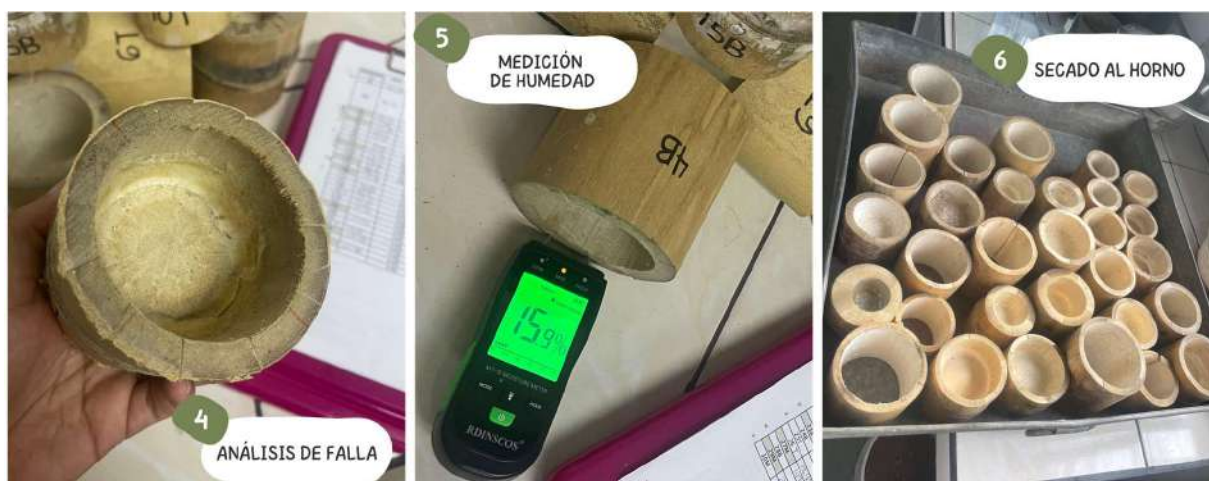


Figura 144. Procedimientos finales de prueba de compresión: análisis de falla, medición de humedad y secado al horno.

El registro final de datos para el cuadro de reporte de ensayo de compresión paralelo a las fibras, incluye la medición del contenido de humedad con el higrómetro y posterior secado al horno.

Al utilizar el método de secado al horno, es posible corroborar la veracidad y calibración del higrómetro. Tras la medición de los especímenes fue posible establecer que la diferencia entre la medida del higrómetro y el método del horno es de solo 0.01%.

Esto significa que podrá ser utilizado para la medición de especímenes de mayor tamaño que tienen dimensiones que exceden el espacio de hornos.

Todos los resultados obtenidos, se presentan en un cuadro de reporte para cada uno de los especímenes. A modo de referencia, se presenta a continuación el resumen del espécimen 19B (ver Figura 145).

19B

Especie:	<i>Guadua angustifolia</i>
Referencia de espécimen:	Zona B
Nudo:	NO
Método contenido de humedad:	Secado-horno

Tiempo de falla (s) – descartar <180s	340	
Carga máxima (kN)	175.77	
Masa de espécimen, m (g)	150.41	
si aplica secado en horno		
Masa al momento del ensayo, m _i (g)	150.41	
Masa después de secado en horno, m ₀ (g)	133.36	
Si aplica medidor de humedad		
lectura 1 de contenido de humedad (%)	13.2%	
lectura 2 de contenido de humedad (%)	14.1%	
lectura 3 de contenido de humedad (%)	12.2%	
Contenido de humedad, w (%)	12.8%	
Longitud 1 de pieza (mm)	71.50	
Longitud 2 de pieza (mm)	70.07	
Promedio-Longitud de pieza (mm)	70.79	
	Base	cola
Diámetro 1 al final de la pieza (mm)	79.96	78.27
Diámetro 2 al final de la pieza (mm)	81.07	78.05
Promedio -Diámetros al final de la pieza (mm)	80.52	78.16
Promedio-Diámetros total (mm)	79.34	
Espesor de pared 1 (mm)	16.89	12.33
Espesor de pared 2 (mm)	13.66	12.74
Espesor de pared 3 (mm)	13.58	15.81
Espesor de pared 4 (mm)	14.98	14.25
Promedio-Espesor de pared al final de pieza (mm)	14.78	13.78
Promedio-Espesor de pared total(mm)	14.28	
r _{test}	728.05	kg/m ³
r ₁₂	722.98	kg/m ³
q _{test}	2.12	kg/m
q ₁₂	2.11	kg/m
f _{c,0}	60.22	MPa or N/mm ²

Figura 145. Cuadro de reporte de ensayo de compresión. Especimen 19B.

El resumen de los resultados obtenidos para los 30 especímenes ensayados a compresión se presenta en la Figura 146. Los datos se ordenan de mayor a menor, con base en el valor obtenido como $f_{c,0}$, la fuerza de compresión paralela a las fibras.

ESP.	NUDO	Masa de espécimen (kg)	Contenido de humedad	Promedio Longitud (mm)	Promedio diámetros (mm)	Promedio espesor de pared (mm)	Carga máxima (Kn)	tiempo (s)	rtest (kg/m3)	r12 (kg/m3)	qtest (kg/m)	q12 (kg/m)	fc,0 (Mpa)
14T		88.33	9.9%	77.18	63.91	6.16	77.11	300	1023.95	1043.74	1.14	1.17	68.99
5M		179.98	9.9%	92.38	93.80	10.26	182.08	240	723.72	737.72	1.95	1.99	67.64
1T		123.70	11.2%	85.87	88.18	7.38	113.64	400	769.37	775.11	1.44	1.45	60.69
19B		150.41	12.8%	70.79	79.34	14.28	175.77	340	728.05	722.98	2.12	2.11	60.22
6T		136.82	9.8%	89.16	90.34	7.49	114.35	165	787.05	802.89	1.53	1.57	58.65
21M	sí	191.23	13.2%	85.35	95.08	8.10	119.71	405	1012.22	1002.79	2.24	2.22	54.08
8B		171.10	13.3%	77.71	77.84	17.22	174.53	610	671.59	664.04	2.20	2.18	53.23
22T		104.23	10.1%	73.41	80.94	6.54	79.27	130	929.12	945.37	1.42	1.44	51.87
20M	sí	229.61	12.0%	93.68	97.09	10.36	145.65	250	868.34	868.05	2.45	2.45	51.60
17T		102.26	11.3%	79.59	83.80	6.88	84.75	200	772.83	777.37	1.28	1.29	50.97
3M		82.71	10.3%	69.07	75.49	7.94	82.19	270	711.03	722.02	1.20	1.22	48.80
29M	sí	251.88	12.0%	101.65	101.86	10.00	137.98	360	858.39	858.34	2.48	2.48	47.80
24B		147.53	14.0%	78.37	79.58	10.79	110.32	260	807.59	793.83	1.88	1.85	47.32
26T		196.90	12.3%	105.40	107.18	8.01	113.22	560	748.39	746.12	1.87	1.86	45.36
18T	sí	93.58	10.4%	78.90	79.57	5.69	55.32	270	897.63	910.69	1.19	1.20	41.86
28B	sí	331.20	22.2%	98.09	100.95	14.17	159.02	605	873.93	800.86	3.38	3.09	41.16
15B	sí	172.23	12.6%	85.64	86.35	10.33	99.41	240	815.52	811.08	2.01	2.00	40.31
7B	sí	203.95	13.0%	90.60	93.59	9.86	103.95	155	868.06	860.73	2.25	2.23	40.08
16B		230.78	11.7%	104.38	107.70	11.51	138.88	480	635.60	637.31	2.21	2.22	39.93
2B	sí	293.60	15.0%	94.99	95.44	16.73	161.38	350	747.07	726.75	3.09	3.01	39.01
13M		68.26	10.7%	73.24	76.47	6.30	54.20	500	670.89	678.63	0.93	0.94	39.01
4B		205.94	10.8%	93.91	95.87	13.40	134.97	240	631.62	638.44	2.19	2.22	38.88
9M	sí	280.03	14.9%	104.39	109.01	11.16	122.58	460	781.88	762.09	2.68	2.61	35.73
10T	sí	110.70	10.0%	78.03	75.77	7.18	55.17	540	917.24	935.43	1.42	1.45	35.67
23B	sí	243.23	14.2%	104.88	107.74	12.29	131.31	380	629.45	617.28	2.32	2.27	35.64
25T	sí	336.90	15.4%	115.41	117.09	9.11	104.86	345	945.03	917.43	2.92	2.83	33.95
11T	sí	137.42	12.6%	89.10	91.51	6.56	54.74	200	880.93	876.58	1.54	1.53	31.27
12M	sí	118.70	10.7%	79.54	81.12	8.16	58.08	470	798.37	807.47	1.49	1.51	31.07
27M		147.77	12.1%	97.23	99.51	7.08	62.02	120	738.94	738.57	1.52	1.52	30.15
30M		66.55	43.2%	76.49	78.21	6.30	42.33	600	611.32	478.17	0.87	0.68	29.76

Figura 146. Cuadro de resumen de ensayos de compresión paralela a las fibras de los 30 especímenes.

Se descartaron dos (2) resultados, que presentaban humedad superior a 18%, y cuatro (4), que fallaron antes de los 180 segundos. Los resultados promedio de la resistencia máxima de la *Guadua*, al esfuerzo de compresión, para los tres (3) segmentos del culmo, se presentan a continuación en la Figura 147.

	Promedio diámetros (mm)	Promedio espesor de pared (mm)	fc,0 (Mpa)
CEPA (B)	91.23	13.32	44.32
BASA (M)	91.24	9.04	46.97
SOBREBASA(T)	88.38	7.12	46.10

Figura 147. Resumen de promedios de resultados de ensayo de compresión paralela a las fibras.

Análisis de resultados

El valor medio obtenido para $f_{c,0}$, fuerza de compresión paralela a las fibras, fue de 45.80 MPa. En comparación, Lozano, citado por Trujillo y López (2016), reporta valores de entre 54.8 y 56.2 MPa, en estudios realizados por otros investigadores en *Guadua angustifolia* en Colombia. De acuerdo con Atelier One (2024), la variación intraespecie normalmente no debe exceder el 30%. En este caso, la diferencia calculada es de aproximadamente 17%, por lo que se considera una variación aceptable (Trujillo & López, Bamboo material characterization, 2016).

En cuanto al valor medio obtenido para f_v , resistencia al corte paralelo a las fibras (11.83 MPa), se comparó con el mismo estudio, que reportó un rango de 7.10 a 7.47 MPa. En este caso, representa una variación de aproximadamente 36%, superando el límite de variación intraespecie.

Dado que los resultados de los estudios dependen de distintos factores, comparamos con un segundo estudio, realizado para la misma especie en Pereira. Este reporta un valor de 9.66 MPa, con una variación del 18%, lo cual se encuentra dentro del margen aceptable (Henao & Quintero, s/f).

Los ensayos realizados de resistencia a compresión y corte constituyen una base técnica importante para el desarrollo de los cálculos estructurales. No obstante, se requieren ciertos parámetros complementarios establecidos por la norma ISO 22156, como la resistencia a tracción, flexión y el módulo de elasticidad, para que un especialista pueda llevar a cabo el diseño estructural en una fase posterior.

Sin embargo, cumpliendo con el alcance de este trabajo, se demuestra la viabilidad del uso del bambú estudiado, por lo que, para el Diseño del Centro de Capacitación de Bioconstrucción, utilizaremos como base los resultados de la caracterización física y geométrica presentados, a fin de diseñar y aprovechar los segmentos de los culmos de acuerdo con sus particularidades.

5

ANÁLISIS DE SITIO



CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DEL SITIO

En el capítulo 3, exploramos el corregimiento de Potrerillos, su contexto, actividades y materialidad. Además, a través de las voces de sus habitantes, conocimos su perspectiva actual e intenciones para el desarrollo del corregimiento. Sumado a esto, la presencia y potencial del recurso bambú en esta zona y la capacidad estructural del material, estudiado en el capítulo 4, son la base para fundamentar una propuesta de diseño para el Centro de Capacitación.

No obstante, encontrar un sitio, analizar los factores que tienen influencia en él y, sobre todo, comprender el impacto que tiene una intervención humana, son aspectos tan relevantes como todo lo mencionado previamente, este es el enfoque que se desarrolla a continuación.

Análisis rururbano. ¿Dónde se localiza?

Pese a que la Ley N° 6 de 2006, sobre el ordenamiento territorial para el desarrollo urbano en Panamá, tiene el fin de procurar el crecimiento armónico de los centros poblados y de brindar a sus habitantes accesibilidad universal y mejor calidad de vida dentro de su ambiente geográfico, la elaboración de planes regionales y locales no ha sido una prioridad en los últimos años, razón por la cual no existe un plan de ordenamiento territorial aplicable a Potrerillos (Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo, s/f).

No obstante, dentro de su desarrollo actual, es posible observar e intuir los usos de suelo que responden a las actividades y formas de vida de la población de hoy. Tomando en cuenta esta configuración, se determinó la ubicación del terreno para la propuesta.

Como se observa en la Figura 148, donde se distinguen, además, las conexiones viales, recurso hídrico y bambú localizado previamente, el sitio analizado se localiza en el corazón del corregimiento. Entre grandes áreas verdes, plantaciones y algunas viviendas, es accesible desde la vía principal, conocida como Avenida Central, y las demás arterias viales que comunican Potrerillos. Se trata de la Finca N° 170, Tomo N° 18, Folio N° 224, actualizada al Folio real N° 170, código de ubicación 4601, propiedad de la Nación, traspasada en uso y administración a favor del Ministerio de Desarrollo Agropecuario.

Elección del terreno propuesto

Con una extensión de 11 ha + 880.07 m², la Finca 170, El Refugio, es un ecosistema verde con un gran potencial. Las actividades y usos vigentes ocupan una reducida huella del sitio, mientras que el resto, cerca del 75%, se mantiene como un bosque virgen.

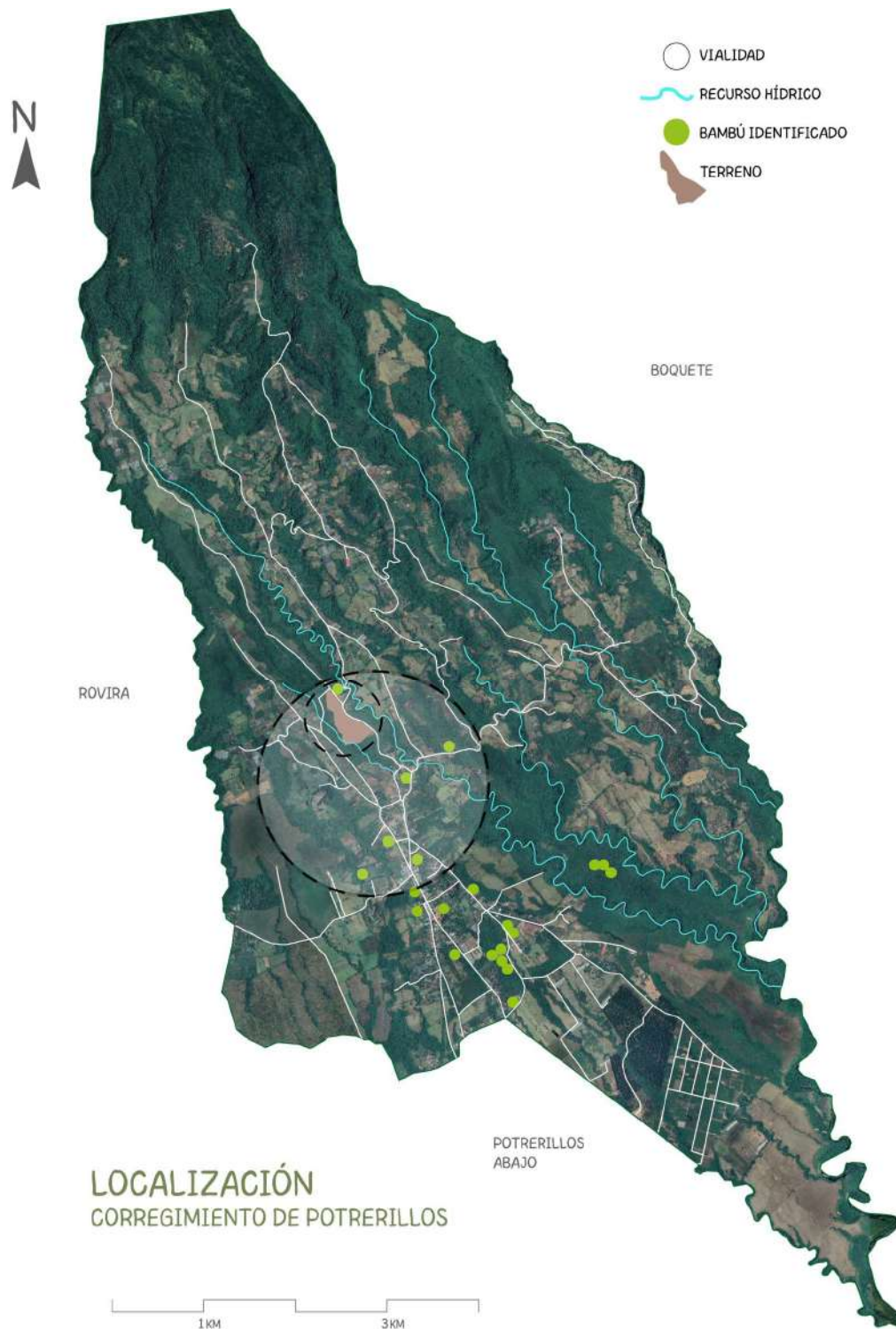


Figura 148. Mapa de localización de Potrerillos Arriba. Elaboración propia. Obtenido de *Google Earth*.

El enfoque actual del sitio es la producción de semillas para la siembra de cultivos y, por otro lado, la sanidad vegetal, tratando afectaciones a los cultivos de la zona. La mirada integral con la que se plantea la propuesta de un **Centro de Capacitación de Bioconstrucción con Bambú en Potrerillos** se enfoca en las posibilidades de un desarrollo planificado del sitio, manteniendo en paralelo estas actividades en beneficio de la comunidad. Se busca que este enfoque guíe las futuras intervenciones en el paisaje, aprovechando y protegiendo su naturaleza de manera equilibrada.

Acceso. ¿Cómo llegar?

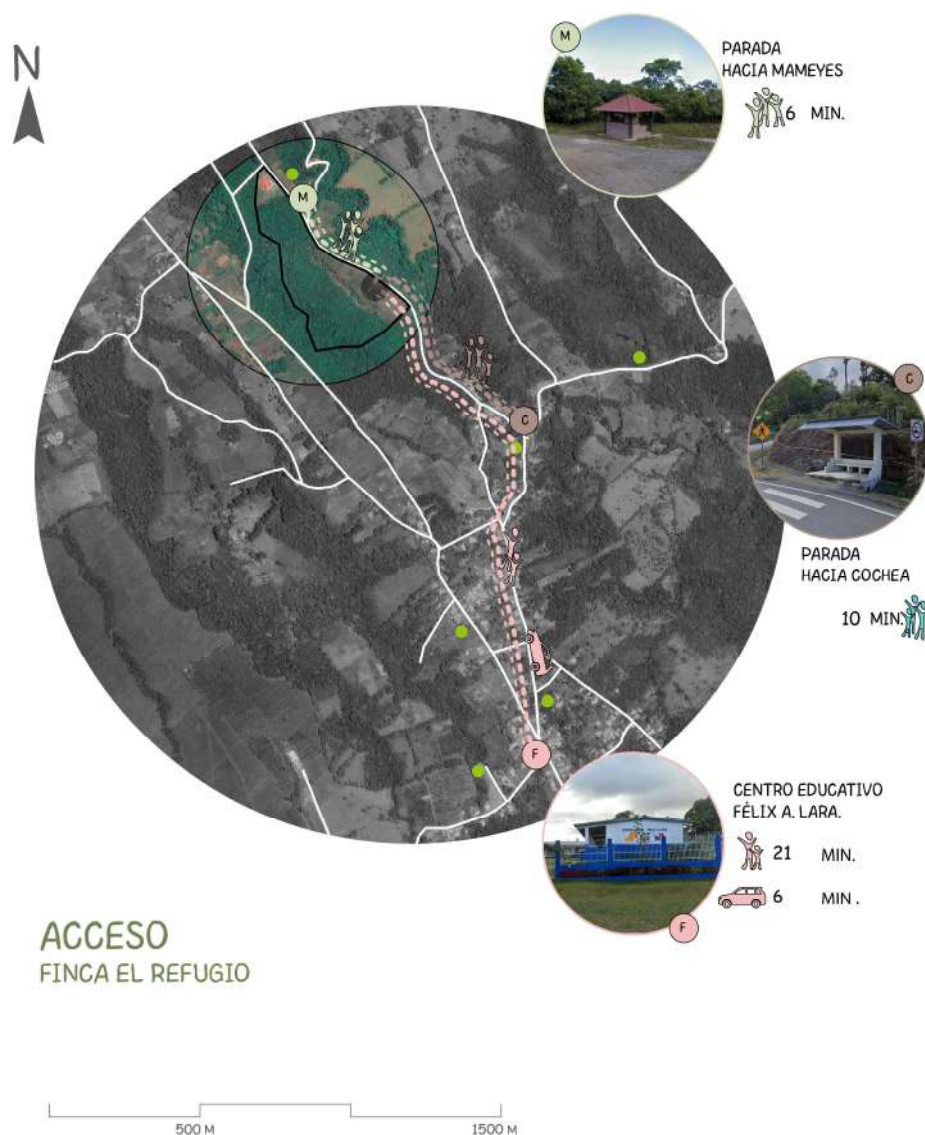


Figura 149. Acceso a la Finca El refugio.

Es posible llegar al sitio de las siguientes maneras:

1. Caminando 21 minutos, desde el Centro Educativo Básico General Félix A. Lara.
2. En automóvil, desde el Centro educativo, recorriendo 1.7 km en aprox. 6 minutos.
3. En autobús y caminando, en 6 minutos aprox., 350 m desde la parada hacia Mameyes.
4. En autobús y caminando, en 10 minutos aprox., 750 metros desde la parada en la carretera Cabecera de Cochea (Figura 149).

Vialidad y límites. ¿Cómo es el entorno?

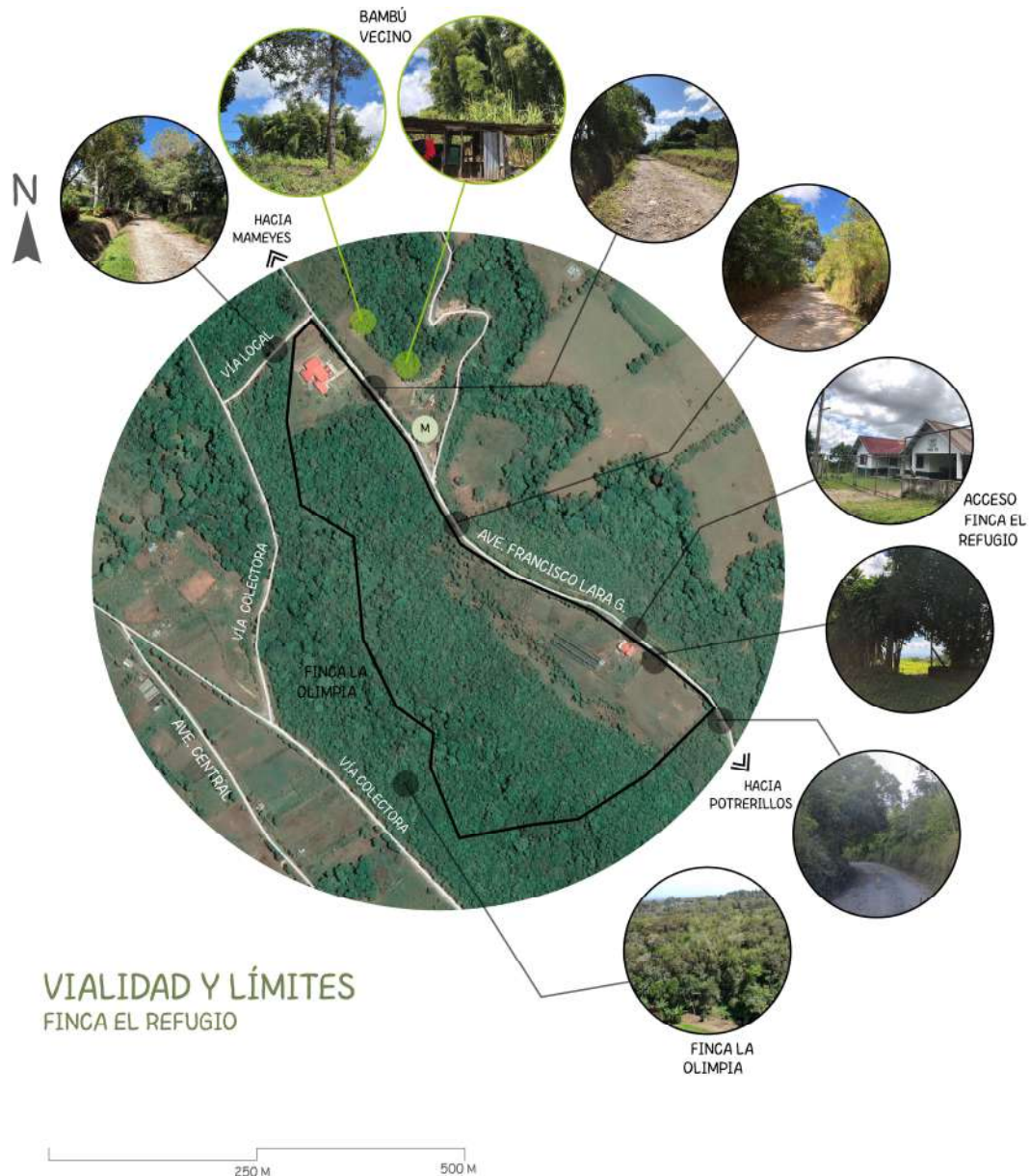


Figura 150. Vialidad y límites de la finca El Refugio.

El lote está rodeado de zonas boscosas y de cultivo. Su lado norte y este colindan con la Avenida Francisco Lara González, vía que comunica Potrerillos Arriba con Los Mameyes. Actualmente, la vía es un camino de piedras para el paso peatonal y vehicular, de seis (6) metros de ancho, sombreado entre árboles y vegetación. Al sur y oeste, limita con la finca “La Olimpia N° 1”, que es propiedad de la Nación (Figura 150).

La finca tiene una cerca perimetral que la separa de la calle, con dos entradas, la principal que accede al Semillero y otra más adelante, específicamente para el centro de Sanidad Vegetal. En sus cercanías se ubicaron también dos (2) plantaciones de bambú *Guadua angustifolia*, parte de la riqueza vegetal que rodea la zona.

Análisis climático y paisajístico.

La exploración del sitio es fundamental para comprender los elementos que lo definen e influyen. El sitio no es solo lo que vemos o conocemos, sino lo que sentimos en él y aquellos procesos que inciden en él cada minuto.

El sitio puede transformarse continuamente, de manera natural y por intervención humana. No obstante, esas intenciones deben, en el escenario más favorable, responder a un análisis previo. En este caso, para tener una visión integral, nos enfocamos en el clima y particularidades del paisaje, incluyendo su topografía, tipo de vegetación, tierra, configuración actual y las observaciones y vivencias, propias y colectivas, de los recorridos en el sitio.

¿Qué factores climáticos tienen incidencia sobre “El Refugio”?



Figura 151. Vista en la finca El Refugio.

En la Figura 152, se presenta el análisis climático del terreno. Una corriente de agua del primer brazo del río Cochea pasa por esta finca y un gran manto verde cubre el terreno en gran parte de su extensión. Se expresan además los factores más relevantes, que se detallan a continuación: temperatura, incidencia solar, lluvias y vientos.



Figura 152. Análisis climático de la finca El Refugio.

Temperatura

Las temperaturas más bajas varían entre 16° C y 8° C y las más altas entre 25° C y 26° C, dependiendo de la hora y época del año. La sensación de temperatura tiende a ser fresca las primeras horas de la mañana, desde las 4:00 a.m. hasta las 9:00 a.m., cómodo entre las 9:00 a.m. y las 12:00 m.d. y caliente hasta las 5:00 p.m. La temperatura vuelve a sentirse cómoda entre las 6 p.m. y la madrugada.

Incidencia solar

En cuanto a la incidencia solar, amanece entre las 6:09 a.m. y 6:50 p.m. y atardece entre las 6:06 p.m. y 6:53 p.m. Un punto importante para el diseño y también para su aprovechamiento, es la energía solar por m², que alcanza su punto más resplandeciente entre enero y marzo (6.0 kWh a 6.7 kWh), en contraste con los meses más oscuros, entre mayo y octubre (4.0 kWh a 3.4 kWh).

Lluvias

La temporada seca, se extiende por 4.7 meses, desde diciembre a abril, con una probabilidad diaria de lluvia promedio del 8% al 30%. El promedio más bajo de lluvia registrado es de 22 mm en el mes de febrero.

La mayor parte del año, 7.3 meses, comprendido de mayo a noviembre, es lluviosa. La probabilidad diaria de lluvia va hasta 51% y el promedio más alto de lluvia registrado es de 225 mm en el mes de octubre.

Vientos

En Potrerillos, los vientos predominantes vienen del Norte durante 2.3 meses, de junio a agosto y luego durante 6.5 meses, de noviembre a mayo. En el primer periodo los vientos alcanzan cerca de 3.9 km/h, mientras que, en el segundo, cuando entra la temporada seca, se registran los días más ventosos, con velocidad promedio entre 6.0 y 8.1 km/h.

En una menor parte del año, 2.9 semanas entre mayo y junio, y 2.6 meses entre agosto y noviembre, los vientos vienen con dirección Oeste con velocidad promedio de 3.9 a 5 km/h.

¿Cómo es su topografía?

La altitud del terreno varía entre 1006 metros sobre el nivel del mar en su punto más bajo y 1063 en su punto más alto, ubicado hacia el norte (ver Figura 153).



Figura 153. Topografía de la finca El Refugio.

Las secciones se aprecian en la Figura 154. En el sentido longitudinal, se presentan dos cortes, la Sección B-B' y la Sección C-C'. El terreno asciende 52.07 metros a lo largo de una distancia horizontal de 653.32 metros, lo que da como resultado una pendiente del 7.97%. En el estudio del área libre del terreno, nos encontramos una pendiente similar, tomando como referencia la Sección C-C'. En una distancia horizontal de 324 metros, el terreno se eleva 27.96 metros de manera ascendente, manteniendo una pendiente de 8.63%.

En el sentido transversal, en la sección A-A', se muestra que en una distancia horizontal de 293.77 metros y bajando en dos puntos, el desnivel del terreno es de 1.26 metros. En esta, la pendiente es menos del 1%, siendo 0.43%.

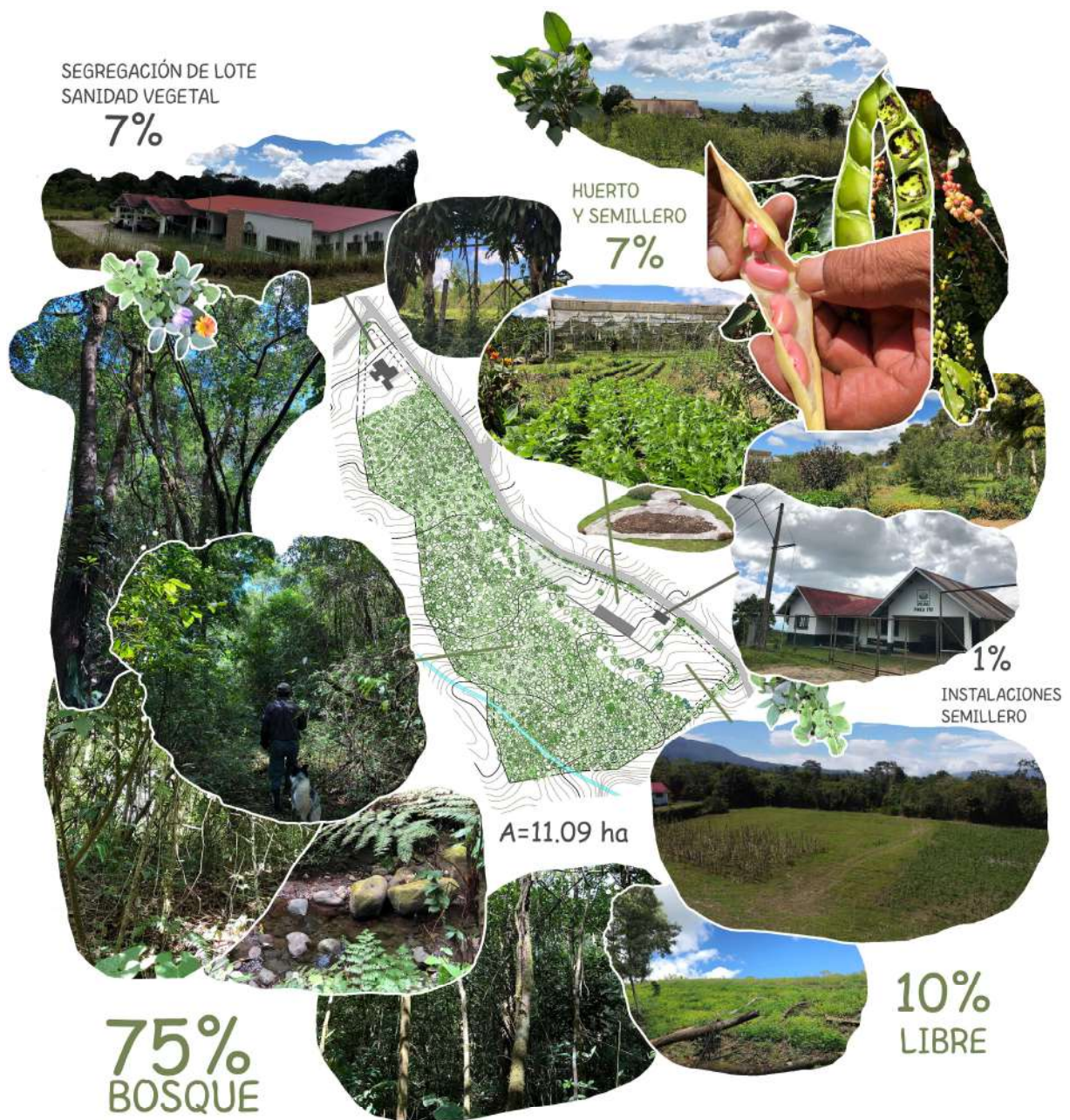


Figura 154. Secciones longitudinales y transversales.

“El Refugio” y su paisaje

El paisaje de la finca 170, el Refugio, se compone de diversos elementos naturales y construidos. La conexión entre las actividades humanas y el entorno se describirá más detalladamente a continuación. De igual manera, la riqueza vegetal que posee, así como las características de su suelo.

¿Cómo se configura actualmente?



CONFIGURACIÓN ACTUAL
FINCA EL REFUGIO

Figura 155. Configuración actual de la finca El Refugio.

La configuración actual del sitio se resume en la Figura 155. El área total del terreno es de 110,880.07 m², lo que equivale a 11 hectáreas en total. La misma se puede desglosar en cinco (5) zonas.

Área construida (semillero). La edificación dedicada a las oficinas de las actividades de producción de semillas de parte del MIDA, función actual del sitio, ocupa cerca de 281 m², equivalente al 0.25% del total. Junto a sus servicios, como tanque de agua de reserva, almacenamiento y alrededores, ocupa solo el 1% del total del terreno. Una cerca perimetral delimita esta y la zona de invernadero y cultivos (ver Figura 156).



Figura 156. Edificación existente. Semillero del MIDA.

Invernadero y cultivos. La superficie destinada a invernaderos y cultivos es de 7,802.33 m², lo que representa el 7% del área total. En este espacio se siembra y producen alimentos, además, de preparar semillas para los productores de la zona. Como se observa en la Figura 157, la cubierta del invernadero, de estructura metálica, se encuentra deteriorada, por lo que no está cumpliendo esta función actualmente.



Figura 157. Invernadero y cultivos de la Finca El Refugio.

Área libre. Actualmente, el espacio disponible y despejado del lote es de 11,323.77 m², lo que equivale al 10% de la superficie total. En la primera fotografía de la Figura 158, se observa sembrado y en la segunda, meses después de la cosecha. Tiene frente a la calle y está limitado por la cerca del semillero y en la parte posterior colinda con el bosque, como se observa en la tercera fotografía. La vista desde este sitio es impresionantemente bella.



Figura 158. Vistas del área libre del lote.

Superficie boscosa. Ocupa un área de 83,421.49 m², que representa el 75 % de la superficie total. Su extensión y densidad es el tesoro del sitio. Ha sido muy poco explorado y no hay caminos marcados para adentrarse a él, por lo que no ha sido alterado. El bosque es mayor y denso en la parte baja, cerca de la quebrada que lo atraviesa. Se tomaron fotos aéreas con la colaboración del científico Jean Bravo (ver Figura 159).



Figura 159. Imagen aérea del Bosque en visita al sitio. Adaptado de: Jean Bravo (Comunicación personal, 2023).

Sanidad vegetal: Separado, en el extremo norte del sitio, se segregó un área dedicada a sanidad vegetal MIDA, con oficinas, espacios de investigación y patio. Esta superficie cercada es de 7,920.46 m², representando el 7% del terreno.



Figura 160. Edificación existente. Sanidad Vegetal MIDA.

¿Cómo es su vegetación?

La vegetación del sitio es densa, variada y envolvente. En un recorrido con el Sr. Juan Jiménez y Jean Bravo, comprendimos que la finca funciona como refugio de miles de especies que crecen naturalmente y mantienen el equilibrio del ecosistema. Al mismo tiempo, otras plantas han sido sembradas, ya sea para embellecer o producir alimentos y semillas



Figura 161. Plantas ornamentales encontradas en la finca El Refugio.

La Figura 161 compila algunas de nuestras favoritas. Entre las que pudimos identificar, destacan plantas verdes y fuertes como la *Monstera* o la *Dracaena fragrans*, florales y delicadas como la *Ipomoea*, *Ruellia simplex* o *Canna* y otras exuberantes como la *Cordyline fruticosa*. Estas se ubican en las cercanías al camino y al entorno ya construido, en medio de los cultivos y árboles. Otras flores silvestres coloridas adornan también el paisaje. En cuanto a las plantas y cultivos alimentarios, en el sitio destacan: plátano, ñame, guandú, yuca, saril, entre otras. Por temporada se siembra maíz, poroto y lechuga verde y morada (ver Figura 162).

Cabe destacar que, gracias a la semilla del poroto, la finca se ha convertido en la primera que obtiene la certificación de producción de semilla en el Ministerio de Desarrollo Agropecuario, por el Comité Nacional de Semilla (MIDA, 2022).



Figura 162. Plantas y cultivos a en la Finca El Refugio.

La producción de este centro permite brindar semillas de buena calidad a quienes desean cultivar y se dedican a las actividades agroalimentarias en la zona. De igual manera, se cultivan y producen plantones de distintas variedades de café, como el Tupi y Catigua.



Figura 163. Árboles en la Finca El Refugio.

La cobertura boscosa ocupa más de siete (7) hectáreas en el terreno. En esta gran extensión crecen miles de árboles diversos, un tesoro vegetal digno del trópico húmedo.

El reconocimiento de árboles no es un trabajo sencillo y para lograrlo en este sitio se requeriría de un estudio experto detallado. En nuestra visita, contamos con la guía del Sr. Juan Jiménez, quien nos señaló algunas especies como el *Cecropia peltata*, conocido guarumo, el *Cojoba arborea*, conocido como lorito y un gran y hermoso árbol de eucalipto, *Eucalyptus camaldulensis*. Este último, se levanta en altura como una señal de entrada, justo en el límite entre el área libre del terreno y el punto de inicio del bosque (ver Figura 163).

Observar desde afuera el encuentro de las copas de los árboles o cómo se entrelaza la vida bajo su sombra escuchando sus sonidos, son de las experiencias más vívidas del sitio.



Figura 164. Plantas encontradas en el bosque.

Dentro del bosque encontramos otras plantas llamativas, rescatadas en la Figura 164. La *Cyathea hirsuta* es un helecho arborescente gigante que ha crecido en los alrededores del brazo de agua. Otra especie exuberante, que llama la atención por sus colgantes es la *Myriocarpa longipes*, resaltando en medio de los árboles.

Si hablamos de aprovechar los beneficios de las plantas, encontramos la jatata, *Geonoma deversa* y el Bijao o *Calathea*. La primera, es utilizada en algunas regiones como Bolivia, en el tejado de viviendas Mientras que el bijao, se utiliza localmente para envolver comidas como el

tamal y el llamado “mono”, plato tradicional chiricano. Adicionalmente, nos llamó la atención que su cera funcione como materia prima para hacer betunes, pulir pisos y muebles de madera, entre otros beneficios (Melgar & Peralta, 2009; El Faro, 2024).



Figura 165. Lectura de patrones del sitio.

En la lectura de este paisaje encontramos también patrones y formas naturales que captan la atención. Son visibles en la estructuración y morfología de las ramas y hojas, que extienden la vida hasta la última fibra (ver Figura 165).

Los troncos son diversos, con sus tamaños, texturas, colores y particularidades, e incluso su orientación. Ninguno es completamente recto, si no un relato de sus años de crecimiento y la búsqueda de la luz. Así, en conjunto, rodeados de enredaderas, musgos y lianas sostienen el ecosistema.

Esta dinámica de refugio se experimenta en diversas escalas. Tal como nos explica el Sr. Juan (comunicación personal 2023): Se establece naturalmente, un sistema que favorece el

equilibrio y desarrollo. En este contexto, el cerezo protege al plátano, que a su vez resguarda al café, y este último, seguramente, a todo un ecosistema que vive bajo su sombra.

Cuando la naturaleza se despoja de materia, esta tiene dos caminos: degradarse naturalmente donde está o aprovechar su utilidad para las necesidades y el ingenio humano. Con la segunda idea, y contando con que al terminar de utilizarse volverá a la misma tierra descomponiéndose, se construyen, entre otras cosas, los llamados techitos, que sostienen a algunos cultivos del sitio. Esta serie de patrones observados son un punto de partida para la idea conceptual del proyecto.

¿Cómo es su tierra?

Para acercarnos a conocer el tipo de suelo del área, se realizaron pruebas caseras de granulometría que ayudan a determinar porcentajes de arena, limo y arcilla.

Se tomaron muestras en dos (2) puntos dentro del terreno y en un punto cercano, a 620 metros aproximadamente del mismo, con el apoyo de Jean Bravo. A simple vista el color de la tierra varía, siendo más oscuro en las muestras de la finca El Refugio.



Figura 166. Procedimiento para prueba casera de granulometría.

El procedimiento realizado se resume en la Figura 166, tomando como referencia las pruebas realizadas en Casa de Campo con John Vásquez (comunicación personal, 2023). Luego de tomar las muestras y remover la capa orgánica, se revisó que estuvieran secas y listas para colar o tamizar.

Posteriormente, en frascos de vidrio, se agregó 30% de tierra y 70% de agua, un poco de sal y se agitó por 30 minutos. Luego de esto, las muestras comenzaron a separar sus componentes. Pasadas 24 horas, se aprecian las 3 capas de granulometría. Las muestras marcan un muy bajo contenido de arena, predominando el limo y la arcilla. Al tratarse de una prueba casera y considerando que deben realizarse una serie de ensayos más específicos, no nos adentraremos en dar resultados precisos. Sin embargo, se considera que la tierra podría ser aprovechada en bioconstrucción y convertirse en un objeto de estudio dentro del Centro de Capacitación.

Análisis para una intervención potencial

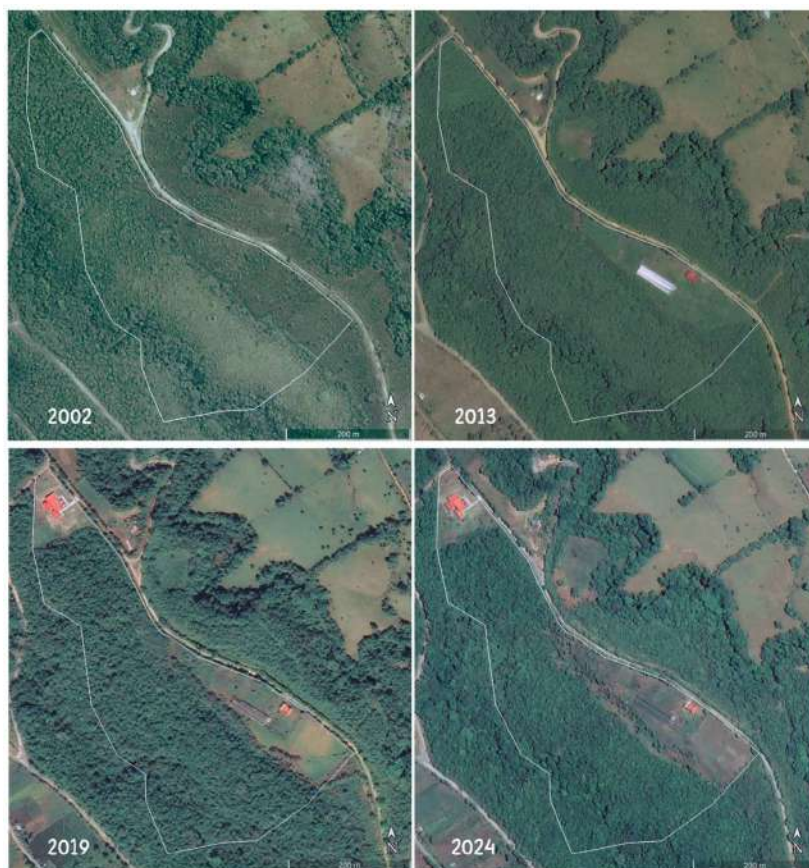


Figura 167. El paso del tiempo en la Finca El Refugio. Adaptado de: *Google Earth*.

Caminar por la finca El Refugio nos convence de que el paisaje es un ente vivo, en constante transformación, tanto por los procesos naturales, como las intervenciones humanas. Intentar comprender su evolución en el tiempo, nos ofrece perspectivas únicas sobre el sitio y su pasado, el presente y las posibilidades de una intervención a futuro.

¿Cómo solía ser la finca El Refugio?

En la Figura 167 se observa esta evolución. En el 2002 el terreno no había sido intervenido, la vegetación cercana al río era densa, en comparación con la vegetación cercana a los caminos. Hacia el 2013, se evidencia una marcada intervención en el sitio: la construcción de una estructura de invernadero y el primer edificio del MIDA. Mientras que en 11 años la vegetación creció mucho más, en las zonas construidas y al norte del terreno, se nota un despoje de árboles.

Seis años después, en el 2019, se construye el segundo edificio, que alberga las oficinas de Sanidad Vegetal. En este punto el bosque se veía mucho más denso y las zonas construidas e intervenidas tienen límites marcados, tanto por barreras naturales, como por cercas construidas. Una parte al este del terreno se empieza a utilizar para cultivos temporales. Esta configuración se mantiene hasta el momento de este análisis, en 2024.

¿Cómo podría intervenir?

Una intervención respetuosa debería ser un equilibrio dinámico entre lo que el sitio puede ofrecer y lo que el proyecto puede ofrecerle al sitio. ¿De qué manera podría lograrse este intercambio con el menor impacto ambiental negativo posible?

- Lograr mantener y preservar la mayor huella vegetal posible.
- Respetar los límites naturales del bosque y evitar la contaminación.
- Mantener el sistema de cultivos diversos, para la producción de alimentos y semillero.
- Mantener el equilibrio del ecosistema forestal, estudiarlo y crear senderos.
- Proteger el recurso hídrico y recolectar agua lluvia para el riego y otros usos.
- Generar energía renovable a partir del sol.
- Utilizar y experimentar con biomateriales.
- Realizar compostaje y generar abono a partir de los desechos orgánicos.
- Plantar especies como bambú para la absorción de agua y captura de dióxido de carbono.
- Crear un proyecto de cooperación y de desarrollo sostenible para la comunidad.



Figura 168. Imagen aérea del sitio. Adaptado de: Jean Bravo (Comunicación personal, 2023).



6 PROYECTO

CAPÍTULO 6: CENTRO DE CAPACITACIÓN

En este capítulo se documentan los procesos de diseño y proyecciones del **Centro de Capacitación de Bioconstrucción con Bambú en Potrerillos, Chiriquí**.

Hasta este punto, la investigación y el análisis en torno al recurso del bambú; las experiencias y referencias a nivel global, compartidos en los primeros capítulos; así como el diagnóstico a nivel nacional con enfoque en el estudio regional de Potrerillos; los ensayos del material disponible y el análisis del sitio a intervenir han sido una reafirmación de las intenciones del desarrollo de este proyecto. A su vez, este proceso investigativo ha nutrido los aspectos más determinantes de su planteamiento.

Pilares del proyecto

Como resultado de esa visión, se plantean cinco (5) pilares fundamentales, presentados en la Figura 169, en torno a los cuales se desarrollará la propuesta material e inmaterial para el Centro de Capacitación.

Estos son:



Figura 169. Pilares del Centro de Capacitación.

A continuación, en la Figura 170, se detallan las principales intenciones y acciones de cada uno de estos pilares. A partir de allí, generamos una lista de espacios que se alinean a lograrlos y que conformarán el programa arquitectónico.



Figura 170. Propuesta de programa arquitectónico con base en los pilares e intenciones del centro.

Programa arquitectónico

Una vez determinadas las zonas y los principales espacios del centro, procedemos al desarrollo del programa arquitectónico. Como punto de partida, los espacios se categorizaron en infraestructura viva e infraestructura construida. Este ejercicio buscaba explorar si el área a construir podía ser proporcional al área de la infraestructura viva a proponer, la plantación de bambú, y que a la vez sea cónsona con las infraestructuras vivas existentes, como el huerto y el bosque.

Infraestructura viva y construida

Consideramos como infraestructura viva a aquellas huellas de ecosistemas naturales que forman parte del sitio y se relacionan directamente con el proyecto, ya sea a través de conexiones visuales, senderos demarcados o pequeñas intervenciones. Así mismo, se incluyen los espacios intervenidos mediante materia viva, como plantaciones y cultivos, con sus respectivos caminos y áreas abiertas donde se desarrollan actividades de producción y aprendizaje.

Por otro lado, clasificamos como infraestructura construida a aquellas “plataformas techadas”, delimitadas, pero no necesariamente cerradas, que albergan las funciones del proyecto, resguardan y permiten la convivencia. En estos espacios se desarrollan las actividades y procesos experimentales, en estrecha conexión con la infraestructura viva.

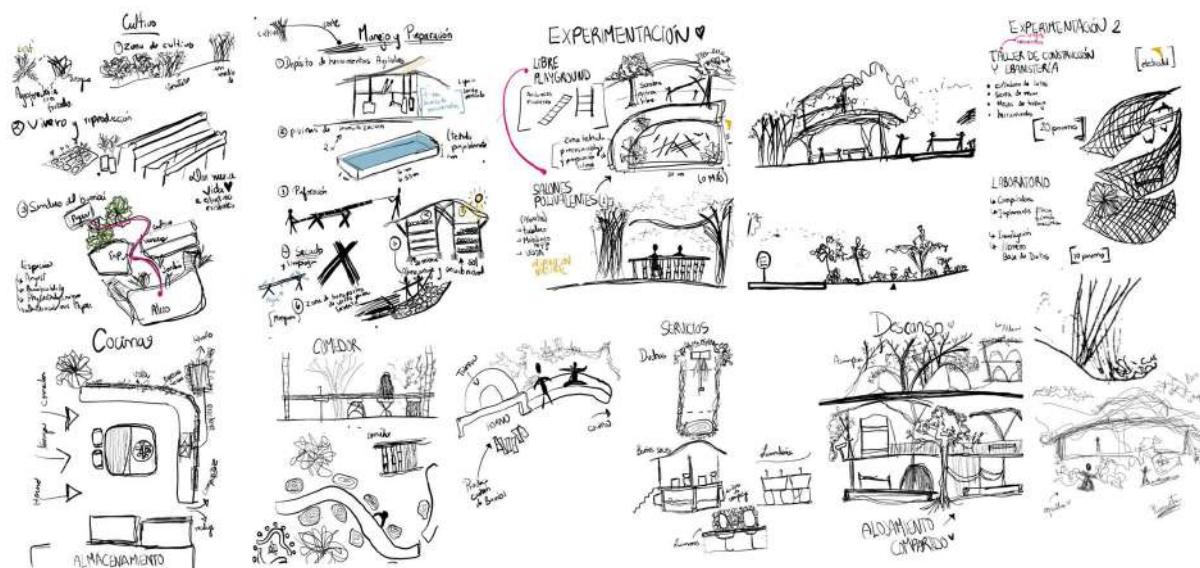


Figura 171. Primeras ideas: infraestructura viva y construida.

Después del primer análisis general sobre el funcionamiento e intenciones del proyecto, resumido en la Figura 171, definimos las zonas principales y las clasificamos de la siguiente manera:



Figura 172. Clasificación de las zonas principales del proyecto.

Intervención del sitio y dimensionamiento

Como ejercicio preliminar, analizamos la configuración actual del sitio para evaluar las posibles intervenciones. Se propone que de la superficie total de 11.09 hectáreas, se segreguen 3.81 hectáreas donde se desarrollará el proyecto.

Como se observa en la Figura 173, de la segregación propuesta, se plantea mantener los 6,902 m² de huerto existente, que corresponde al 18% del lote.

Buscando el equilibrio con la intervención y el contexto, se calculó que el área libre a intervenir sea de 15,600 m² (41%) y se igualó mantener 15,600 m² (41%) del bosque existente en integración con el proyecto.

En cuanto a los 15,600 m² de intervención, estos se dividen en 7,800 m² destinados a la plantación de bambú, una superficie proporcional a la infraestructura a construir para el centro de capacitación. En esta última se incluyen los accesos, estacionamientos, circulación, jardines y patio de experimentación. La distribución gráfica porcentual se ve de la siguiente manera:

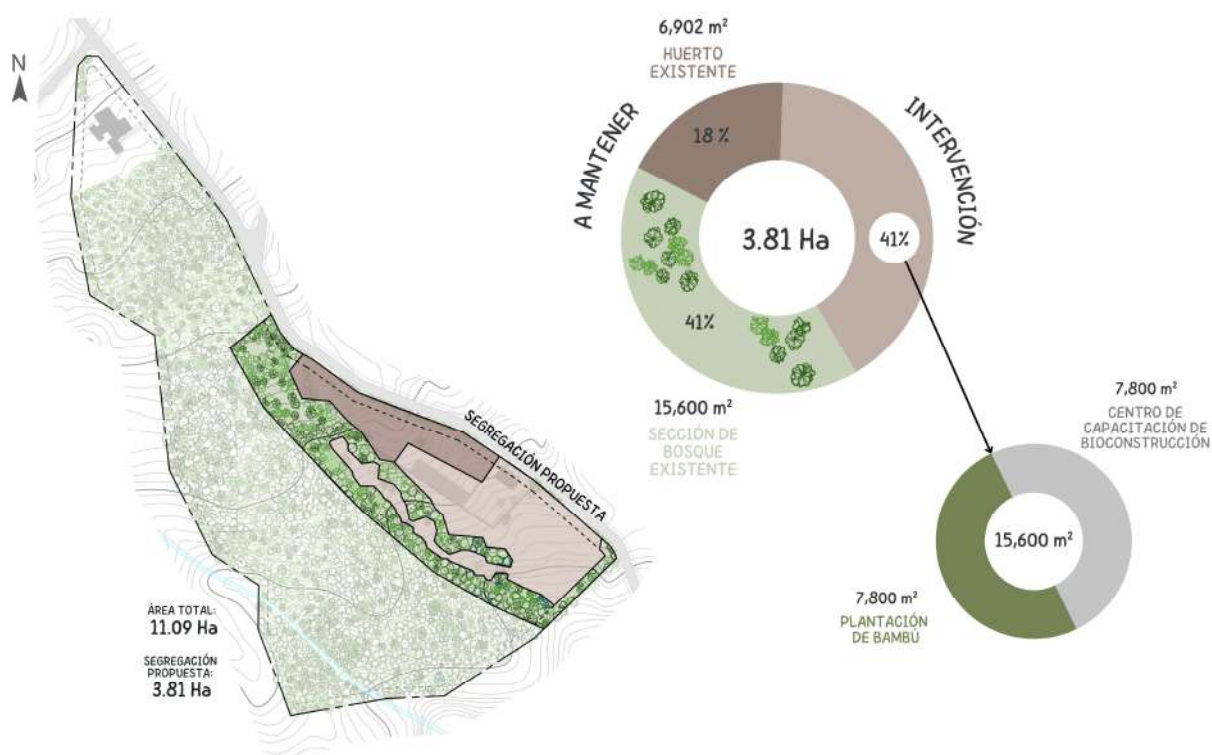


Figura 173. Segregación e intervención propuesta.

Desarrollo del programa

A continuación, se detallan los aspectos a considerar y dimensionamiento estimado de cada una de las zonas del proyecto.

Infraestructura viva

- **Bosque y huerto existente.** Se mantendrán las huellas actuales, considerando ubicar señalizaciones de caminos y nombres de cultivos y plantas. Estas zonas recibirán visitas y recorridos, por lo que se propone ubicar algunas bancas.
- **Plantación de Bambú.** Partiendo de un área estimada de 7,800 m² destinada a la plantación de bambú y considerando dar vida a las cinco (5) especies de bambú que encontramos en Potrerillos, se estima sembrar 260 plantones en parcelas de 5 x 5 x 5 metros. Se contempló el espacio para un buen manejo y aprovechamiento.

Como se presenta en la Figura 174, se propone que el 85% de la plantación sea de la especie *Guadua angustifolia* y el otro 15% sea dividido en las especies: *Bambusa vulgaris*, *Gigantochlea atrovioleacea*, *Bambusa vulgaris vittata* y *Dendrocalamus asper*.

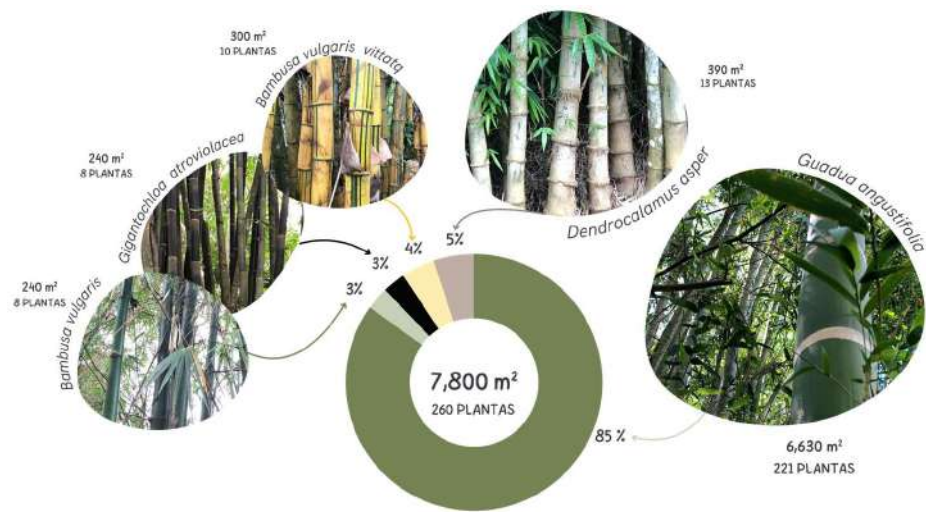


Figura 174. Distribución de especies en la plantación de bambú.

Para proyectar un posible escenario de aprovechamiento, consultamos el *Manual para el manejo agronómico y usos del bambú Guadua angustifolia en zonas rurales de Costa Rica* (s/f), elaborado por el Ing. Gilbert Charpentier del Ministerio de Agricultura y Ganadería de ese país. Aplicado a nuestro caso, si se siembran 221 plantones de *Guadua angustifolia* y cada uno produce de 12 a 14 culmos por año, los cuales tardan entre 4 y 6 años en madurar, y se cosecha aproximadamente el 40% de los culmos maduros en pie, siguiendo las recomendaciones del manual, obtendríamos un panorama estimado como el siguiente:

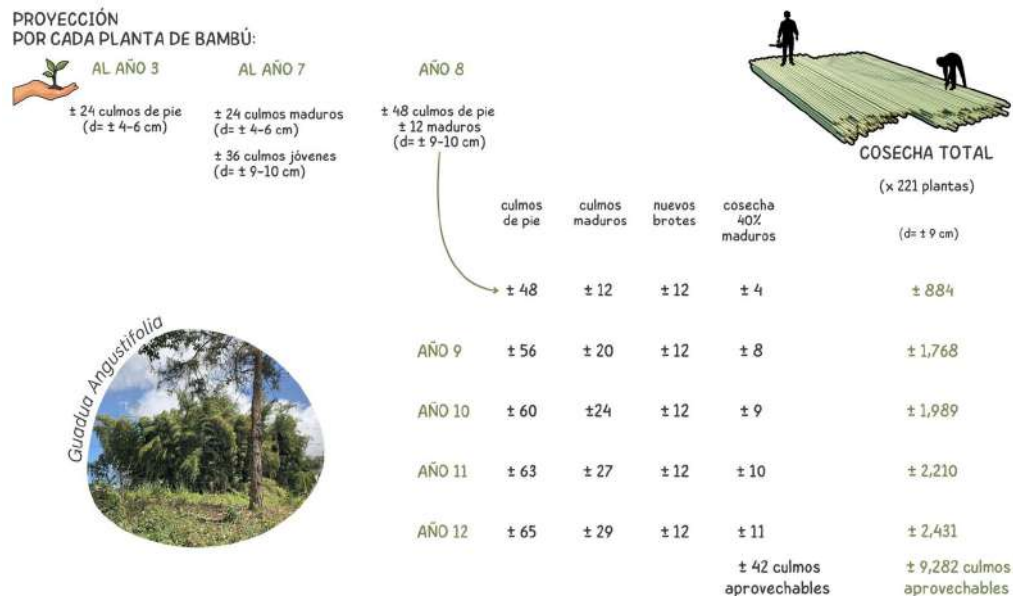


Figura 175. Proyección estimada, a 12 años, de las varas de bambú de la plantación propuesta.

La proyección presentada es una estimación de varas aprovechables por cada planta de bambú sembrada. En los primeros años, la planta crece y se fortalece. A medida que pasan los años, el diámetro de los siguientes culmos que brotan será mayor. Tal como se plantea, lo más probable es que al octavo año pueda realizarse la primera cosecha de culmos maduros con diámetro de entre 9 y 10 cm (Charpentier, s/f).

Si la cosecha anual de 221 plantas a partir del décimo año, considerando que ya está en equilibrio, sería de aproximadamente 1,989 varas, se podría estimar una cantidad de 2000 varas aprovechables, que puede ir incrementando gradualmente con los años. Esta cantidad podría ser dividida, por ejemplo, en cinco (5) cortes al año, estimando que se manejen 400 culmos por cada corte.

Con base en esta estimación, y considerando que el largo aprovechable en construcción puede ser de 12 metros o más y el resto de la vara puede ser destinada a otros usos, es posible determinar el espacio y requerimientos para cada uno de los procesos a realizarse en las zonas del proyecto. A la vez, considerando que al quinto año de cosecha el estimado de varas cortadas hasta entonces estaría cerca de 9,282 unidades de 12 m aprox., es posible hacernos una idea sobre su utilización en la construcción, ampliación y mejoras del centro mismo.

Infraestructura construida

Dentro de los principales aspectos a considerar en el dimensionamiento de los espacios, se establecen los siguientes:

- Las varas de bambú, al momento del corte o llegada en camiones, podrán tener una dimensión de hasta 12 metros.
- Las dimensiones de corte de varas podrían ser de: 9 a 10 metros, 6 a 7 metros y 3 a 4 metros.
- Los grupos de entusiastas, regularmente, serán de máximo 20 personas a la vez para talleres de campo y capacitaciones de aprovechamiento.
- Se deben poder desarrollar más de un taller al mismo tiempo en zonas distintas.
- Los espacios de convergencia deben recibir de 60 a 80 personas. En las demás zonas abiertas del proyecto, este número podría proyectarse a 300 o 400 visitantes al mismo tiempo en eventos mayores.
- La planificación de servicios, sistemas y equipamientos prioriza, en lo posible, la lógica cíclica y su articulación con las áreas del proyecto.

Con esta base, se presenta a continuación el programa arquitectónico del Centro de Capacitación. En este se detallan los usos, el dimensionamiento, equipamiento necesario y características principales (ver Figura 176).

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO

ATORIO/BIENVENIDA

ESPACIO	USO	USUARIOS	LARGO (m)	ANCHO (m)	m2	MOBILIARIO/ EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
ATORIO 1	Punto de llegada peatonal, recibimiento, exhibición y convergencia de visitantes.	50	30.00	11.00	330.00	Mesas y sillas para eventos o exposiciones. (no hay mobiliario permanente).	Abierto, de gran altura, espacioso, con patio interior, invita a entrar y encontrarse.
ATORIO 2	Punto de llegada desde el estacionamiento y acceso peatonal, recibimiento, convergencia de visitantes.	50	10.00	10.00	100.00	Mesas y sillas para eventos o exposiciones (no hay mobiliario permanente).	Abierto, de gran altura, espacioso, invita a entrar y encontrarse.

430.00

MANEJO, PREPARACIÓN Y TRATAMIENTO

ESPACIO	USO	TRÁFICO	LARGO	ANCHO	M2	MOBILIARIO/ EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Depósito de herramientas	Almacenamiento de herramientas.	4	3.00	3.00	9.00	Estanterías	Cerrado, ventilado e iluminado. Espacio para herramientas manuales y eléctricas.
Zona de preparación	Recibimiento de varas cosechadas y preparación para inmunizar.	4	12.00	12.00	144.00	Cortadora.	Espacio libre techado.
Zona de inmunización	Inmunización de varas de bambú (3 piscinas).	25	25.00	14.00	350.00	Piscina y conexiones de agua.	2 piscinas de 1 m x 6 m x 1 m y una piscina de 2 m x 10 m x 1 m

503.00

Abierto techado.

Zona de perforación de varas	Perforación de varas de bambú con barras de acero.	6	20.00	10.00	200.00	Montaje para varas.	Al aire libre. 3 varas de 10 m al mismo tiempo.
Zona de limpieza de varas	Limpieza de varas.	10	15.00	8.00	120.00	Montaje para varas y grifo con agua.	Al aire libre. 9 varas al mismo tiempo.
Zona de secado de varas	Colocar varas en forma triangular para secado al sol.	10	30.00	10.00	300.00	Soporte para varas en triángulo.	Al aire libre. 200 varas al mismo tiempo.
Carga y descarga	Entrada de camión para llegada y salida de varas.	10	50.00	20.00	1000.00		Al aire libre. Espacio para maniobrar y movilizar bambú.

1620.00

Al aire libre.

ALMACENAMIENTO DE VARAS

ESPACIO	USO	TRÁFICO	LARGO	ANCHO	M2	MOBILIARIO/ EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Almacenamiento de varas, latas y esterilla.	Clasificación y almacenamiento de varas por diámetro, latas y esterilla.	25	30.00	12.00	360.00	Estanterías de 3 o más niveles.	Almacenamiento para 2000 varas de 3 largos distintos. Dividido en diferentes puntos.
Depósito de herramientas para construcción	Almacenamiento de herramientas eléctricas y manuales.	4	6.00	4.00	24.00	Estanterías, mesa y grifo con agua.	Cerrado, ventilado e iluminado. Espacio para herramientas manuales y eléctricas.

384.00

EXPERIMENTACIÓN Y CONVERGENCIA

ESPACIO	USO	TRÁFICO	LARGO	ANCHO	M2	MOBILIARIO/ EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Salón polivalente	Aprendizaje, enseñanza, clases, dinámicas, experimentación con bambú.	25	16.00	9.00	144.00	Estantes, mesas de trabajo, mobiliario desarmable, pantalla, tablero, depósito.	Vista hacia el bambú. Salón abierto y transformable. Conexión con patio de experimentación.
Taller de transformación construcción y ebanistería	Corte, preparación y uniones.	25	12.00	12.00	144.00	Mesa de trabajo, máquinas y herramientas. Máquina para latas y esterillas, mesa de trabajo.	Abierto con espacio para maniobrar y observar procesos. Conexión con patio de experimentación y salones.
Baño seco 1	Necesidades fisiológicas.	25	5.00	3.00	15.00	Instalaciones sanitarias y de compostaje. Lavamanos, regaderas y espejos.	Baños secos (2) elevados con compostaje, lavamanos al exterior.
Laboratorio	Ensayos y experimentación.	25	5.00	4.00	20.00	Equipos, escritorios, mesas de trabajo.	Espacio cerrado.

323.00

DESCANSO

ESPACIO	USO	TRÁFICO	LARGO	ANCHO	M2	MOBILIARIO/ EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Zona para acampar	Descanso en tiendas de acampar.	8	9.00	9.00	81.00	tiendas y muebles	
Duchas, baños y lavandería	Necesidades fisiológicas.	28	18.00	4.00	72.00	Instalaciones sanitarias y de compostaje. Lavamanos, regaderas y espejos.	baños (4), lavamanos al exterior (6) y duchas (4). Conexión con la naturaleza.
Habitaciones	Descanso, interacción con la naturaleza, sociales y necesidades fisiológicas.	20	30.00	4.50	135.00	Camas, camarotes, mosquiteros, hamacas, mesas, sillas, lockers, artefactos sanitarios, espejos, armario.	Conexión con la naturaleza.

288.00

ALIMENTACIÓN Y SOCIALES

ESPACIO	USO	TRÁFICO	LARGO	ANCHO	M2	MOBILIARIO/ EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Cocina	Almacenaje y preparación de alimentos. Almacenaje, lavado y secado de utensilios.	12	12.00	6.00	72.00	Estufa, refrigerador, fregador, estanterías, botes de basura, mesas, canastas, maceteros.	Abierta, espacio para estaciones de preparación, vista al exterior, comunicación con el huerto y cultivo de especias y frutos pequeños.
Comedor	ingesta de alimentos y convivencia.	50	10.00	8.00	80.00	Comedor, mesa buffet, desayunador y taburetes	Concepto de una gran mesa compartida, fuego, vista al bosque.
Baño seco 2	Necesidades fisiológicas.	25	5.00	3.00	15.00	Instalaciones sanitarias y de compostaje. Lavamanos, regaderas y espejos.	Baños secos (2) elevados con compostaje, lavamanos al exterior.

167.00

VIVERO DE BAMBÚ

ESPACIO	USO	TRÁFICO	LARGO	ANCHO	M2	MOBILIARIO/ EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Vivero	Recolección, secado y almacenamiento de semillas	25	8.00	6.00	48.00	Mesa de trabajo, grifo con agua.	Espacio techado con entrada de luz.

48.00

MANEJO DE HUERTO Y SEMILLERO

ESPACIO	USO	TRÁFICO	LARGO	ANCHO	M2	MOBILIARIO/ EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Semillero	Recolección, secado y almacenamiento de semillas	4	6.00	4.00	24.00	Mesa de trabajo, grifo con agua.	Espacio semi-techado.
Depósito de herramientas	Almacenamiento de herramientas eléctricas y manuales.	4	6.00	4.00	24.00	Estanterías, mesa y grifo con agua.	Cerrado, ventilado e iluminado. Espacio para herramientas manuales y eléctricas.
Estación de residuos y zona de compostaje	Producción de compost para cultivos.	6	4.00	3.00	12.00	Estantes, cajones y tanques para compost, grifo con agua.	Techado y abierto. Considerar olores.

60.00

SISTEMAS Y EQUIPAMIENTOS							
ESPACIO	USO	TRÁFICO	LARGO	ANCHO	M2	MOBILIARIO/ EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Cuarto de aseo	Almacenamiento de utensilios de aseo.	2	3.00	2.00	6.00	Tina de aseo, estantería.	Ventilado e iluminado.
Depósito	Almacenamiento	4	5.00	4.00	20.00	Estantería	Cerrado, ventilado e iluminado.
Biofiltros	Filtros biológicos del agua de fregador para riego de cultivos.		4.00	2.00	8.00	Biofiltro con piedras.	Con tuberías de riego hacia cultivos.
Estación de residuos	Separación de desechos	4	3.00	2.50	7.50	Basurero de reciclaje.	Abierto, accesible.
Zona de paneles solares	Generación de energía eléctrica.		10.00	6.00	60.00	Paneles solares, máquinas.	Sobre tejado o sobre el terreno.

Cuarto eléctrico	Control y máquinas para generación de energía eléctrica.	2	4.00	3.00	12.00	Tableros y conexiones.	Cerrado.
Piscina natural	Natación, relajación, convivencia y juegos.	12	6.00	4.00	24.00	Sillas	Sombra entre árboles.
Recolección de Agua lluvia	Recolección de agua lluvia para reutilización.					Canales y tanques.	

137.50

ÁREA TOTAL ESTIMADA 2340.50

Figura 176. Programa arquitectónico.

El área total de infraestructura construida estimada es de 2,340 m² y 1,620 m² de espacio requerido al aire libre. El cálculo de estacionamiento propuesto, estableciendo uno (1) por cada 60 m² es de 39 unidades y un (1) espacio para carga y descarga. Para este, se utilizó como referencia la Resolución 33-2019 del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MIVIOT).

Relaciones espaciales

La relación deseada y funcional entre las principales zonas del centro, se presenta a continuación en la Figura 177. Se marcan, además, los accesos peatonales y vehiculares y su relación de llegada con los atrios, estacionamiento y carga y descarga.

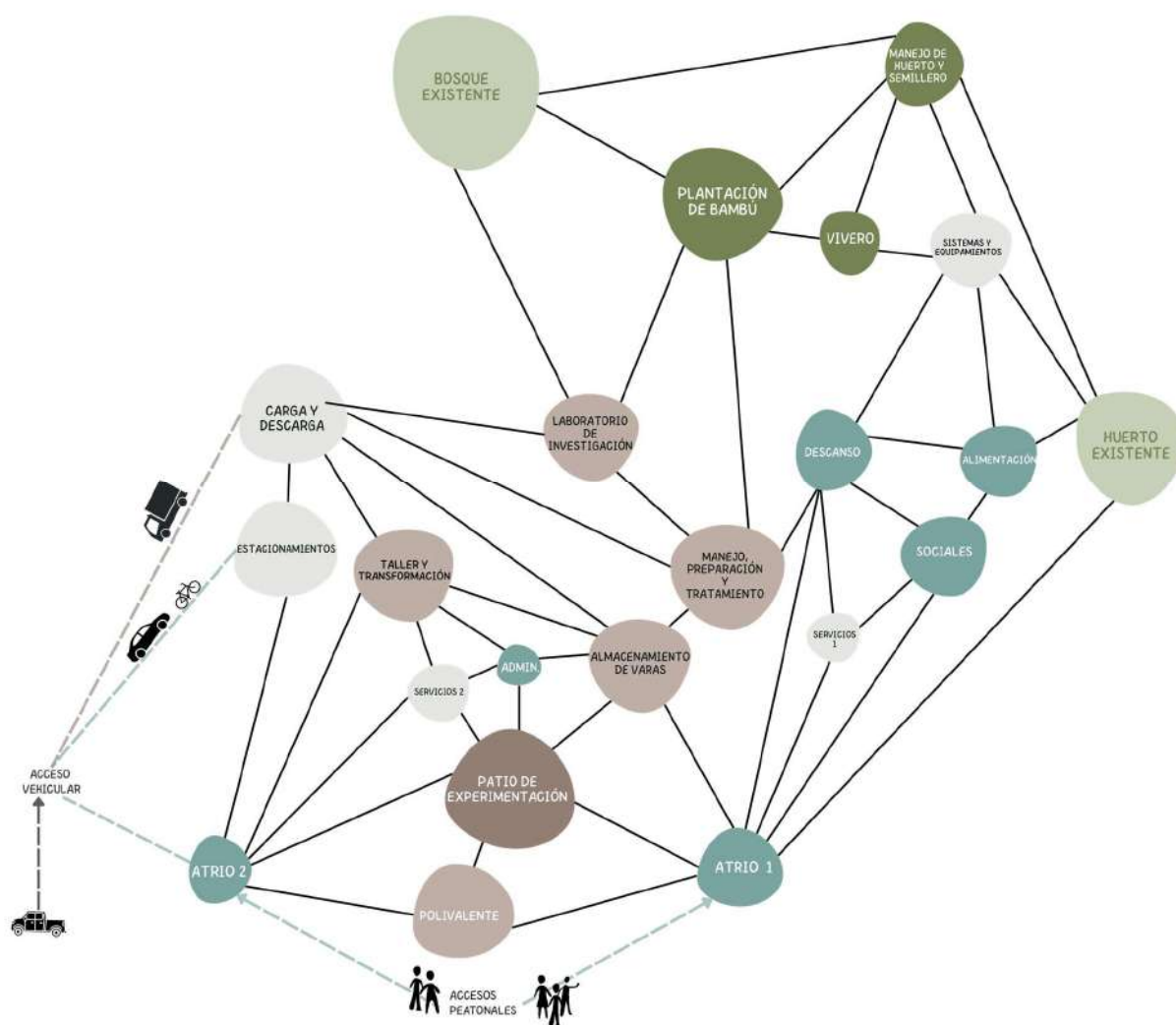


Figura 177. Diagrama de relaciones espaciales.

¿Cómo materializar el proyecto?

Materialidad

Se propone el aprovechamiento de la materialidad natural del sitio, enfocado en que el centro sea, dentro de lo posible, un ejemplo de infraestructura bioconstruida. Lograrlo, lo convertiría en un proyecto referencia de las técnicas que promueve.

Para ello, como se muestra en la Figura 178, se utilizan materiales del sitio, como la tierra, piedra, agua y maderas caídas, así como materiales que encontramos en el contexto local de

Potrerillos, como el bambú estudiado, otros tipos de tierra y material descartado que podría suprarreciclarse.

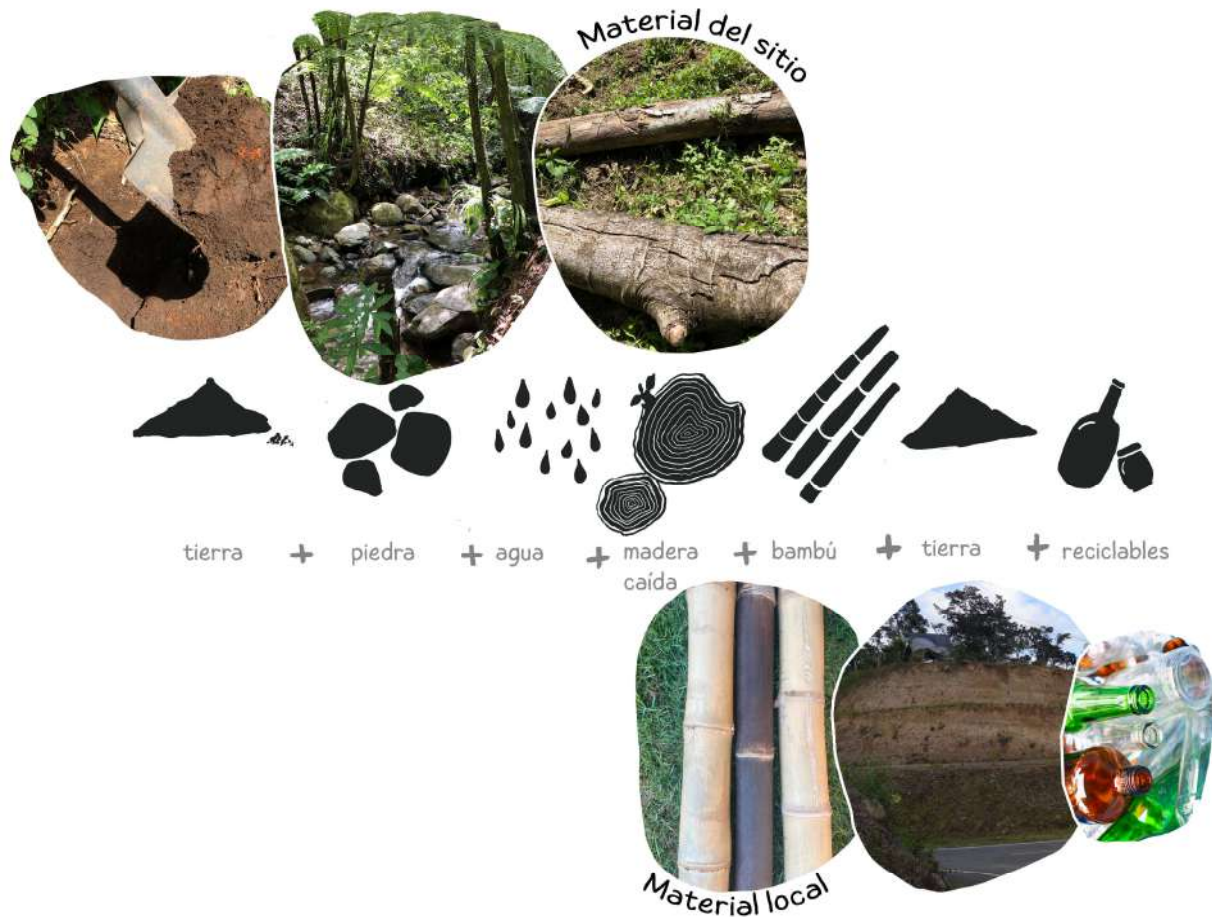


Figura 178. Materialidad propuesta.

Mano de obra

Con el fin de que el Centro de capacitación se convierta en una escuela de aprendizaje integral, se propone que comience a partir de la primera siembra de bambú y de las primeras fundaciones y columnas, siendo construido por la comunidad, con una guía profesional. Se busca lograr la sinergia y sentido de pertenencia, a la vez que se intercambian saberes y refuerzan las intenciones.

Los entusiastas van a ir de la mano de cada uno de los procesos para construir una estructura referente y cuyas técnicas y principios puedan ser replicables para otras soluciones.

Se busca que los vecinos puedan afianzar sus conocimientos en un proyecto que resguarde, comunique e inspire.

Evolución y crecimiento

Siguiendo esa idea, se propone un proyecto evolutivo. La intención es que crezca con el tiempo, comenzando por establecerse hasta madurar y estabilizarse. A medida que la comunidad se capacita y tanto el bambú, como el interés de la comunidad, crecen.

Infraestructura mínima viable (viva y construida)

Si el primer paso para iniciar el proyecto es establecer un vivero (como infraestructura construida) y comenzar con la plantación de bambú (infraestructura viva), entonces las siguientes preguntas claves son: ¿Cuál es el próximo espacio necesario?, ¿cómo puede crecer el centro con el paso de los años?, ¿qué tan polivalentes pueden ser los espacios desde el inicio?

Intentando responder estas preguntas, surge la idea de que existen infraestructuras mínimas viables. En casos como este, diseñar el centro completo desde el principio puede ser la ruta deseada. Sin embargo, también puede adoptarse un enfoque modular, que permita establecerse progresivamente conforme estén disponibles los materiales y la capacidad técnica.

Este planteamiento abre la oportunidad de construir lo que es posible en el presente, respondiendo a las necesidades iniciales, y, con el tiempo, ir atendiendo nuevas demandas espaciales. Además, permite involucrar a la comunidad desde las primeras etapas, facilitando el trabajo con bambú y capacitando al mayor número de personas posible.

El tiempo, entonces, se convierte en un modelador de posibilidades: influye en las oportunidades de ingreso, en el movimiento de personas, en el desarrollo comunitario y en el impulso del uso del bambú local disponible. El centro podría empezar a construirse utilizando las varas de bambú disponibles en la comunidad y luego crecer con las varas maduras de las cosechas de la plantación realizada y completar todo el ciclo.

Diseño conceptual y evolución de ideas

Lectura del sitio y primeros conceptos

El concepto de “Refugio”, se quedó grabado en nuestra mente una vez pisamos el sitio. La sensación de protección y de diversas capas de vida de las que está llena el lugar son una

señal clara de cómo debe sentirse el Centro: columnas y marcos que brindan protección, sin límites con el exterior, para sentir, contemplar y ser parte de él.

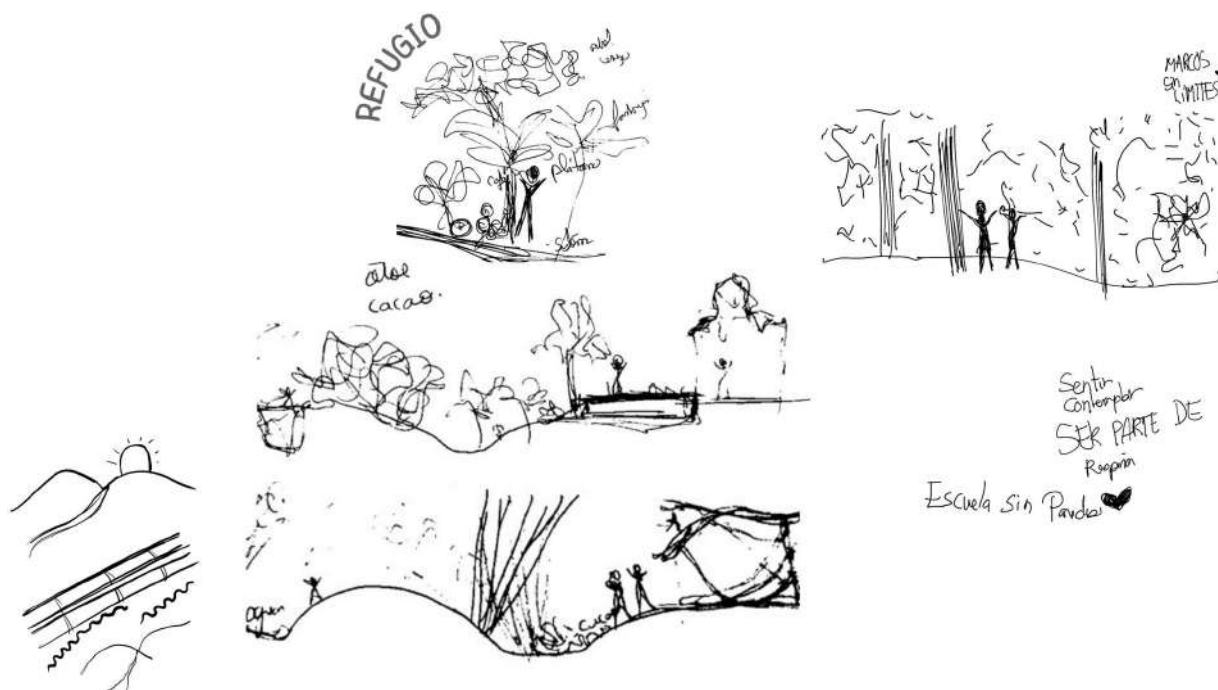


Figura 179. Dibujos realizados en la primera visita al sitio.

En la Figura 179, se aprecian los primeros bosquejos realizados en el sitio. La línea límite entre el bosque existente y el área libre para construir presenta un punto bajo en la topografía, que crea un canal. Consideramos este punto como el más adecuado para la siembra de bambú, tanto por captación de agua lluvia, como aprovechamiento de la pendiente y protección natural. En sección transversal, luego de esta línea vegetal, se podría ubicar entonces la infraestructura, en contacto visual directo con el bosque y la plantación.

También aparece el concepto de división, intervención, “en medio de”, al observar las montañas y la presencia de un cuerpo de agua en el terreno, similar al corte del bambú en canales y latas.

Realizamos una maqueta física y colocamos las zonas, en ubicaciones aproximadas según las relaciones espaciales deseadas (ver Figura 180). También, con mallas, se ubicó la huella de infraestructura viva: el huerto existente y el patio de experimentación. Hasta ese punto, los espacios se ubicaron de manera separada. La experimentación fue tomando un camino más unificado, al ubicarlos en una planta continua, donde se enumeran todos los procesos y las intenciones de recorrido del centro.

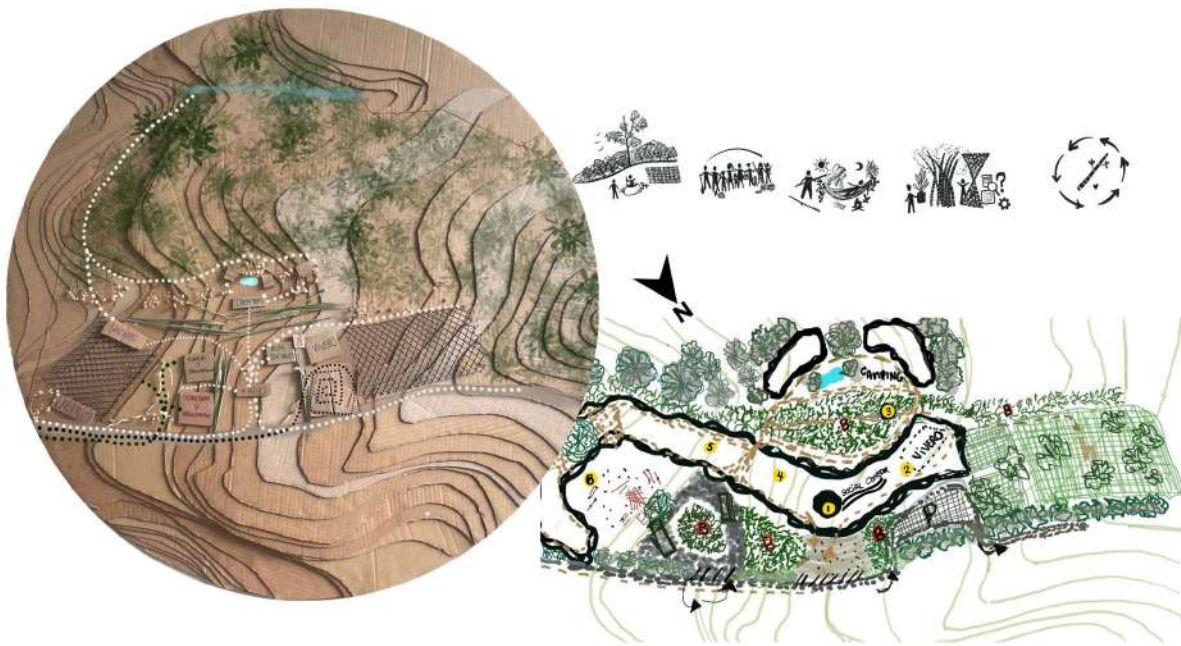


Figura 180. Maqueta física y distribución propuesta del proyecto.

Formas naturales con ramas de bambú

Paralelamente a los bosquejos, comenzamos a explorar utilizando las ramas recolectadas en el corte del bambú ensayado en Potrerillos. Para entonces ya se encontraban secas y nos llamó la atención sus formas naturales. Esas ramificaciones y diagonales que típicamente imitamos y buscamos constantemente en las estructuras de bambú y los materiales tubulares, funcionan de maravilla en la naturaleza. Por lo que analizar cómo funciona, entenderlo e imaginar las distintas posibilidades con escala humana, fue lo que hicimos en esta fase. Secciones de columnas, niveles, cerchas, techos, pisos y posibles estructuras llenas de dinamismo.



Figura 181. Exploraciones con ramas de bambú.

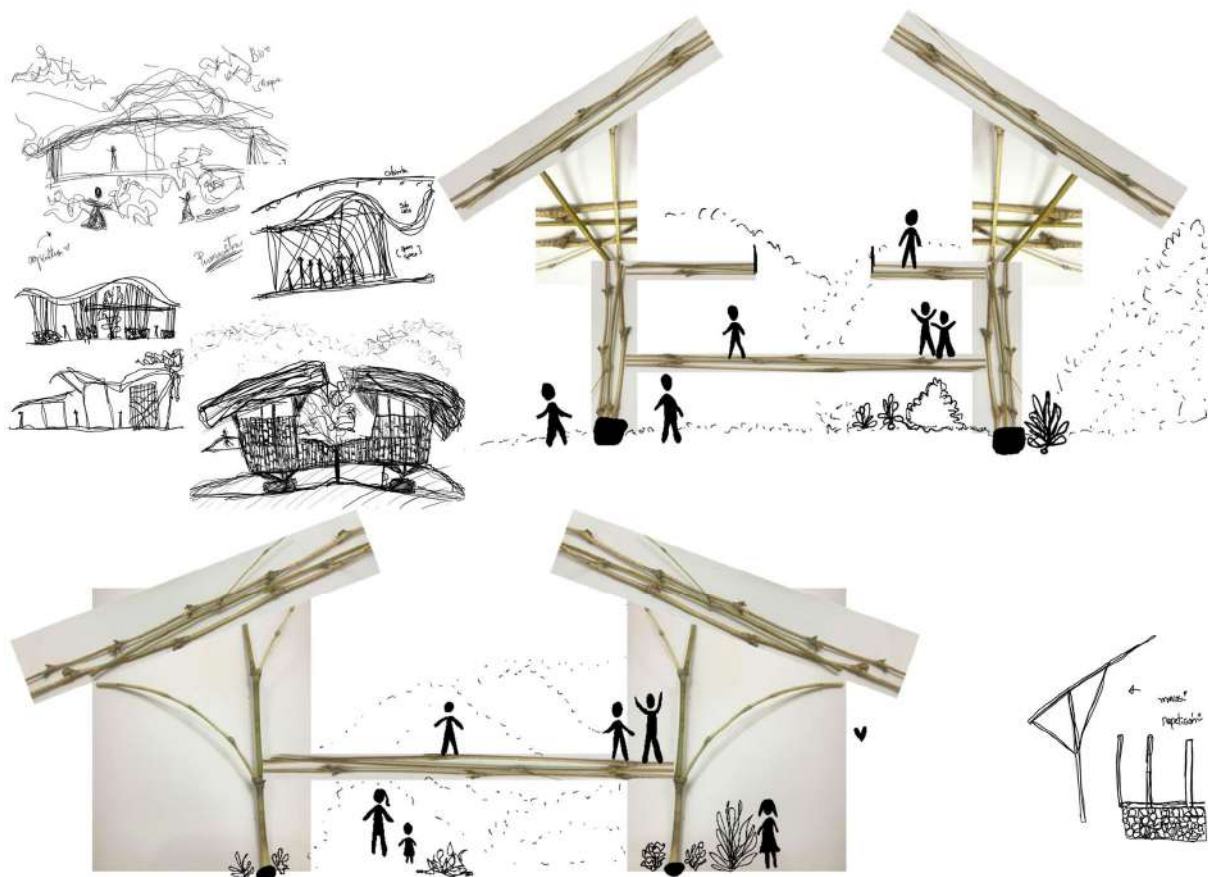


Figura 182. Exploraciones con ramas de bambú y resultados finales.

Un gran techo como refugio, con un luminoso tragaluz, es donde ocurre la vida en el Centro (ver Figura 182). En niveles para aprovechar los espacios, observar los procesos y encontrarse. Sostenido por columnas de culmos completos agrupados, con buenos zapatos y cerchas que dan rigidez. La topografía sigue su curso y se mantiene de forma natural, mientras la estructura se eleva.

Exploración biomimética y fenomenología

El fenómeno del sol, que crea luces y sombras al penetrar el bosque y encontrarse con los árboles. Esa experiencia del sitio, una de las más especiales, merece ser emulada en el diseño del Centro. En esta exploración de maqueta, se utilizaron latitas de bambú, entramadas en una retícula paraboloides hiperbólica. Las latas tejidas con la técnica de punta perdida crean un efecto de nido que logra transmitir la sensación de bosque. Entre luces y sombras, se plantea esta técnica para el tragaluz central, utilizando el plástico de los invernaderos, un material con el que los habitantes de Potrerillos ya están familiarizados (ver Figura 183).



Figura 183. Entre luces y sombras.

¿Cómo son las formas y líneas de la naturaleza? Hemos comprobado con el bambú que no son rectas, aunque parezca. Pero, ¿son curvas?, ¿qué observamos al mirar más de cerca?



Figura 184. Patrones en la naturaleza.

En la forma de las rocas, en las hojas, y muchos otros factores de la naturaleza, a simple vista o acercándonos un poco, encontramos polígonos. Cuando miramos más de cerca los patrones nos damos cuenta de que son figuras irregulares, que a su vez tienen lados irregulares. Incluso, utilizando latas casi rectas en punta perdida, es ese el patrón obtenido.

Con esa idea en mente, planteamos una línea conceptual del diseño, que no sigue rectángulos con ángulos rectos, sino polígonos irregulares que se fragmentan para formar módulos, siendo posible cerrar espacios según sea necesario. La estructura se alarga longitudinalmente y es paralela a la línea plantada con bambú y el bosque (ver Figura 185).

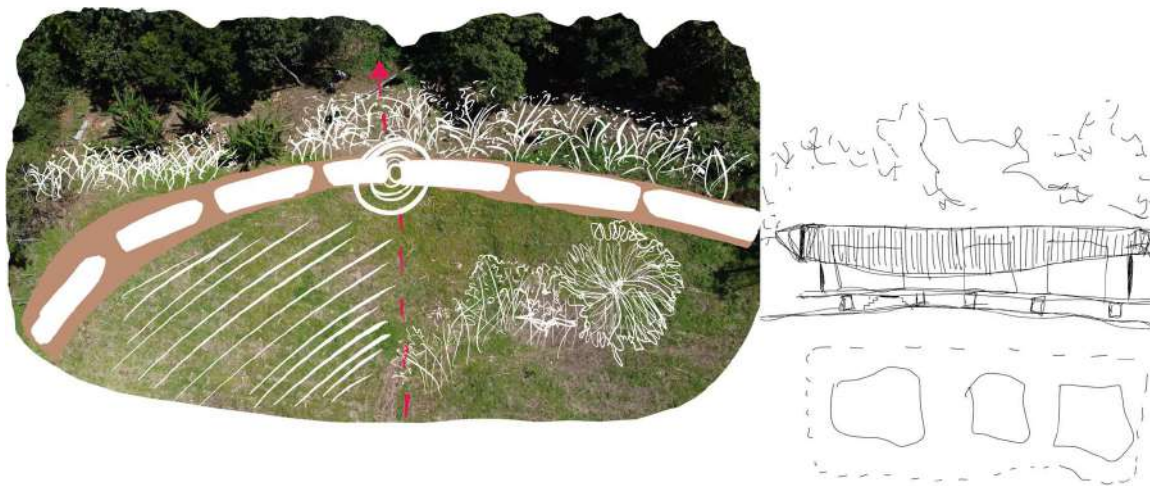


Figura 185. Planteamiento conceptual.

De esta forma, tal como un tallo de bambú se elonga hasta crecer nudo tras nudo, mientras varía, se ensancha, vuelve a hacerse más angosto según su naturaleza y las condiciones, así mismo, se plantea un desarrollo en “nudos”.

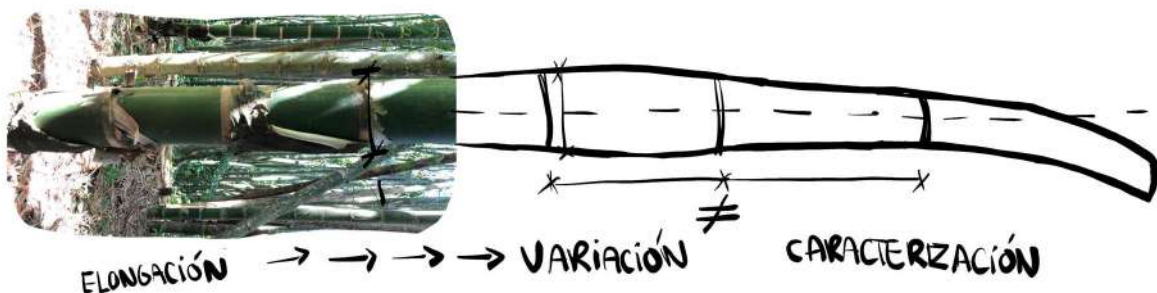


Figura 186. Exploración de la variación en la forma del bambú.

Intenciones formales y funcionales

El diseño modular en desniveles buscaba permitir el recorrido continuo de toda la planta a través de rampas y escaleras, con el reto de bajar aproximadamente 12 metros de altura entre el punto más alto y el punto más bajo. Se exploraron las formas de optimizar y aprovechar los espacios y las visuales ubicando todas las zonas. Al mismo tiempo, se analizó el tipo de estructura a utilizar, las características y largos que debía tener el material que se utilizará, así como establecer que zonas requerían de una sección transversal de mayor amplitud. Al tener los módulos como plataformas en niveles variados y buscando la lógica y la protección por diseño, comenzó a explorarse las posibilidades de escalonar los techos, de manera que los nudos puedan construirse independientemente y evolucionar.

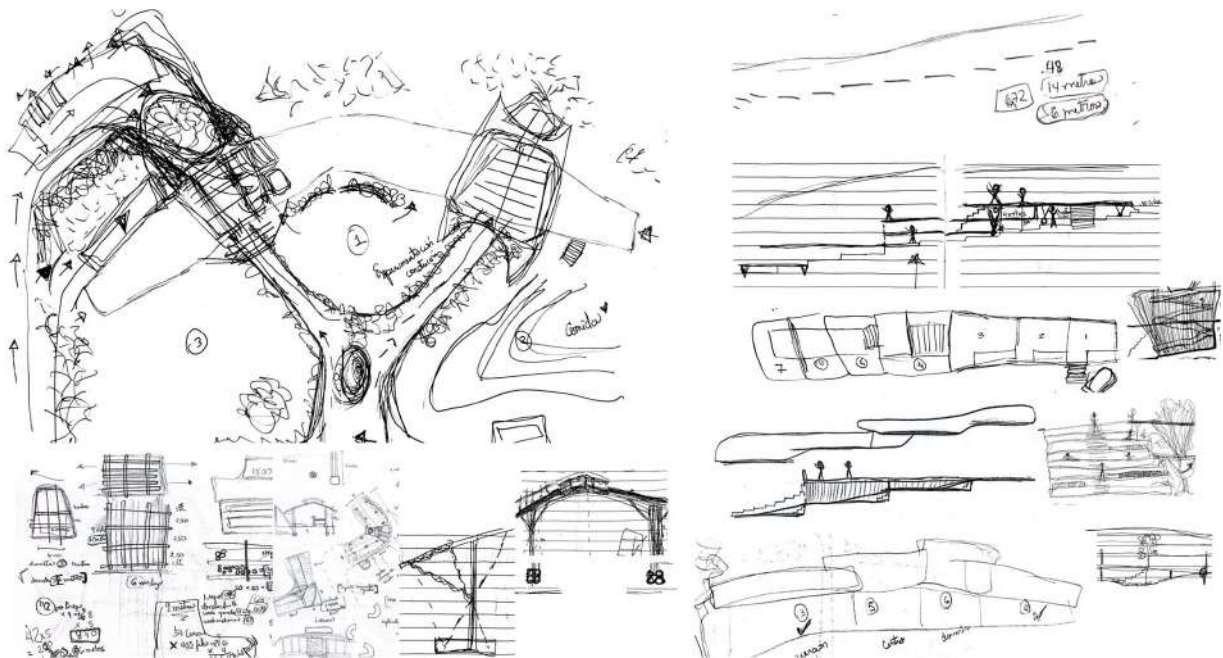


Figura 187. Bosquejos conceptuales del proyecto.

Analizando con atención el concepto planteado, en especial el desarrollo de la cubierta, recordamos la hoja de plátano, con la que tantas veces nos encontramos en las visitas en Potrerillos y en el sitio. La hoja de plátano, como se observa en la Figura 188, tiene una forma elíptica alargada, cuyo cuerpo se sostiene en una fuerte nervadura central, de la que se conectan nervaduras de manera perpendicular. En la planta, la hoja tiene una caída natural, que la lleva, por su peso a fragmentarse (ver Figura 188). Esa respuesta de la naturaleza es muy similar al efecto que puede lograrse en el diseño de la estructura de bambú, que, de igual manera, puede adaptarse con las alturas dadas por la topografía y permitir el flujo de aire y entrada de luz en la estructura.



Figura 188. La hoja de plátano como concepto de fragmentación.

Los siguientes bosquejos y exploraciones formales nos llevaron a un concepto más claro en cuanto a la funcionalidad y distribución de los espacios, así como a definir cómo debían responder los techos al sol y la lluvia.

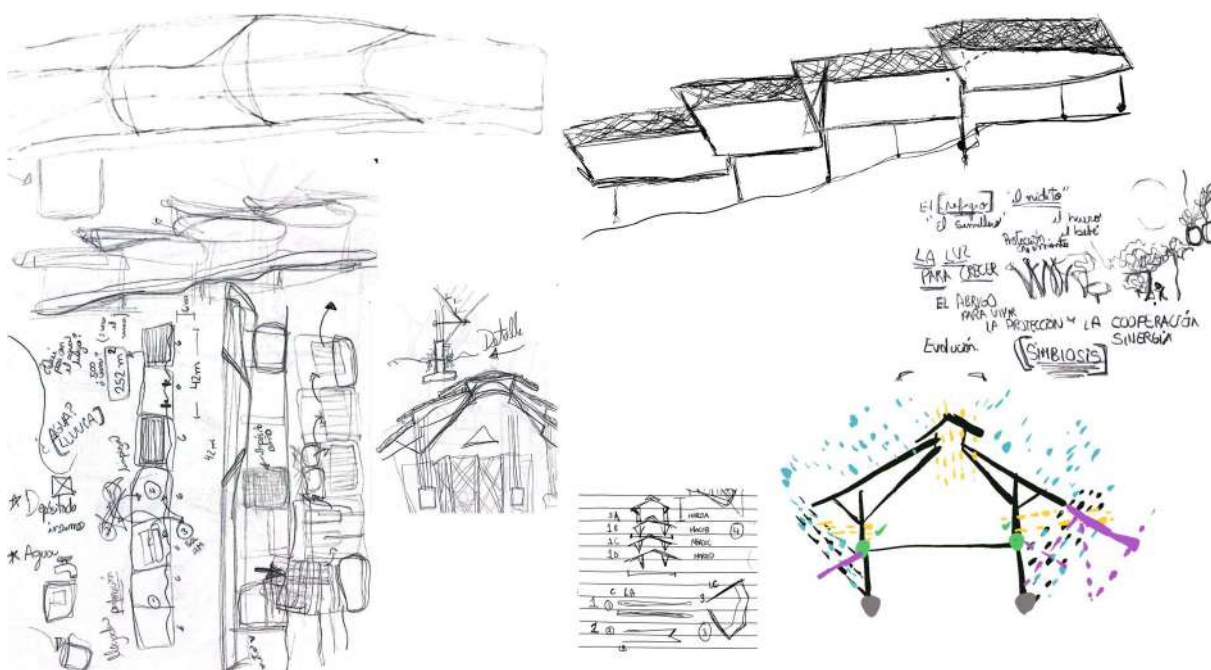


Figura 189. Exploraciones conceptuales finales.

Tal como se muestra en la Figura 189, los techos se extienden y se superponen respecto al más bajo, para protección contra la lluvia. La estructura que sostiene el techo puede variar y adaptarse según la altura, para mantener los culmos protegidos, también puede hacerse más ancho o angosto, según su posición.

Propuesta de Centro de Capacitación

El Centro de Capacitación de Bioconstrucción con Bambú en Potrerillos es un refugio que abraza la experimentación y los saberes. Se encuentra inmerso en un ecosistema natural y se desarrolla en torno a él.

Plan Maestro

El plan maestro demuestra una disposición integral que busca armonizar la infraestructura viva y la construida (ver Figura 190).

Infraestructura viva

La propuesta mantiene el huerto existente, destinado al cultivo de alimentos y producción de semillas. De igual manera, se mantiene la huella del bosque existente, integrándose con las intervenciones.

Como se observa en la Figura 190, la siembra de los 260 plántones se distribuye en distintos puntos estratégicos siguiendo una retícula de 5 x 5 x 5 metros que permite la expansión y crecimiento de nuevos culmos en cada planta, con espacio sano para su desarrollo y permitiendo el recorrido y manejo de los entusiastas y trabajadores.

Infraestructura construida

Accesos peatonales y vehiculares

Es posible ingresar al centro desde dos vías peatonales, que dirigen hacia los dos atrios propuestos. Los vehículos acceden por una vía ubicada al costado izquierdo del terreno.

Estacionamientos y área de carga y descarga

La zona de estacionamientos y área de carga y descarga está cubierta de *grama block*, permitiendo el uso de la zona según las necesidades y actividades del centro.

Escuela de bioconstrucción

La estructura se proyecta de forma alargada y se pliega en un punto para adaptarse al terreno y conjugar con el ecosistema natural.

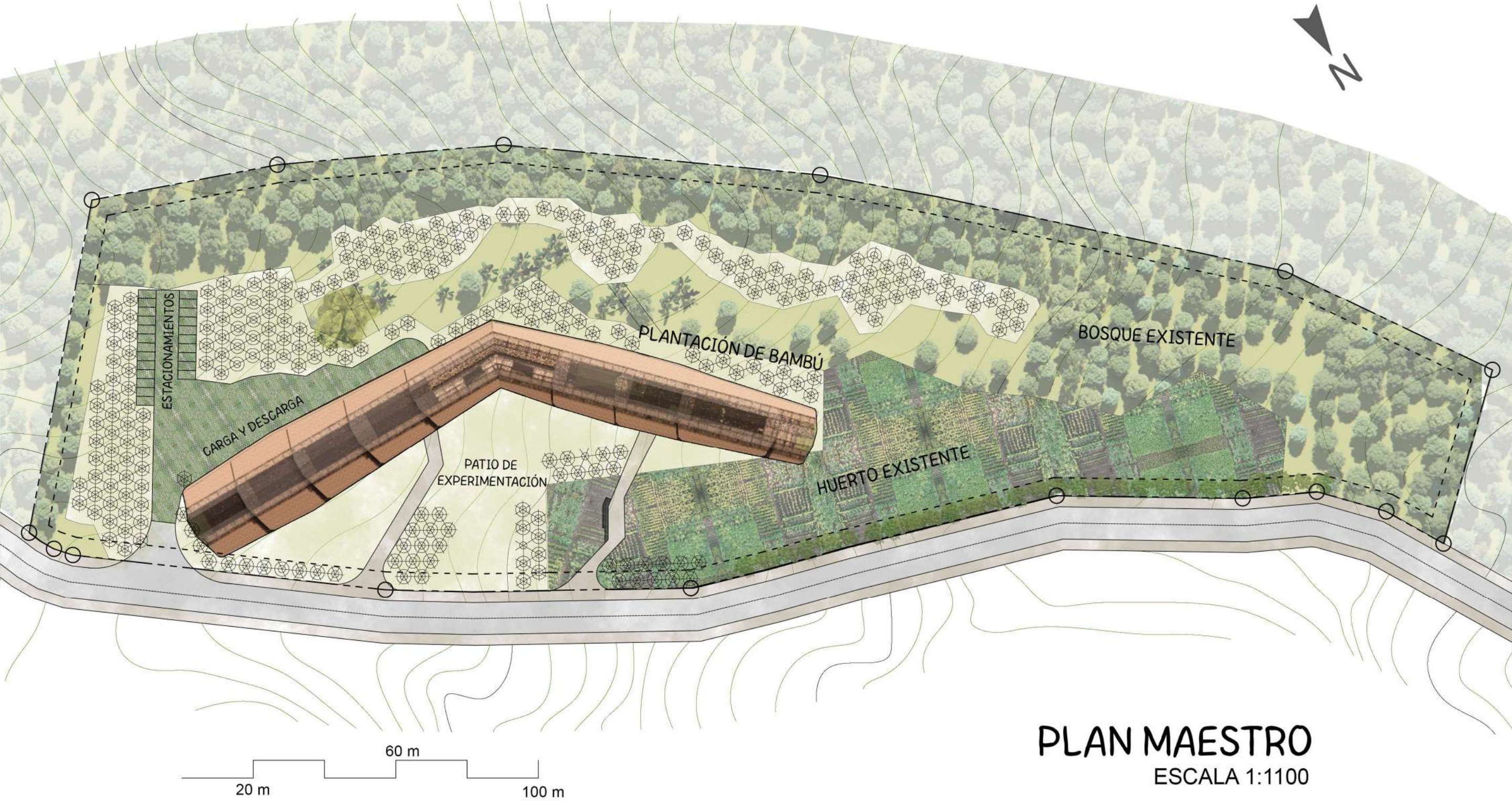


Figura 190. Plan maestro del Centro de Capacitación de Bioconstrucción con Bambú en Potrerillos, Chiriquí.

Plantas arquitectónicas

Los espacios en planta se organizan en niveles, conectados por rampas de 6 metros al 8% de pendiente. De derecha a izquierda, se ubican la cocina, el comedor y la sala. En ese mismo orden, la planta va ensanchándose hasta llegar al atrio oeste y patio central, donde vuelve a hacerse más angosta (ver Figura 191).

La sala y el atrio oeste se conectan por medio de una escalinata. Las rampas alrededor de patio son una invitación al recorrido y el encuentro. Desde allí, es posible subir al salón polivalente, o continuar subiendo hasta el nivel de la sala.

Bajo el salón polivalente, se ubican las habitaciones, a las que también se puede llegar desde el atrio. Debajo de estas, está el nivel de servicios, donde se ubican los baños, duchas, lavandería y depósitos. Estos 3 niveles se comunican por medio de escaleras.

Hacia el ala izquierda, ocurren los procesos del bambú. Se plantea su ubicación respondiendo al orden de acciones a realizar. Primero, la zona de carga y descarga, donde se reciben y preparan las varas. El proceso de perforación se realiza en el patio y posteriormente, pasan a la zona de inmunización, donde se ubican tres (3) piscinas de 2 dimensiones distintas: 10 metros y 6 metros.

Después de tratar las varas, se ubican en el patio frontal para secarse naturalmente al sol. Cuando están secas, son limpiadas, clasificadas y pasan a las zonas de almacenamiento. Las varas son almacenadas en tres (3) puntos principales, dos de ellos aprovechando los espacios debajo de las escaleras y la tercera, que almacena las varas de 6 metros, se ubica contiguo al taller de ebanistería y construcción.

En el taller, se ubican las máquinas de corte de latas, sierras y herramientas. Cuenta con cuatro (4) mesas de trabajo. Aunque se considera puede expandirse hacia los laterales según sea requerido. Para construcciones y exploraciones con varas completas, se aprovecha el patio de experimentación, ubicado en el corazón del proyecto.

El atrio este, es el espacio conector entre la zona técnica y la dinámica del centro. Desde allí, es posible subir a las habitaciones o al salón polivalente y seguir el recorrido continuo del centro.

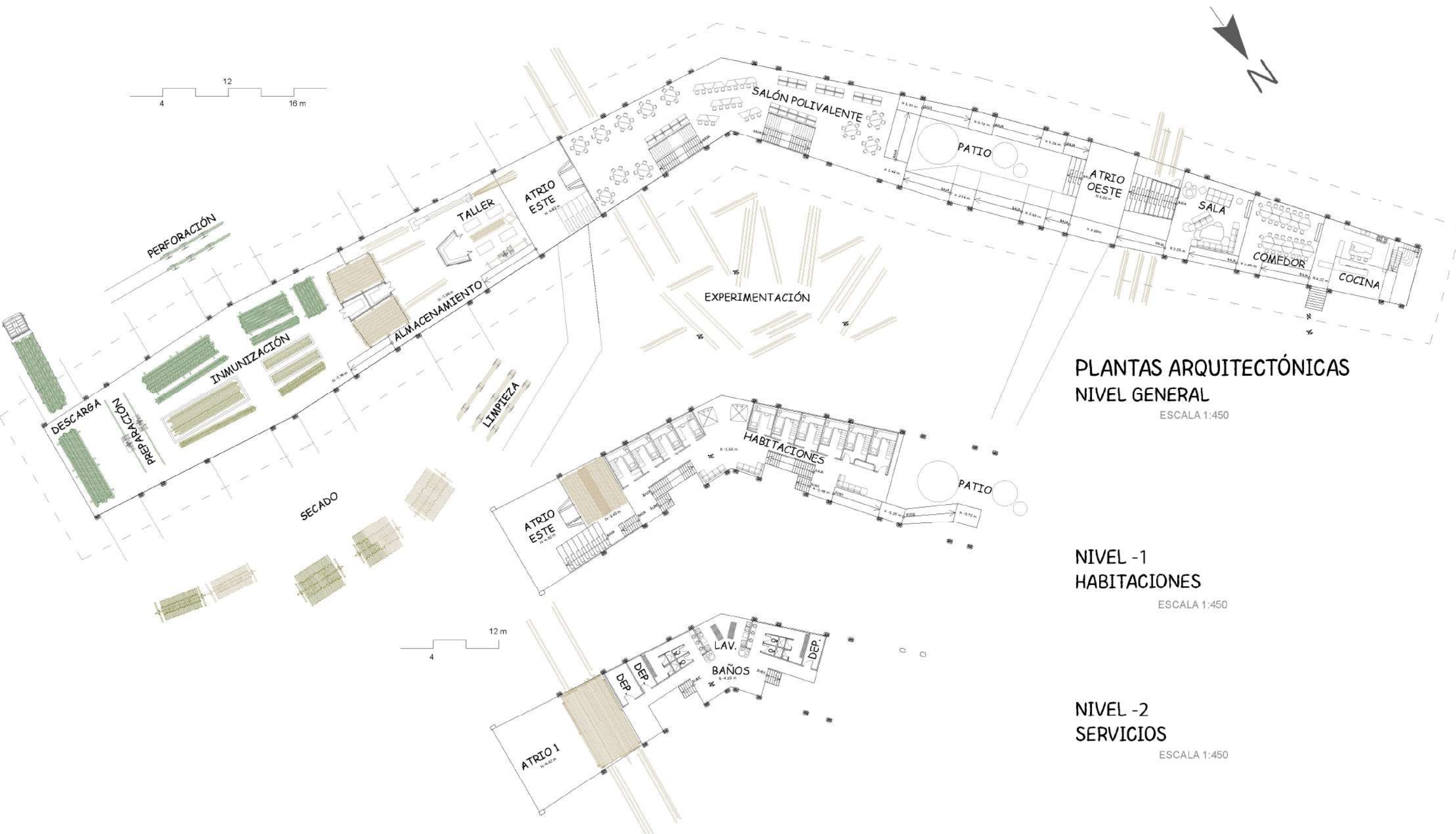


Figura 191. Plantas arquitectónicas.

Elevaciones

La estructura se caracteriza por capas de techos seriados en caída, en concordancia con las condiciones topográficas. La casi ausencia de cerramientos permite que las fachadas se sientan permeables. Las columnas de los módulos, a los que llamaremos Nudos, tienen un ritmo marcado de 6 metros y 3 metros de luz, y se soportan en bases de piedra. La estructura se entrelaza con la infraestructura viva, como se observa en la Figura 192 y Figura 193. La fluidez en el recorrido y la línea longitudinal del edificio la marcan los pasamanos y rampas en el perímetro. De igual forma, son visibles las escaleras que comunican los niveles.

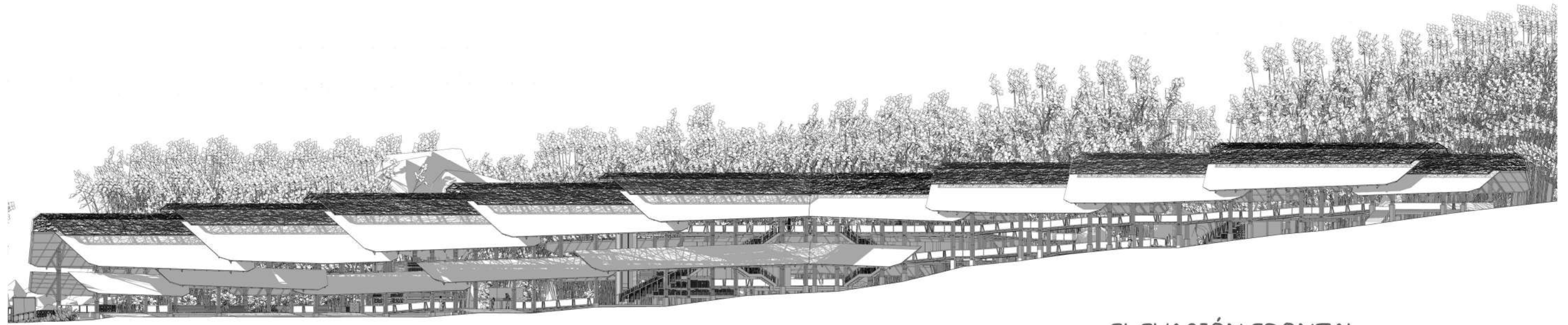


Figura 192. Vista frontal del centro de capacitación.

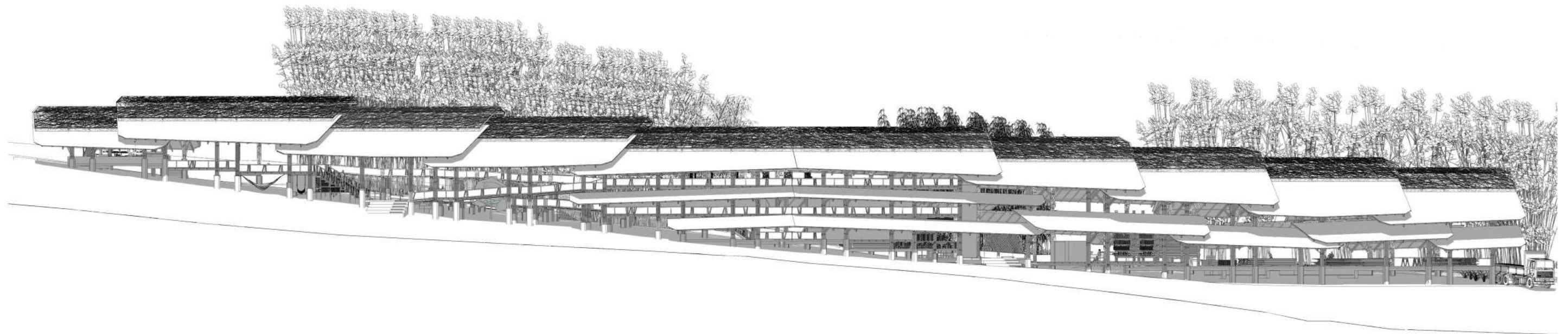


Figura 193. Vista desde el huerto.

Tal como se observa en la Figura 194, a medida que baja el terreno y la estructura requiere mayores alturas, aparecen otros niveles o capas de cubierta que protegen el interior del sol y la lluvia.



ELEVACIÓN FRONTAL
ESCALA 1:450



ELEVACIÓN POSTERIOR
ESCALA 1:450

Figura 194. Elevación frontal y posterior.



Figura 195. Vista aérea del centro de capacitación.

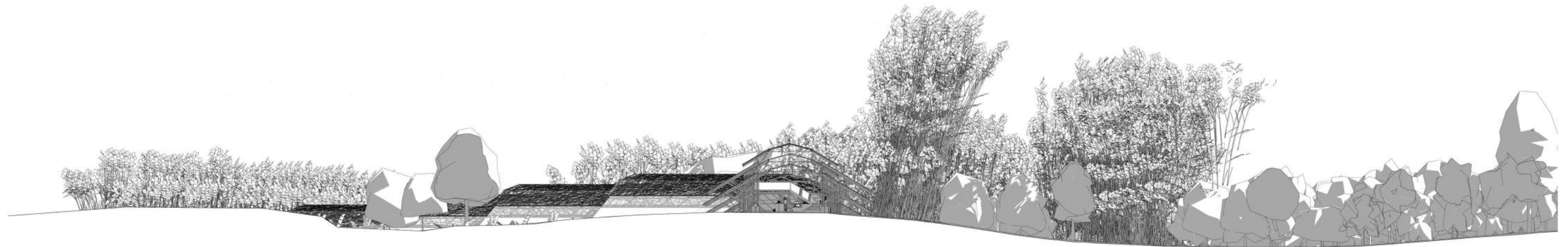
Caminando hacia los extremos, nos encontramos con las fachadas más cortas. Viéndolo desde esa perspectiva, se aprecia el movimiento escalonado y superposición de techos y en primer plano una sección simple (ver Figura 195 y Figura 196).



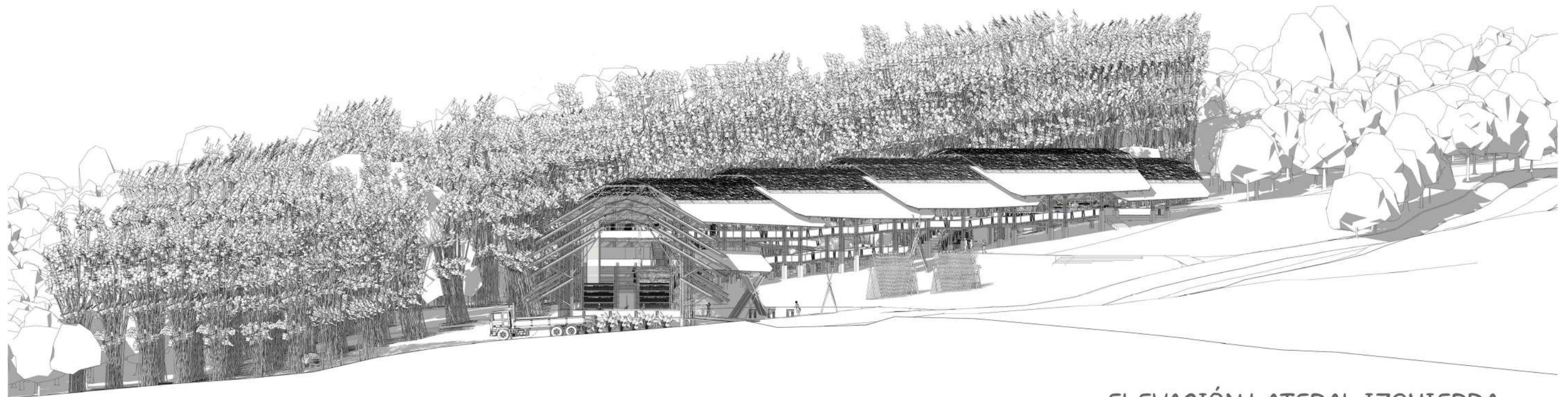
Figura 196. Vista lateral del Centro.

En las fachadas laterales, presentadas en la Figura 197, se observa la esencia del proyecto. Se trata de la sección que sostiene la estructura.

En ambos lados, es posible observar cómo se une cada pieza de los marcos y cómo se estructura la cubierta. La ausencia de cerramiento permite observar el interior sin obstrucciones.



ELEVACIÓN LATERAL DERECHA
ESCALA 1:450



ELEVACIÓN LATERAL IZQUIERDA
ESCALA 1:450

Figura 197. Elevaciones laterales.

¿Cómo se construye cada módulo o nudo?

El diseño propuesto para los módulos es un sistema pensado para el ensamblaje práctico y la integración entre varios “nudos”. Se plantea la ejecución de un mismo sistema, en el que solo variarán las dimensiones, para ajustarse al terreno y la funcionalidad.

Estructura de piso

Partiendo desde el suelo, los “zapatos” del sistema son bases de concreto armado de 50 cm (revestidos de piedra natural), en cuyas barras de acero, se anclan los 6 culmos que conforman las columnas espaciadas (ver Figura 198). Estas columnas tienen espaciadores, piezas cortas de bambú, que las unen en el sentido longitudinal y transversal, utilizando pernos.

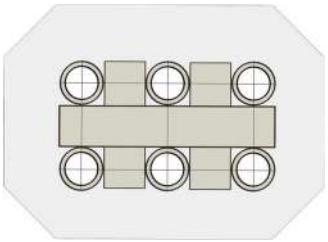


Figura 198. Columna espaciada.

El despiece típico del módulo “Nudo” se muestra en la Figura 199. Se proponen dos (2) tipos de piso. El primero es de concreto armado apoyado en vigas, a construirse en los módulos que tienen contacto muy cercano con el suelo y zonas húmedas, como la cocina y la de inmunización y tratamiento de bambú. Este tiene un acabado de cemento pulido.

Los demás pisos, están compuestos por una retícula de bambú rollizo en ambas direcciones, que se sostiene por vigas espaciadas entrelazadas con las columnas, rigidizando el sistema. Encima de esta subestructura, se instala el piso de pinbú: un entablado formado de pequeñas latas de bambú, unidas entre sí en por medio de pines. Se genera una superficie similar a un acordeón. Estas piezas se preparan en dimensiones manejables para su instalación, de aprox. 20 cm x 3 m y son fijadas en forma sesgada con tornillos para mayor resistencia. Se puede utilizar un producto impermeabilizante para sellar. Ofreciendo seguridad, las barandas se componen de culmos de bambú colocados de forma horizontal, perpendicular a las columnas. Piezas cortadas en forma longitudinal para obtener el “alma o esqueleto de bambú “son colocadas de forma vertical para dar estabilidad y puntos de anclaje para la malla de alambre. La aplicación de esta última obedece a la intención de permeabilidad visual y ventilación natural del sistema.

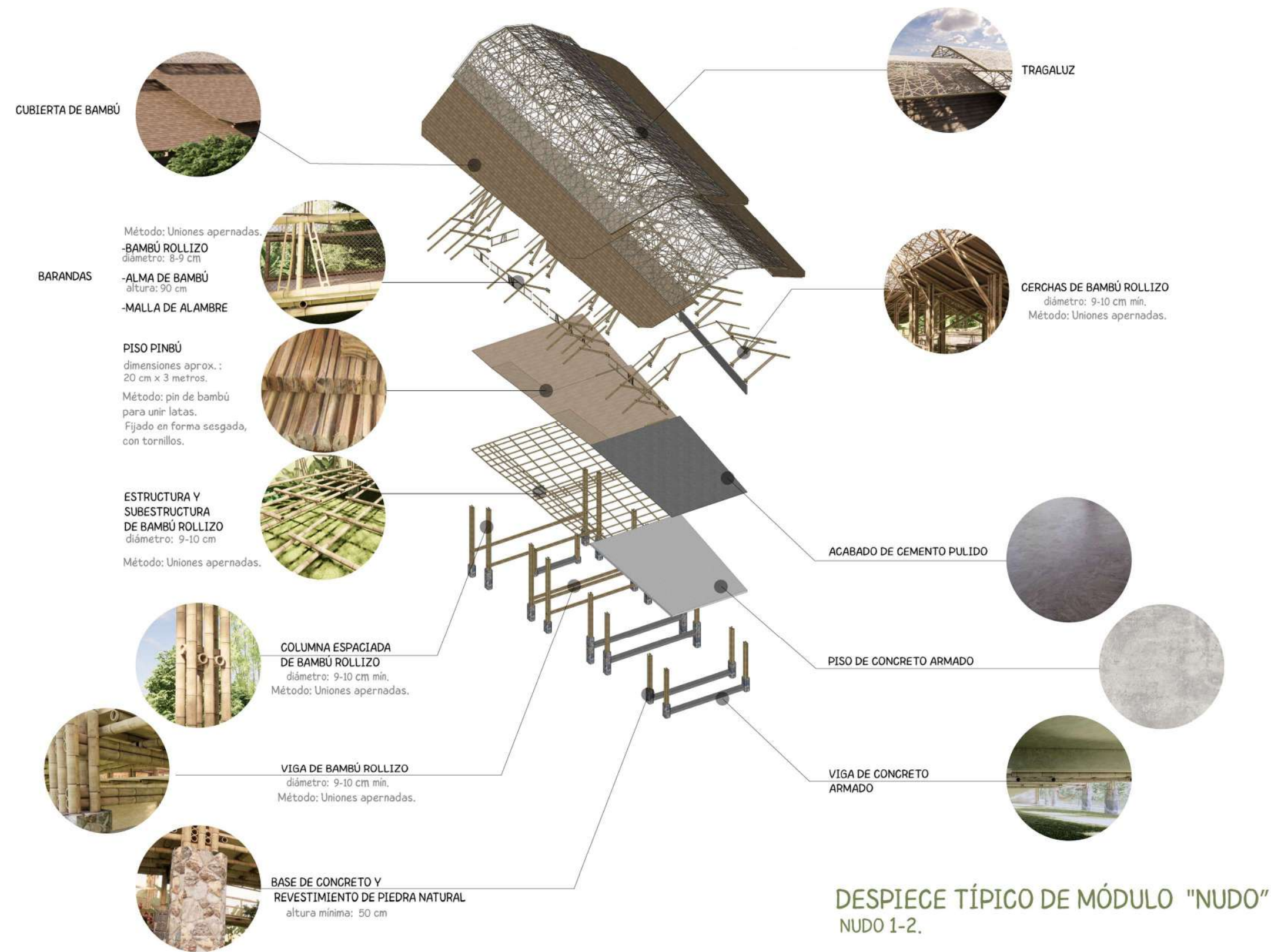


Figura 199. Despiece típico del módulo "Nudo".

Sección constructiva

La Figura 200 muestra una sección constructiva detallada del módulo estructural “Nudo”, ilustrando a través de detalles, el sistema de ensamblaje de bambú rollizo, sus uniones y la jerarquía de elementos que conforman su estructura. Detalla, además, los tipos de cortes y uniones necesarias en cada encuentro de elementos.

En la esquina inferior derecha, se especifica la cantidad de culmos necesarios para cada elemento, así como las dimensiones mínimas y máximas de esos elementos en el diseño planteado, dependiendo del nudo a construir. Una parte clave en la ejecución correcta es la parte del culmo que se debe utilizar en cada uno de los elementos y que responde a las capacidades físicas y mecánicas estudiadas del culmo de bambú.

En la base, las columnas de bambú (C1) están ancladas a la base de concreto (B1). Desde ahí se conecta la viga doble V1, que actúa como soporte del piso. Considerando el largo de esta, debe realizarse una extensión a partir de la unión de dos culmos

Para soportar la cubierta, se conectan a la columna dos ramificaciones principales: Y1 y Y2, con corte de boca de pescado, utilizando espaciadores, pernos y pines, y que a su vez se conectan con la viga T1, que soporta la estructura del techo. Las piezas T2 y T3, se unen a estas, para elevarse y soportar la estructura del tragaluz, con la pieza P1.

La protección por diseño es establecida por una línea a 45°, proyectada desde el alero hacia la columna, permite comprobar que, en toda sección transversal, el bambú esté fuera de la exposición directa al sol y la lluvia.

Todos los módulos siguen la misma lógica constructiva, lo que permite que, una vez dominados los sistemas, los entusiastas capacitados puedan, no solo construir el resto de los módulos, si no replicar y repensar las técnicas y principios en otras aplicaciones para dar soluciones a sus necesidades y futuros diseños.

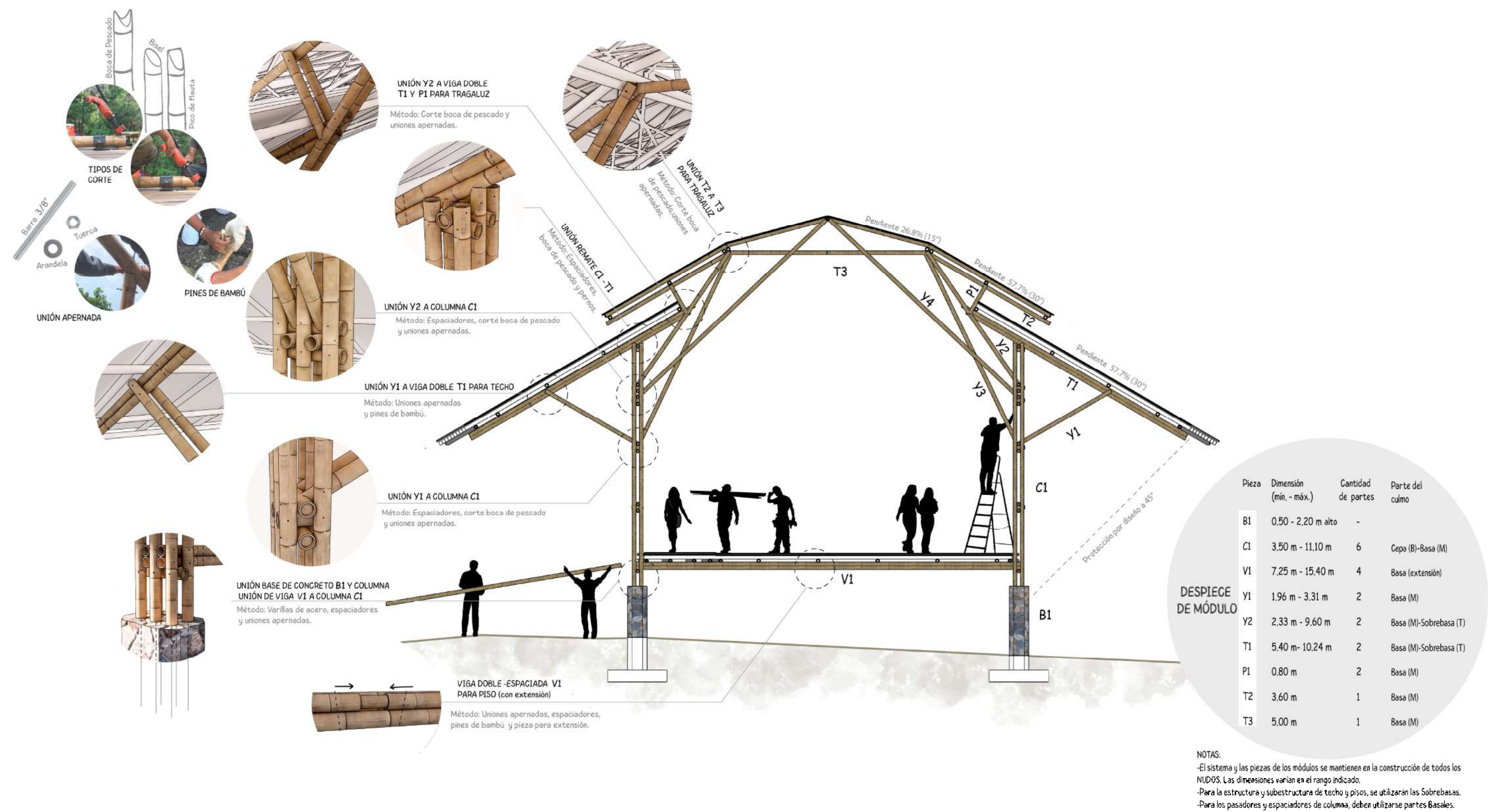


Figura 200. Sección y detalles constructivos del módulo “Nudo”.

Despiece de techo

En la Figura 201 y en el despiece de la Figura 202, se muestran las capas que conforman el techo. El diseño contempla dos niveles: alas anchas en los extremos cubiertas con tejas de bambú y un tragaluz central cubierto con una película de polietileno, por ser un material conocido y utilizado por la comunidad en la construcción de invernaderos.



Figura 201. Vista exterior. Entrada al centro.

Desde la primera capa, la cubierta está soportada por el marco estructural detallado anteriormente. Sobre este, se amarra una estructura de bambú rollizo, que soporta una subestructura en forma de retícula, armada con pernos. Lo mismo sucede en ambos niveles de techo.

En las alas laterales, se instala un cielo de esterillas, visto desde el interior y encima, una membrana asfáltica para evitar la entrada de agua en la estructura. Sobre esta capa, de manera sobrepuesta e intercalada, se instalan las tejas de bambú. La vida útil de las tejas puede ser de entre 3 y 5 años. Su reemplazo es un buen ejercicio de capacitación para el Centro.

En cuanto al tragaluz, sobre la estructura se forma el entramado utilizando la técnica de punta perdida. Esta consiste en tejer latas de bambú, creando una superficie rígida y un efecto de luces y sombras acogedor y dinámico. Por último, se fija y tensa el plástico de invernadero, que tiene el mismo tiempo de vida útil que las tejas de bambú. Utilizar este sistema con el que se siente familiarizada la comunidad, permite que visualicen las posibilidades de las técnicas y, sobre todo, las buenas prácticas en el montaje de las estructuras, para que puedan replicarlas e incluso, experimentar más.

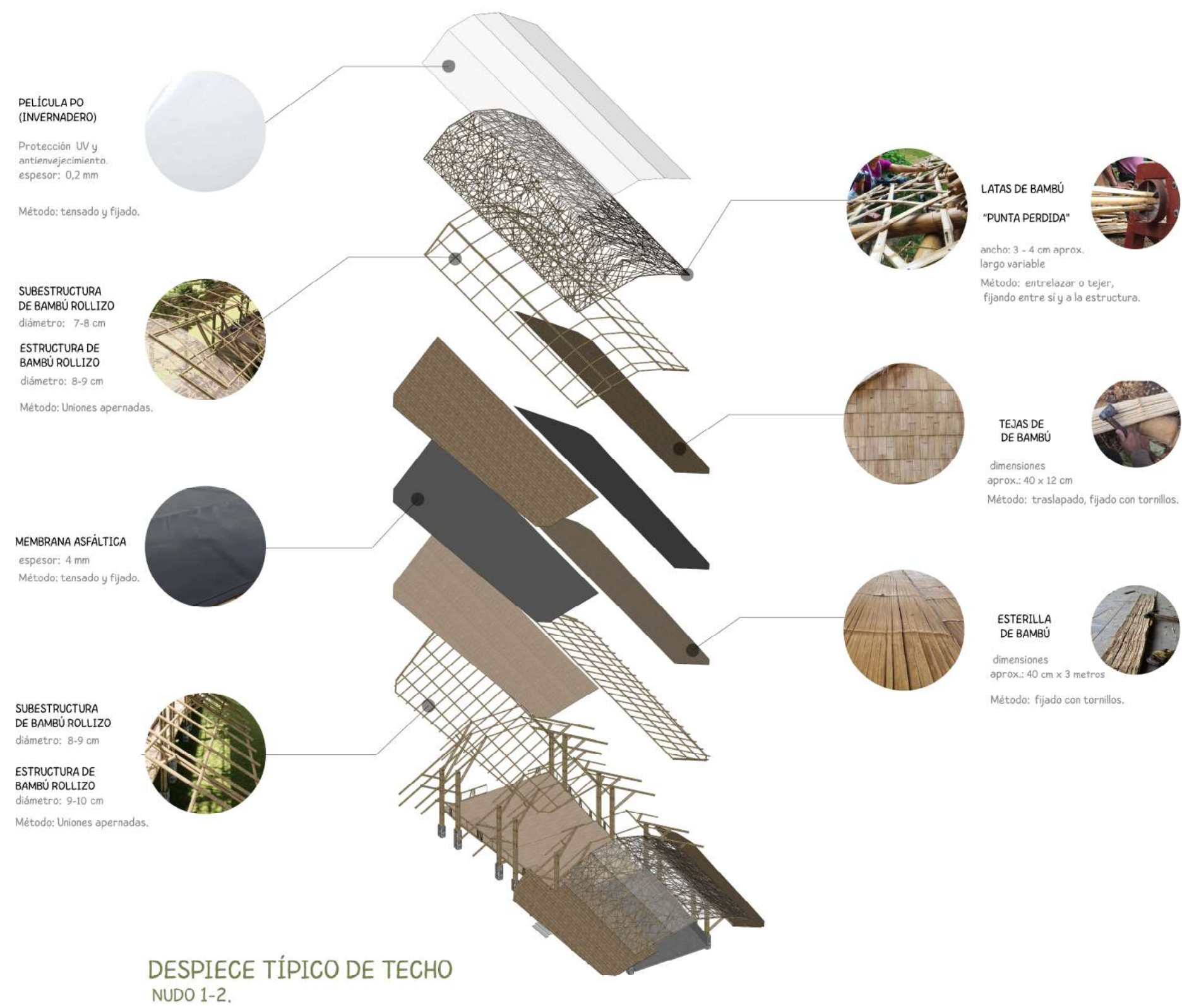


Figura 202. Despiece típico de techo.

¿Cómo evoluciona y crece el centro?

La Figura 203 muestra cómo evoluciona la construcción del centro comunitario en cinco etapas, enfocándose en la capacitación con bambú desde la siembra hasta la madurez y aprovechamiento, permitiendo involucrarse a toda la comunidad y visitantes en cada proceso.

La llegada del bambú al Refugio ocurre a partir de la traída de chusquines de las cinco (5) especies de bambú encontradas en Potrerillos. Las primeras capacitaciones se concentrarán en hacer el recorrido de las plantas, preparar los plántones, cosechar bambú en una de las plantaciones, inmunizarlo con la técnica de *boucherie* en campo y construir un pequeño vivero para albergarlas.

La primera etapa comienza con la siembra del bambú y la construcción de las piscinas de inmunización. Una vez listas las piscinas, se puede recibir y tratar el bambú comprado a la comunidad, para construir los primeros módulos. Comenzamos por los extremos, los nudos 1 y 2, destinados a la zona de alimentación y sociales y, los nudos 8 y 9, que corresponden a la zona de tratamiento y transformación de bambú. Se construyen además 2 baños secos, uno en cada área.

Con estas estructuras ya es posible recibir entusiastas y comenzar talleres de manejo de la plantación y de transformación, trayendo el bambú de la comunidad. Ya con las piscinas, es posible que los vecinos cosechen para utilizar o vender. Así, el centro comienza a generar ingresos económicos, a la vez que se capacita. Para el año 3, como segunda etapa, se prevé agrandar la zona de transformación de bambú, construyendo el nudo 7: un taller de mesas, con más herramientas y máquinas. En la tercera etapa, se plantea ampliar la zona social a través de un atrio con escalinatas y patio. Es un año de encuentro y expansión. para recibir a más personas y realizar eventos que impulsen la bioconstrucción.

En el octavo año comienza la cuarta etapa y una de las más emocionantes: “El bambú que sembramos ya está listo para ser aprovechado”. Con cerca de 2,000 varas para utilizar, se construye el nudo 4. Finalmente, en la quinta etapa, se llega al punto medio y corazón del Refugio: un módulo de 3 niveles, que alberga habitaciones cómodas para el alojamiento, servicios básicos y un salón polivalente abierto, para llevar a cabo actividades de mayor capacidad.

EVOLUCIÓN: ¿CÓMO CRECE EL CENTRO?

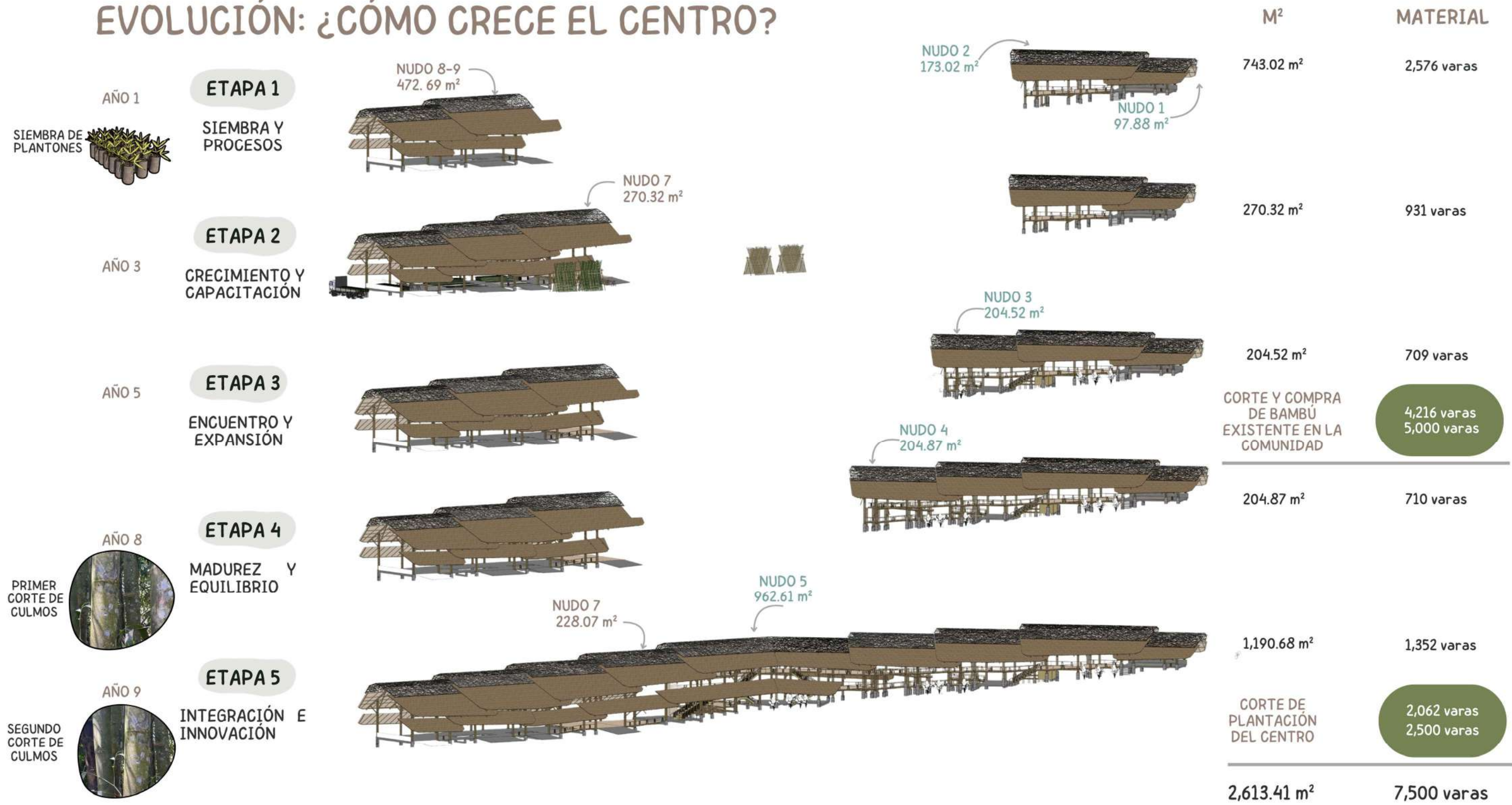


Figura 203. Evolución constructiva del centro.

Un cálculo preliminar sobre la cantidad de varas estimadas a utilizar para la construcción del centro se observa en la Figura 203. Podrían necesitarse cerca de 7,500 varas para un área de 2,614 m².

Estructura completa

El sistema estructural del edificio es una secuencia repetitiva de pórticos o marcos estructurales que llevan un ritmo de tres (3) y seis (6) metros.



Figura 204. Vista de las escaleras.

Los nudos se adaptan al terreno en una geometría escalonada, comunicándose por medio de rampas, escaleras (ver Figura 204) y escalinatas. Como se observa en la Figura 205, se disponen de derecha a izquierda desde el punto más alto, elevándose del suelo y aprovechando los niveles en altura.

En la planta de estructura, se observa como varían las dimensiones de los espacios en sentido transversal y así mismo, la estructura de techo se adapta manteniendo la dimensión de los aleros que protegen.

Esta malla estructural de techo se proyecta como una envolvente continua que se elonga y crece proporcionalmente, a medida que crece el centro.

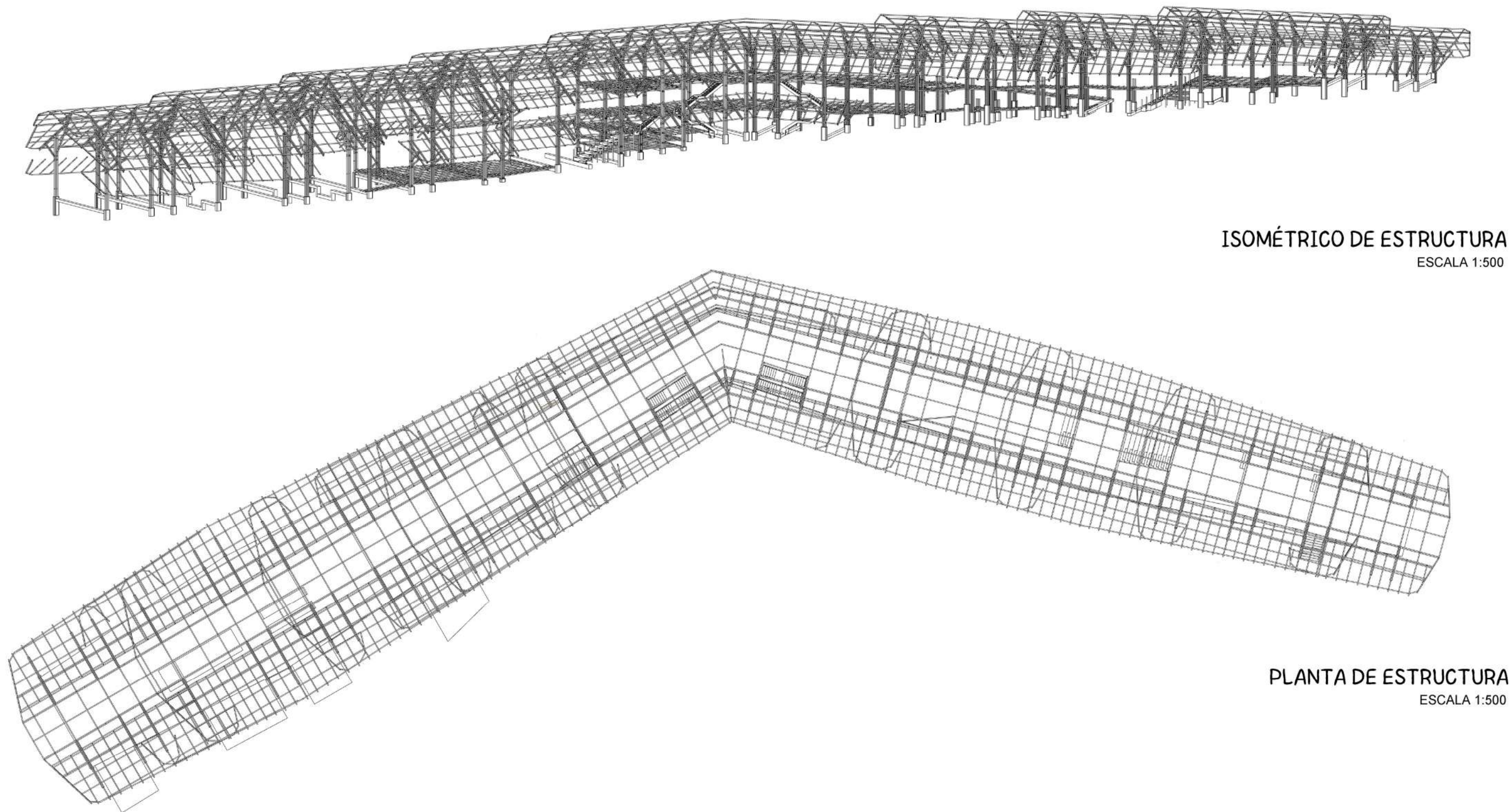


Figura 205. Isométrico y planta de estructura.

Adaptabilidad al sitio: Sección longitudinal

Las secciones longitudinales (ver Figura 207) permiten comprender la organización espacial del proyecto en relación con el terreno natural. La estructura se adapta cuidadosamente a la pendiente y evita movimientos masivos de tierra.

Las alturas libres en los niveles responden a la funcionalidad del espacio. Por ejemplo, la altura requerida para maniobrar, tratar, transformar y almacenar varas de bambú de hasta 10 metros, es mucho mayor a la requerida en la cocina y áreas sociales.

Por otro lado, en el nudo central, se aprovecha el espacio vertical para albergar tres (3) niveles distintos y utilizar el último como una gran zona polivalente.

Las rampas y circulaciones verticales permiten el recorrido de un extremo a otro de la estructura y, gracias a la permeabilidad de los espacios, una visión completa de todo lo que ocurre en el nivel principal.

Debajo de los niveles de piso determinados, se aprovechan las alturas útiles para otras funciones como almacenar varas de bambú, albergar herramientas en depósitos o colocar hamacas para el descanso o recreación (ver Figura 206).



Figura 206. Aprovechamiento de niveles.

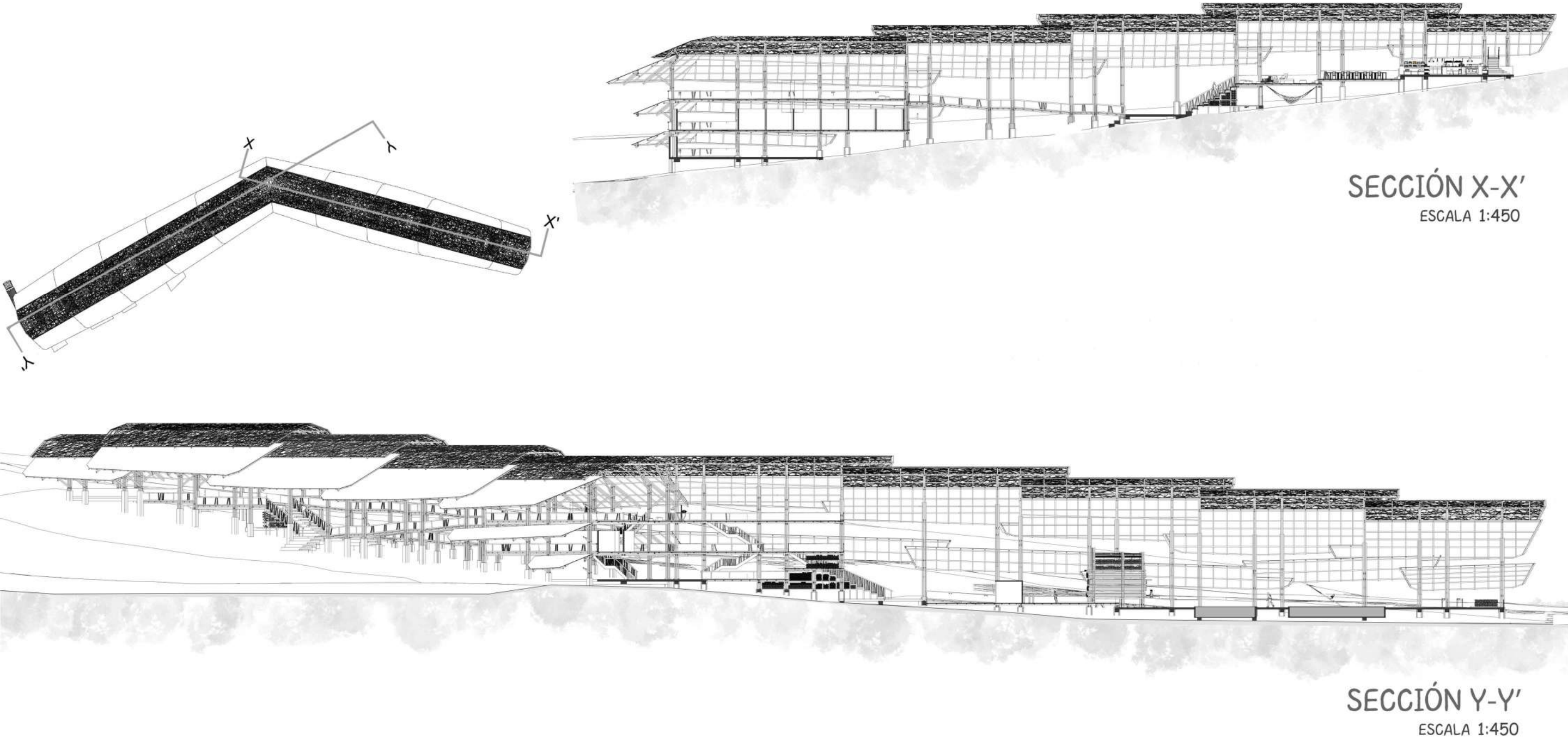


Figura 207. Secciones longitudinales.

Secciones transversales: Variabilidad por función

Los marcos estructurales de las secciones transversales varían ligeramente adaptándose a la posición en el terreno y a la función específica del espacio que alberga.

A continuación, se muestra cómo se configura el espacio en corte y la variabilidad a lo largo de la estructura. Cada corte revela no solo las dinámicas de la estructura, sino la vida que puede desarrollarse en su interior: áreas de convivencia y encuentro, descanso, cocina colectiva, trabajo y transformación o espacios de formación (ver Figura 208, Figura 209, Figura 210 y Figura 211).

Se trata de un proyecto vivo, protegido por una serie de capas de techos que protegen y alturas que dan lugar a una muy agradable ventilación cruzada.

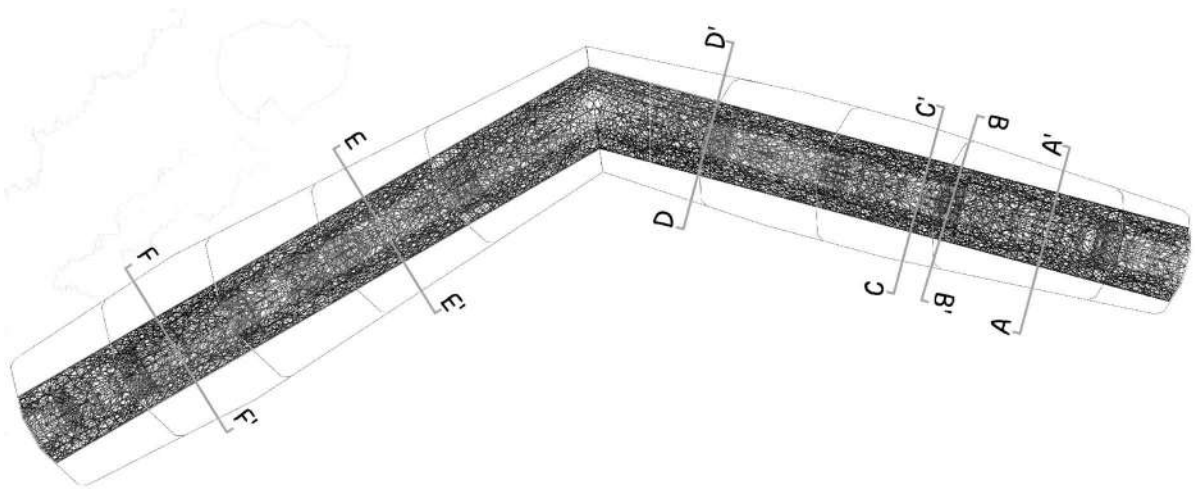
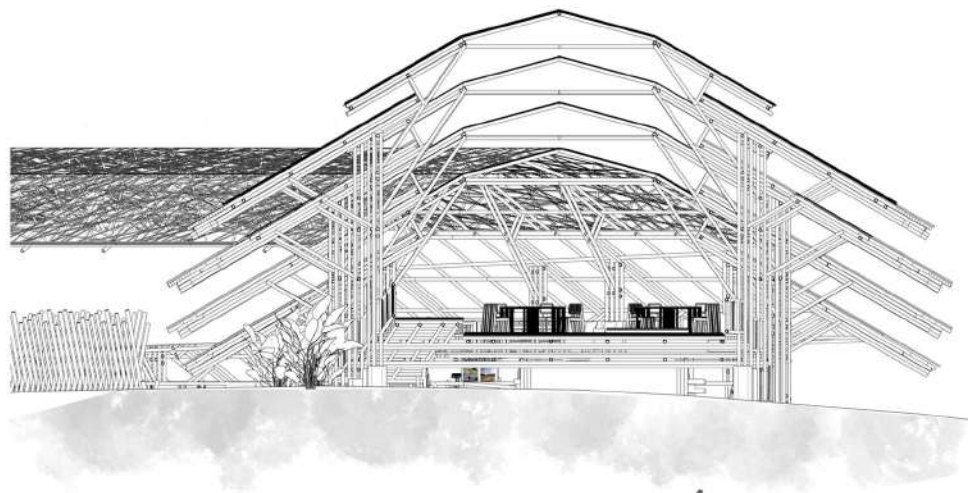


Figura 208. Secciones transversales.

Las secciones revelan, además, cómo la arquitectura actúa como un límite difuso entre el exterior natural y el interior habitable. Las gradas, plataformas y jardines integrados no son solo elementos funcionales, sino también estrategias de transición y confort. Centrando la propuesta en una arquitectura sincera donde lo estético y estructural coexisten.

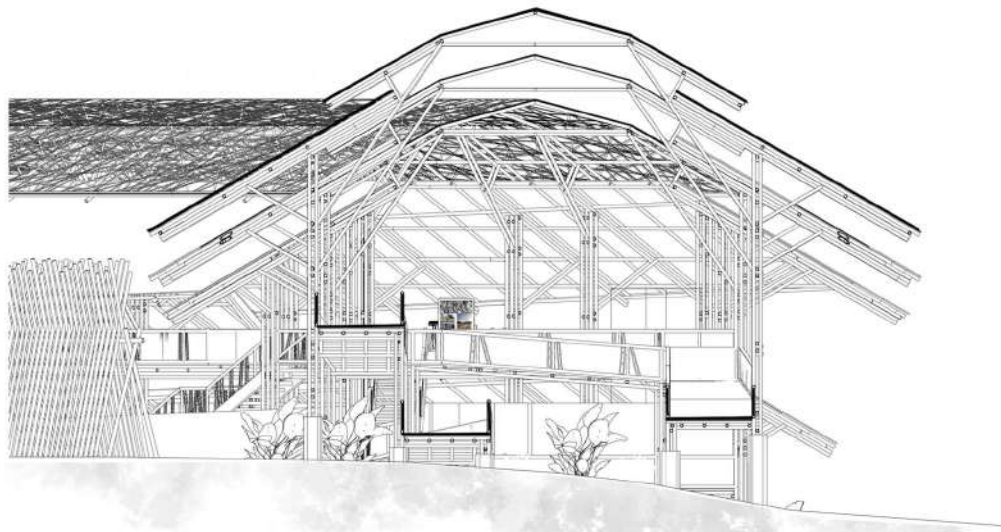


SECCIÓN A-A'
ESCALA 1:200

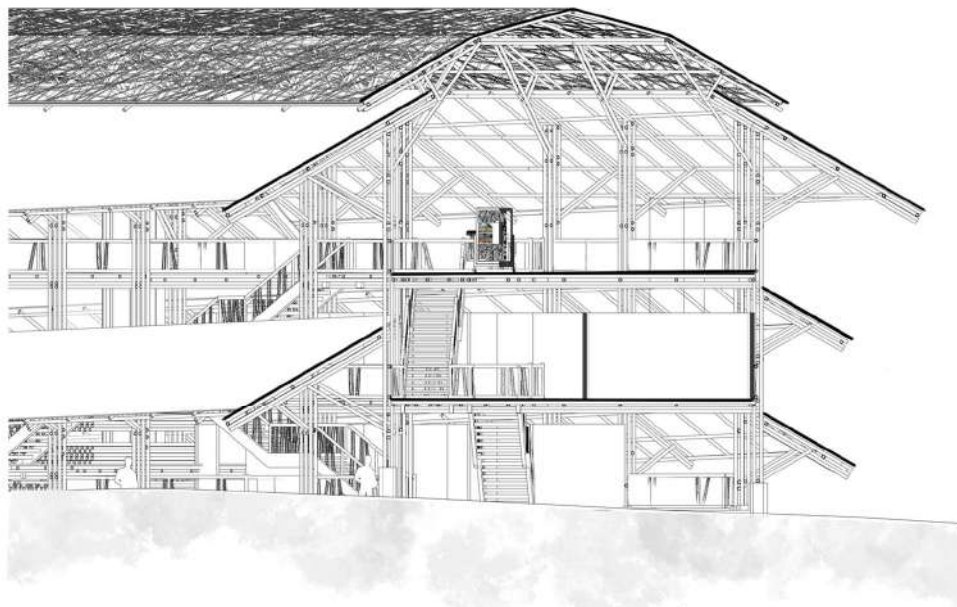


SECCIÓN B-B'
ESCALA 1:200

Figura 209. Secciones transversales A-A' y B-B'.



SECCIÓN C-C'
ESCALA 1:200



SECCIÓN D-D'
ESCALA 1:200

Figura 210. Secciones transversales C-C' y D-D'.

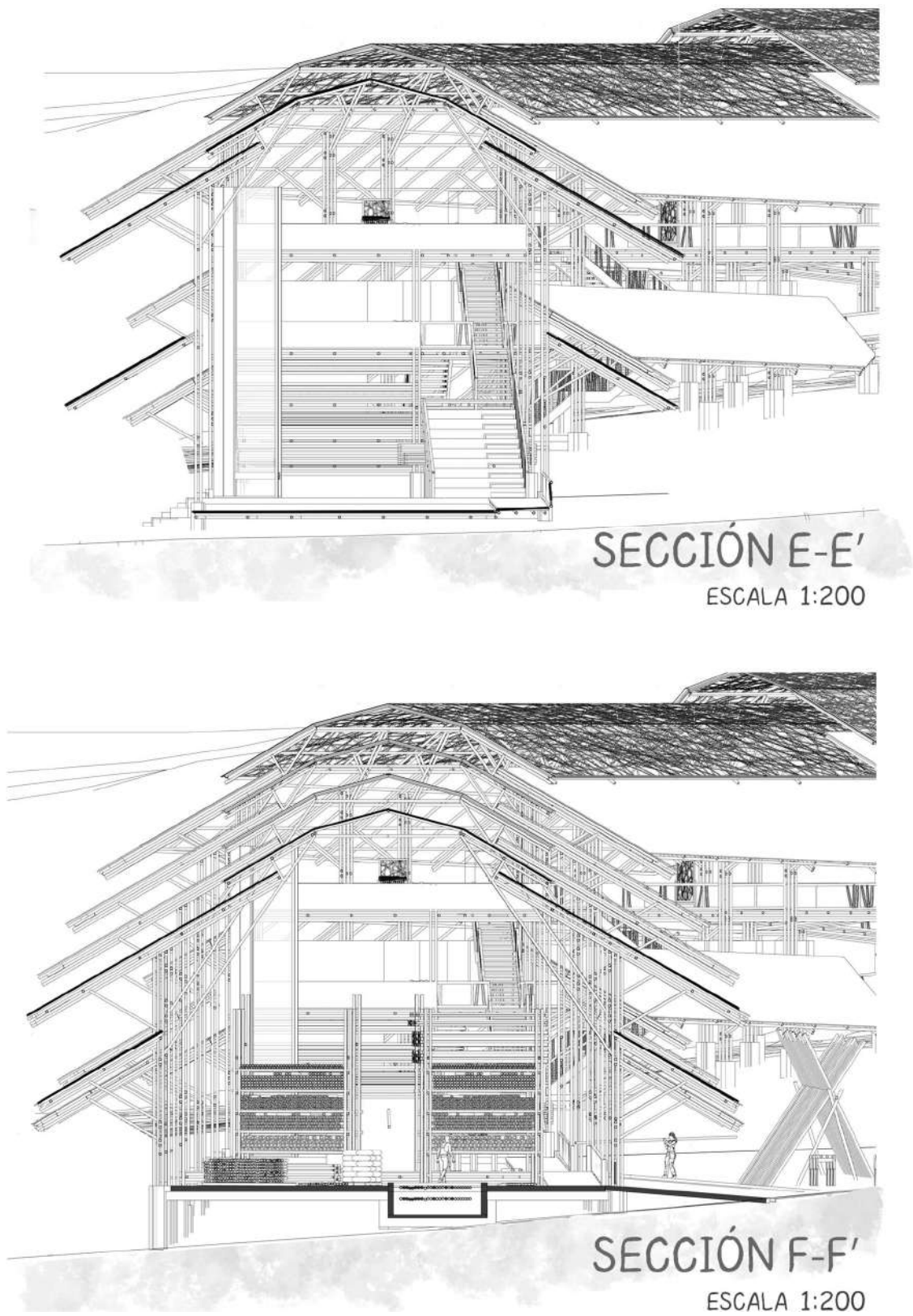


Figura 211. Secciones transversales E-E' y F-F'.

¿Qué procesos ocurren en El Refugio?

La funcionalidad del centro se desarrolla en torno a procesos cíclicos particulares, que a su vez, se convierten en las enseñanzas y vivencias de los entusiastas y participantes activos.

A continuación, describimos cuatro (4) de los principales. Comenzamos con el ciclo del bambú y luego, nos centramos en el papel del sol y el agua. Por último, ahondaremos en el proceso de los cultivos para ver cómo pasan del campo a la mesa y cómo se completa el ciclo con un poco de ingenio y participación consciente.

Ciclo del bambú

El bambú, como principal recurso de enfoque de este ecosistema creado, se mueve activamente desde su estado natural como planta, hasta convertirse en un material (ver Figura 212) y posteriormente en un producto transformado.

El centro se convierte en un gran impulso para la comunidad, al recibir cosechas de bambú de las fincas vecinas, para su tratamiento y posterior aprovechamiento. Al mismo tiempo, de la plantación de El Refugio, se cortan y procesan varas, pero también, se toman chusquines para producir plantones, que permiten que haya más cultivos en Potrerillos (ver Figura 213).



Figura 212. Zona de tratamiento y almacenamiento de bambú.

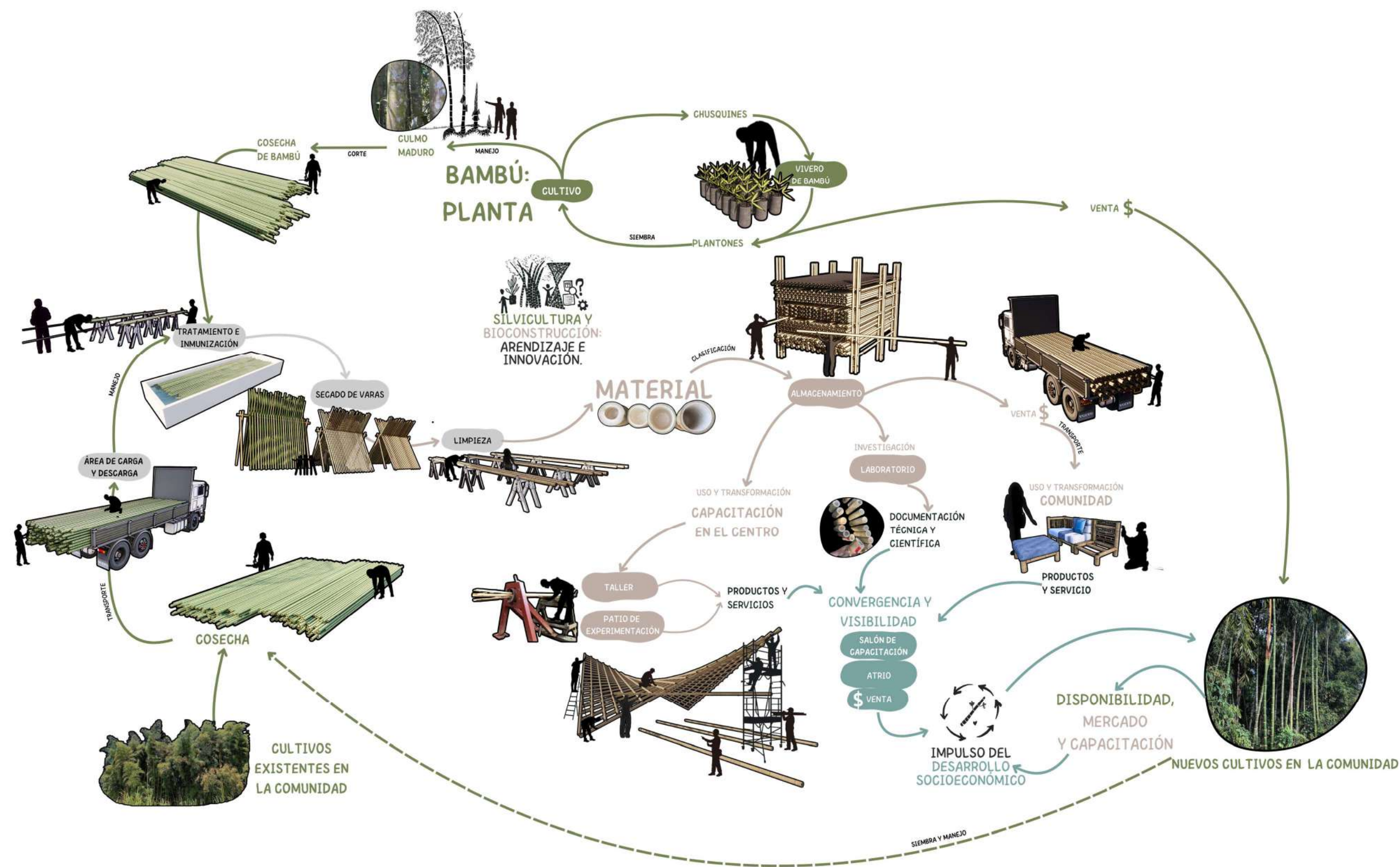


Figura 213. Ciclo de aprovechamiento de bambú en el centro.

Una vez es recibido el bambú, es perforado y sumergido en las piscinas de inmunización, con una solución de bórax y ácido bórico, diluido en agua (ver Figura 214).

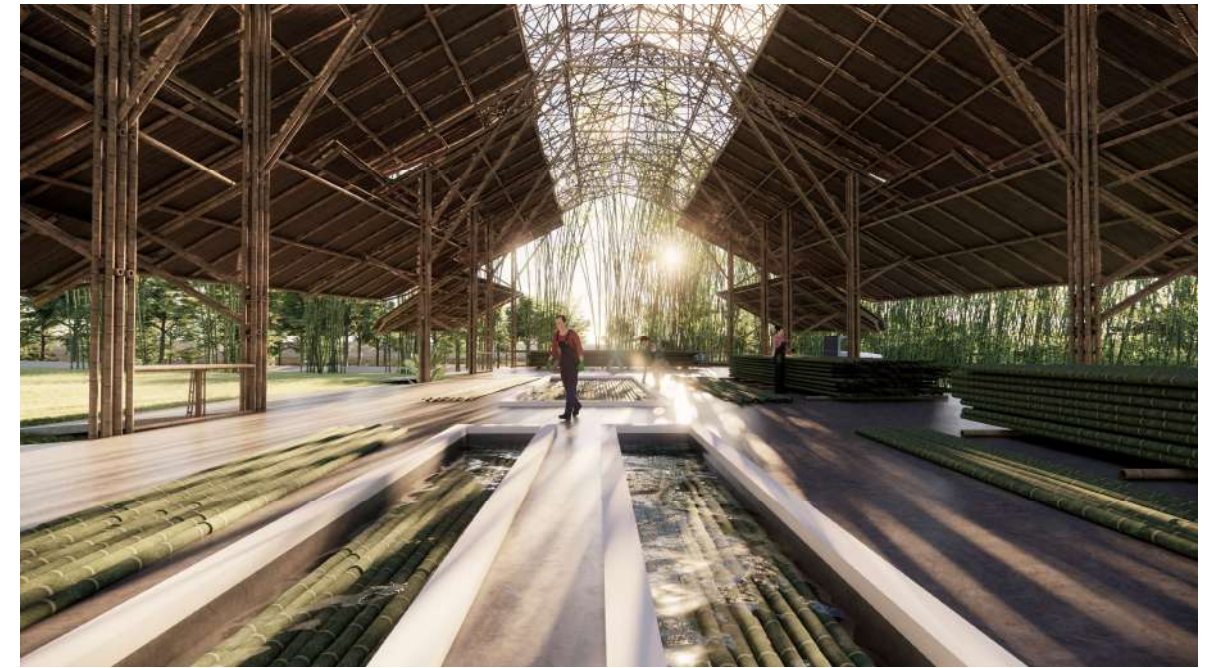


Figura 214. Piscinas de inmunización.



Figura 215. Secado de varas de bambú.

Posteriormente, las varas son expuestas al sol hasta completar su proceso de secado y luego son enjuagadas (ver Figura 215 y Figura 216).



Figura 216. Limpieza de bambú.

Cuando están limpias y secas, son clasificadas por largo, forma y diámetros y ubicadas en los espacios de almacenamiento, como se observa en la Figura 217 y Figura 218.



Figura 217. Almacenamiento de varas de 6 metros y 3 metros.



Figura 218. Almacenamiento de varas de 9 metros.

Una vara inmunizada es el punto de partida para la transformación. Apuntamos a 3 vías: la capacitación, la investigación y la venta para el aprovechamiento de la comunidad.

La primera tiene lugar en los talleres del centro y el patio de experimentación, resultando productos elaborados y profesionales capacitados para brindar servicios relacionados al uso del bambú.

En cuanto a la parte investigativa, se insta a la documentación técnica y científica del bambú para impulsarlo desde el centro y la comunidad. Por último, quienes compran las varas y las transforman tienen un impacto visible en el Corregimiento, que impulsa la cadena.

Así, el centro es el punto de convergencia entre estos tres, quienes, a través de actividades, conferencias, capacitaciones, ferias y eventos realizados en estas instalaciones, promueven la colectividad en miras al desarrollo socioeconómico de Potrerillos. Al crear una plataforma de este tipo, la comunidad se motiva a sembrar, manejar y aprovechar el recurso. De manera que, hay disponibilidad, demanda y personal capacitado.

El sol como motor

El sol no solo brinda confort térmico y bienestar en los espacios habitables para nosotros (ver Figura 219), sino que activa los procesos de fotosíntesis, impulsando el crecimiento del bambú, los cultivos de alimentos y la vida en el bosque.

Parece algo simple, a lo que normalmente no le prestamos atención, sin embargo, a través de estos, se dan los procesos de captura de carbono, protección del suelo y biodiversidad, alimentación y regeneración del ecosistema.



Figura 219. Iluminación natural del centro

La Figura 220, muestra la propuesta de un ciclo sostenible de aprovechamiento del sol para lograr una intervención respetuosa con el entorno. El sol proporciona iluminación natural, reduciendo la necesidad de luz artificial durante el día y aporta energía solar, que puede transformarse en electricidad mediante paneles solares o iluminación artificial a través de lámparas solares.

Aunado a esto, gracias al sol, podemos aprovechar estos recursos y transformarlos a través equipos y herramientas alimentados por electricidad producida con la misma energía solar.

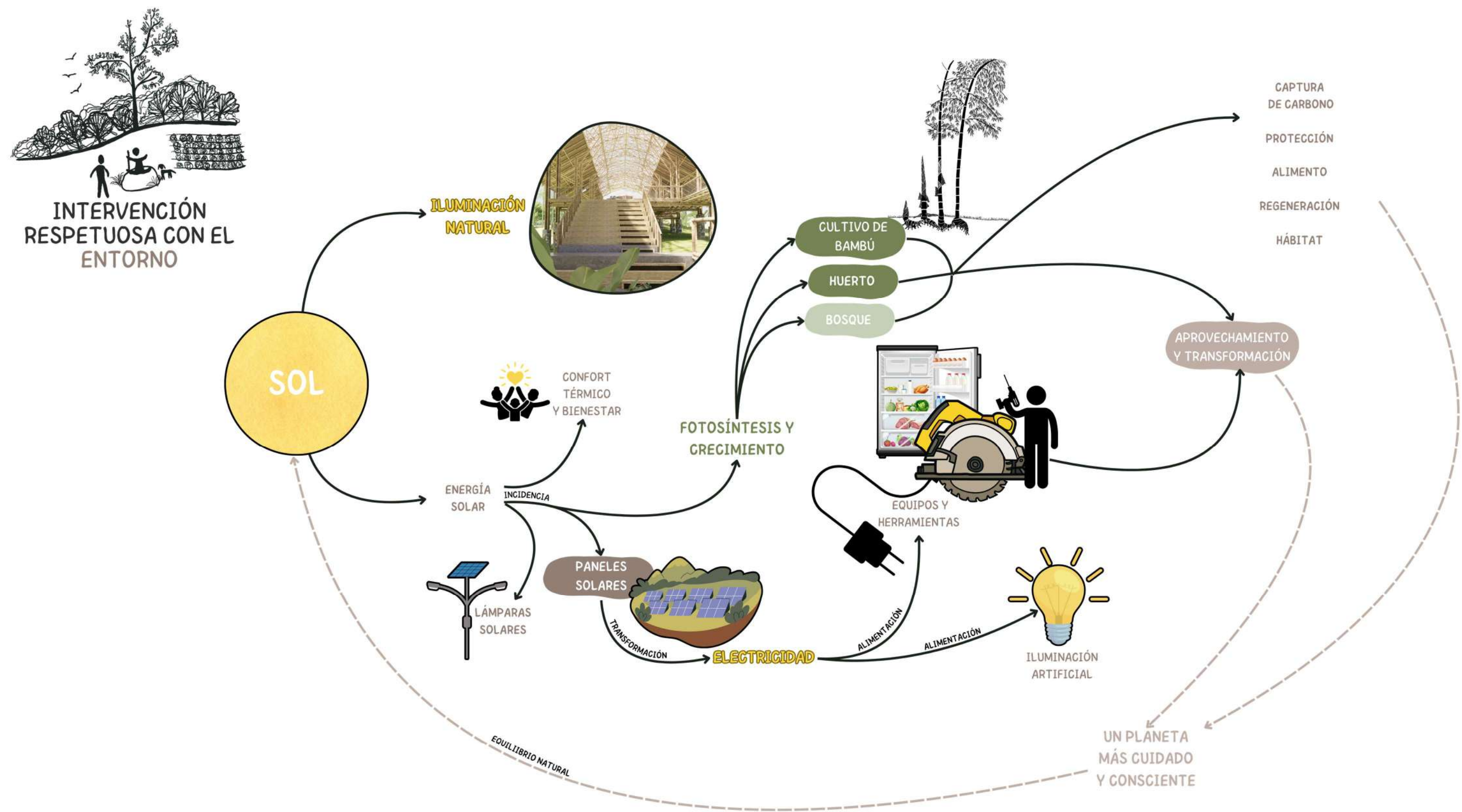


Figura 220. Ciclo sostenible de aprovechamiento del sol.

Ciclos de aprovechamiento del agua

El agua es un recurso vital para el equilibrio de los ecosistemas y el bienestar humano. Su correcta gestión es clave para garantizar la sostenibilidad. Si el centro busca capacitar a la comunidad, es primordial enfocar todas las prácticas hacia la conciencia ambiental y búsqueda de las mejores prácticas posibles. Siendo conscientes de que, aunque no sea posible muchas veces garantizar la ciclicidad al 100%, cualquier acción encaminada a impactar positivamente por mínima que sea, tiene mucho valor.

El esquema presentado en la Figura 221 muestra un sistema de gestión sostenible del agua que comienza con la captación de fuentes naturales. Las gotas de agua lluvia caen en ríos, desde donde se potabiliza, o en la quebrada del Refugio, desde donde se bombea para crear una piscina natural. Pero también, es posible recolectar el agua lluvia en un sistema de tanque de reserva. Esta agua puede ser utilizada en temporada seca, apoyando el crecimiento de bosques, cultivos de bambú y huertos, que a su vez brindan beneficios ecológicos importantes.

Paralelamente, el agua potable destinada al consumo humano pasa por biofiltros para poder ser reutilizada. Por un lado, el agua de la cocina y limpieza es tratada en un primer biofiltro, que riega la plantación de bambú y el huerto.

Por otro lado, el agua de los lavamanos, lavandería y ducha es tratada para utilizarse en las piscinas de inmunización y en la limpieza posterior de las varas.

Por último, el agua con sales de boro es gestionada para evitar la contaminación a través de una gestión de residuo líquido. Así mismo, el agua de los inodoros es dirigida al tratamiento de aguas residuales.

Este enfoque de ciclos del agua en el funcionamiento del centro busca minimizar el desperdicio, proteger los recursos naturales y fomentar una convivencia armónica y responsable con el entorno.

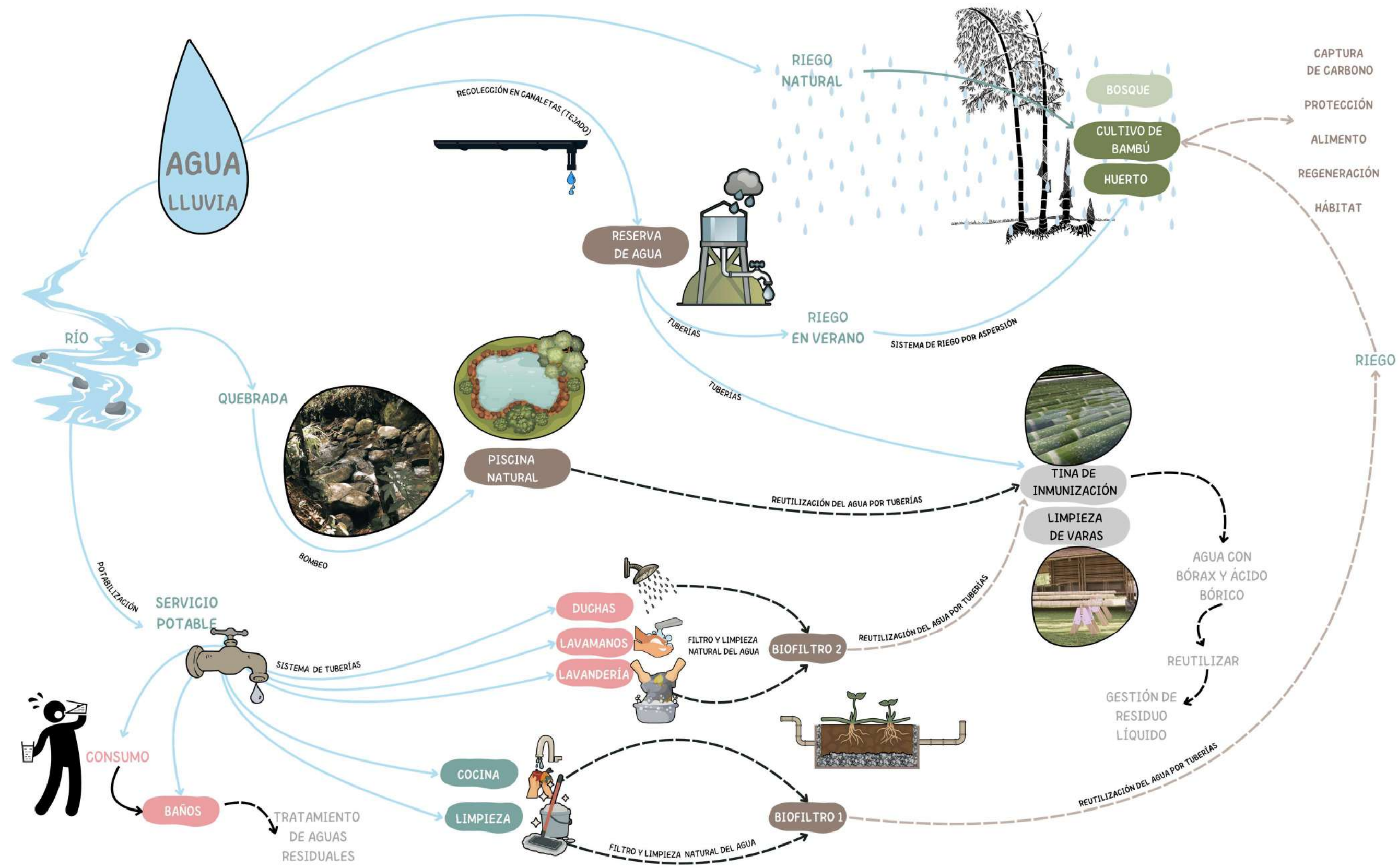


Figura 221. Ciclos de aprovechamiento del recurso hídrico.

Del huerto a la mesa

¿Es posible crear un ciclo de producción y aprovechamiento de alimentos? Para intentarlo, se propone uno en donde se integran las prácticas de agricultura regenerativa, gestión de residuos y autosuficiencia energética (ver Figura 222).



Figura 222. Vista aérea de la cocina.

El sistema comienza en el huerto, donde los alimentos cultivados son cosechados, las semillas son preparadas para trasladarse a otros cultivos de la comunidad y los residuos orgánicos pasan a una estación de residuos para convertirse en biogas, que permite preparar los alimentos en la cocina. Tanto en la cocina, como en el comedor se generan otros residuos orgánicos que pasan a convertirse en compost y vuelven a la tierra para nutrirla (ver Figura 223).

Al mismo tiempo, una vez ingeridos y digeridos los alimentos, pueden convertirse en compost a través de los baños secos, enriqueciendo también las plantaciones.

Con esta filosofía, es posible promover una vida más consciente, donde la alimentación, la energía y la gestión de residuos están profundamente conectadas con el entorno y el impacto positivo que podemos generar en cada ciclo.

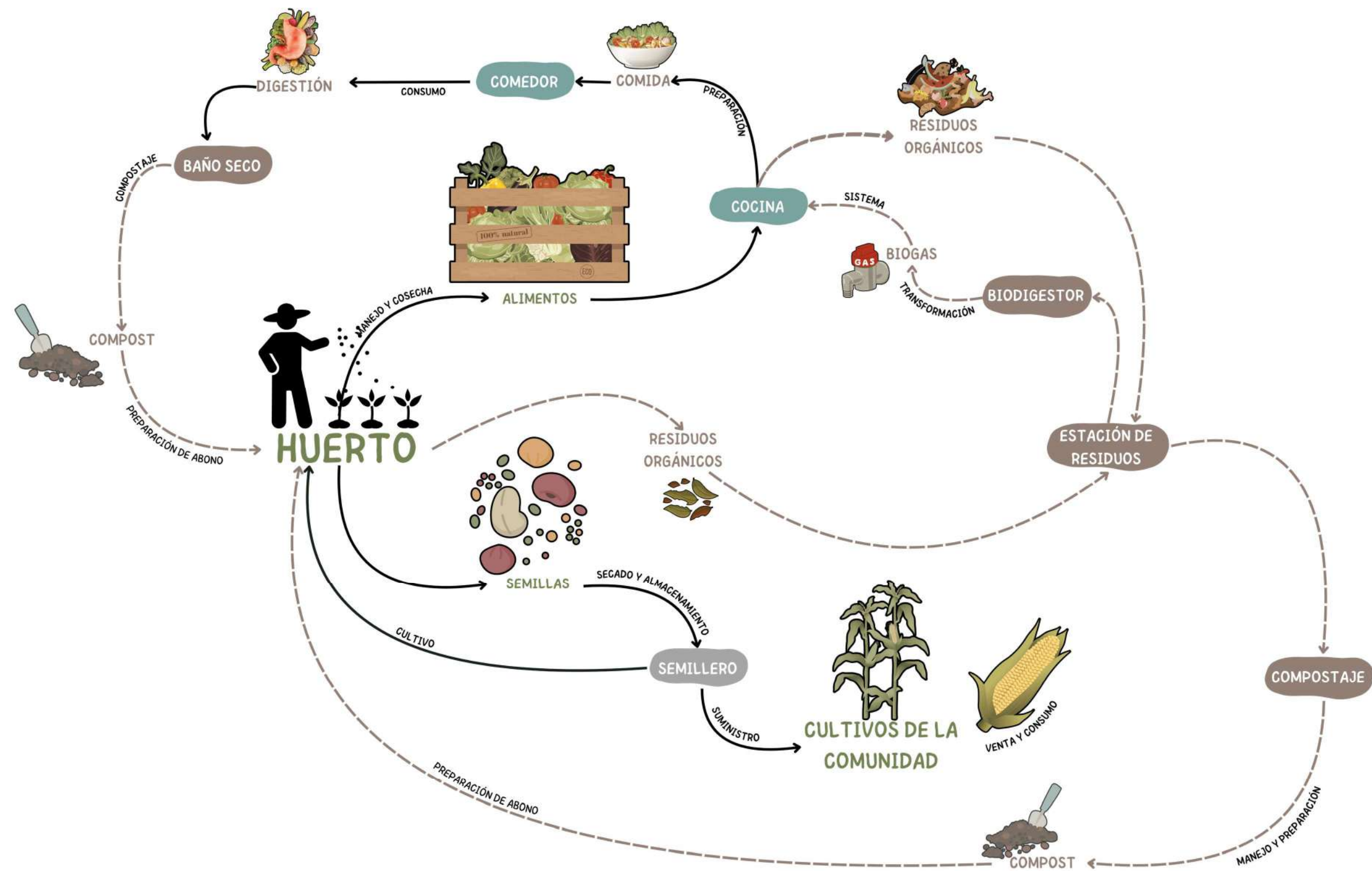


Figura 223. Ciclo de aprovechamiento del huerto.

¿Cómo es la experiencia del entusiasta?

Para el entusiasta, el centro se convierte en un refugio y un territorio de exploración y descubrimiento continuo.

Con techos altos para, inspirarse, pensar y soñar en grande. La posibilidad de moverse, recorrer, observar lo que ocurre y ser parte de encuentros humanos y con el contexto natural. Así mismo, encontrarse con la estructura de bambú en su forma más pura. Poder tocarlo, cuestionarse y entender cómo se estructura todo, Lo más valioso es que el centro no solo enseña con palabras o planos, sino a través de su propia materialización y funcionamiento. Para el entusiasta, estar allí es ser parte de un ecosistema vivo, donde aprender, construir y habitar ocurren al mismo tiempo (ver Figura 224).

El recorrido del espacio invita a ser parte de todos los procesos; lo dinámico, lo social, lo técnico, el descanso, la contemplación, las tareas, responsabilidades y la libertad. Los límites difusos y la vida vegetal entrelazándose con lo cotidiano, completan la experiencia.



Figura 224. Vista del atrio oeste.

Las áreas sociales como el atrio, la sala y el comedor abrigan tanto los procesos de formación, como las conversaciones profundas y actividades de recreación (ver Figura 225 y Figura 226



Figura 225. Vista de la sala hacia el bosque.



Figura 226. Vista del área social.



Figura 227. Vista desde el huerto.



Figura 228. Vista de la cocina.



Figura 229. Cocina colaborativa.

Actividades como cosechar y preparar los alimentos, cocinar, fregar, arreglar la mesa y separar los desechos para compostar, son actividades compartidas que refuerzan el sentido de comunidad y preparan a los entusiastas en un ámbito integral (ver Figura 227 y Figura 228)

La cocina, como se observa en la Figura 229, ha sido diseñada pensando en los flujos y conexiones para brindar una buena experiencia a los entusiastas, con una isla para preparación, espacio para refrigeración, despensa y almacenamiento. Al mismo tiempo, se han destinado barras para servir la comida, dispensadores de agua y todos los utensilios necesarios. También, es posible obtener especias y hierbas sembradas, como el cilantro y la menta.

En cuanto al comedor, la modulación de los espacios y el mobiliario permite que haya cierta libertad de movimiento para, por ejemplo, cambiar la formación de las mesas, separarlas o reordenarlas. A la vez, cualquiera de estas zonas se puede convertir en un aula de clases o un espacio de bienvenida. Lo que brinda la posibilidad de atender más de un grupo de personas al mismo tiempo, en actividades distintas (ver Figura 230).



Figura 230. Vista del comedor.

Los recorridos de aprendizaje en el centro comienzan por comprender la silvicultura del bambú. Los entusiastas tienen contacto con los plantones de bambú, para comprender sus procesos, cómo reproducirlo y plantarlo. Al mismo tiempo, se adentran en la plantación de bambú para reconocer los aspectos más característicos de la planta y aprender sobre su manejo, crecimiento, maduración y corte.

Después de la cosecha, ocurre uno de los procesos que requiere mayor atención. El espacio destinado a la inmunización fue diseñado para permitir la manipulación de varas para tratamiento. La comunidad tiene la oportunidad de visualizar y experimentar cada una de las etapas de preparación y posterior transformación de las varas de bambú (Figura 231 y Figura 232).

Después de ver como pasa de ser una planta a un material, no hay experiencia que se compare con poner manos al bambú y construir colaborativamente. La experimentación y posibilidades no tienen límites (ver Figura 233).



Figura 231. Plantones de bambú.



Figura 232. Vista aérea de inmunización de varas.



Figura 233. Taller de capacitación.

En las zonas de tratamiento, taller, experimentación y laboratorio, los entusiastas tienen una ventana abierta para observar los procesos y aprender haciendo. Pero la otra parte del aprendizaje ocurre en la convergencia: el atrio, patios y salones polivalentes funcionan como espacios de intercambio, donde la comunidad se encuentra, comparte experiencias, presenta resultados y da lugar a nuevas ideas (ver Figura 234, Figura 235 y Figura 236).

Es en este entorno colaborativo donde la innovación surge de manera orgánica, alimentada por el diálogo y la diversidad de saberes.

Los niveles, la conexión con lo vivo, los recorridos fluidos a través de rampas y escalinatas propician el encuentro con lo interior y lo exterior, el contacto humano y la sinergia. Estos espacios permiten además el desarrollo de actividades donde la comunidad puede compartir, conversar, exponer y dar valor al trabajo realizado. De esta manera, todos son bienvenidos en el centro, a volver y crecer, a la vez que lo hace el centro y el conocimiento comunitario (ver Figura 237).



Figura 234. Vista del patio interior.



Figura 235. Recorridos y encuentros.



Figura 236. Entre rampas.



Figura 237. Vista del salón polivalente.



Figura 238. Conexión de niveles y funciones.



Figura 239. Vista desde el bosque.

Manteniendo un equilibrio con el trabajo y la acción constante, también hay espacio para el descanso de la mente y el cuerpo. Las zonas de alojamiento y servicios permiten que los entusiastas recuperen las energías del día para seguir nutriéndose de aprendizaje y viviendo experiencias enriquecedoras.

Como se observa en la Figura 238 y la Figura 239, los niveles permiten que todas las zonas tengan ventilación y vista directa al bosque y la plantación de bambú, así como circulaciones que permiten movilizarse hacia la zona este u oeste del centro de manera práctica, para no perderse de ninguna actividad (ver Figura 240).



Figura 240. Vista aérea del centro.

Impulso del desarrollo socioeconómico

El esquema que se observa en la Figura 241 representa el impacto en expansión generado por el centro, partiendo desde el bienestar y experiencia del entusiasta, hasta alcanzar dimensiones comunitarias, locales y globales.

Cada experiencia es una semilla o brote. Lo que empieza como un proceso de aprendizaje personal, curiosidad y energía, lleva consigo grandes enseñanzas que hacen crecer al entusiasta, no solo de manera formativa o profesional, si no en un espectro integral. El impacto cercano se manifiesta en cómo esa persona lo comparte y transmite a las personas más allegadas, con sus familiares y amigos.

Esos conocimientos pasan a un siguiente anillo, cuando todas esas interacciones, en más de un círculo social, comienzan a generar un impacto comunitario. Ahora esa comunidad está en sinergia con lo que sucede y promueve dentro y fuera del centro de capacitación. Este fenómeno insta a una mayor participación y valorización del bambú como recurso.

Si la comunidad valora el recurso y tiene habilidades para su manejo y transformación, se logra un impacto local, que mueve el desarrollo socioeconómico de Potrerillos. Una región que lograría materializar productos y construcciones, con personal capacitado para diseñar, construir y crear. La comunidad entendería el bambú como un cultivo o recurso forestal aprovechable, con capacidades demostradas y un campo de investigación abierto para distintas disciplinas. Pero, sobre todo, considerando que existe una cadena que lo aprovecha e impulsa para el beneficio de todos.

Con todo moviéndose hacia el avance local, se lograría un impacto nacional que tome como referencia y además una esfuerzos con otros movimientos que pongan a Panamá en el mapa global de producción y aprovechamiento de bambú.

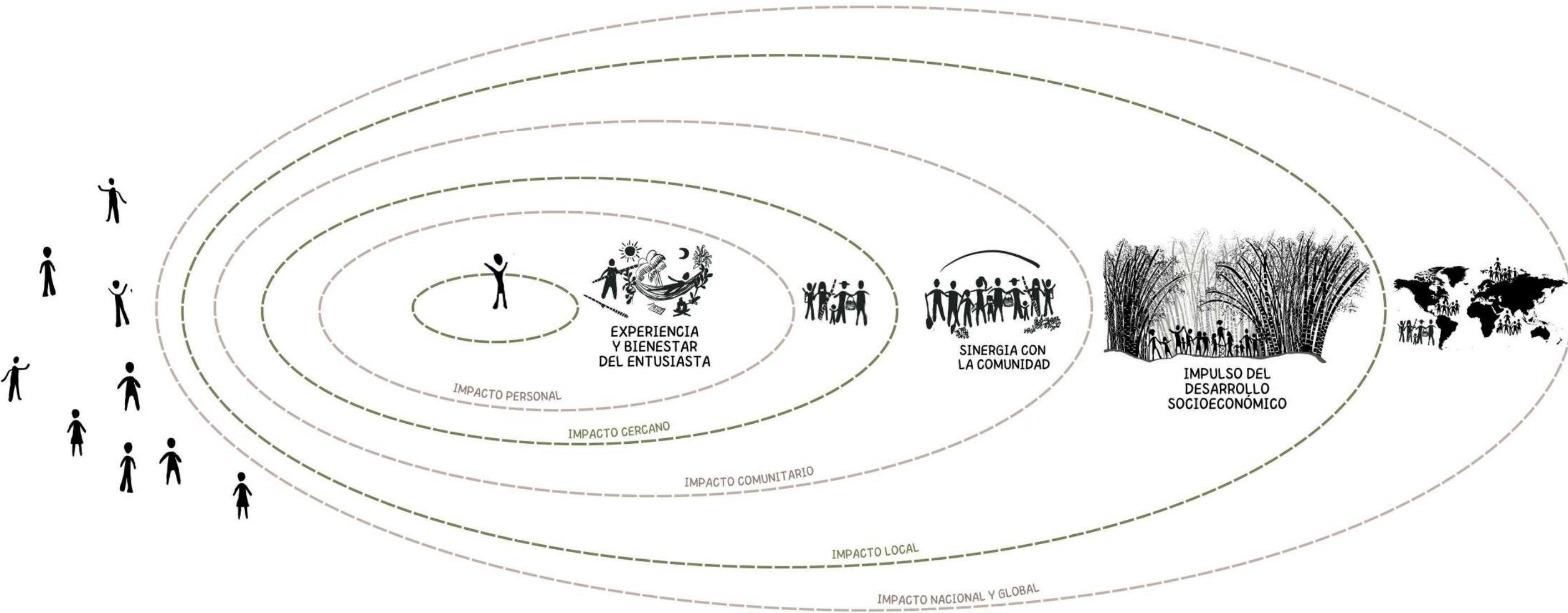


Figura 241. El Impacto de una experiencia.



Figura 242. Vista aérea del centro de capacitación.

7

PRESDUESTO



CAPÍTULO 7: PRESUPUESTO Y PLAN DE EJECUCIÓN

Estimación de costos

A continuación, se presentan las estimaciones generales realizadas con base en la propuesta arquitectónica. Estas incluyen: costos preliminares, costos directos y costos indirectos.

Dado que el terreno pertenece al Estado, bajo la administración del Ministerio de Desarrollo Agropecuario, se propone la segregación del lote para el desarrollo del proyecto como parte del Programa Nacional de Bambú (2025-2035). El cálculo estimado del valor del terreno corresponde a B/. 952,500.00 (ver Figura 243).

DESCRIPCIÓN	ÁREA (m²)	COSTO UNITARIO (B/.)	COSTO TOTAL (B/.)
Terreno	38100.00	B/. 25.00	B/. 952,500.00

B/. 952,500.00

Figura 243. Costo estimado de terreno.

Costos preliminares

En cuanto a los costos preliminares a la obra, se calcula un total de B/. 26,800.00. Estos costos no se reflejan directamente en el producto final, pero son fundamentales para la viabilidad y organizar la ejecución de la obra desde antes de su inicio formal (ver Figura 244).

DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL global (B/.)
Estudio de suelo	B/. 4,000.00
Agrimensura	B/. 6,800.00
Estudio de impacto ambiental	B/. 16,000.00

B/. 26,800.00

Figura 244. Costos preliminares.

Costos directos

Para el cálculo de los costos directos de la construcción, nos enfocamos en considerar los metrajes estimados para cada una de las cinco (5) etapas del proyecto. Esto permite tener una idea clara de la inversión necesaria para desarrollar el proyecto de forma evolutiva. Al mismo tiempo, como se observa en la Figura 245, se calculó la intervención dividida en infraestructura construida e infraestructura viva. En esta última, se consideran los plantones de bambú para la siembra.

COSTOS DIRECTOS

INFRAESTRUCTURA CONSTRUIDA					
ESTRUCTURA EVOLUTIVA					
FASE	NUDO	ZONA	ÁREA (m²)	COSTO x m² (B/.)	COSTO TOTAL
Etapa 1	8,9	Tratamiento y transformación.	472.69	B/. 1,000.00	B/. 472,690.00
	1	Alimentación.	97.88	B/. 1,000.00	B/. 97,880.00
	2	Sociales y descanso.	173.02	B/. 1,000.00	B/. 173,020.00
	Subtotal				B/. 743,590.00
Etapa 2	7	Taller de ebanistería y construcción.	270.32	B/. 1,000.00	B/. 270,320.00
	Subtotal				B/. 270,320.00
Etapa 3	3	Atrio 1 y escalinatas.	204.52	B/. 1,000.00	B/. 204,520.00
	Subtotal				B/. 204,520.00
Etapa 4	4	Patio y rampas.	204.87	B/. 1,000.00	B/. 204,870.00
	Subtotal				B/. 204,870.00
Etapa 5	6	Atrio 2.	228.07	B/. 1,000.00	B/. 228,070.00
	5	Dormitorios, salón polivalente y servicios.	962.61	B/. 1,000.00	B/. 962,610.00
	Subtotal				B/. 1,190,680.00
SUBTOTAL			2613.98		B/. 2,613,980.00
ACCESOS, CARGA Y DESCARGA					
ESPECIFICACIÓN		ZONA	ÁREA (m²)	COSTO x m² (B/.)	COSTO TOTAL
Eco grama block		Acceso, estacionamientos y área de carga y descarga.	1400.00	B/. 60.00	B/. 84,000.00
	Subtotal				B/. 84,000.00
SUBTOTAL			1400.00		B/. 84,000.00
TOTAL INFRAESTRUCTURA CONSTRUIDA					B/. 2,697,980.00

INFRAESTRUCTURA VIVA					
ESPECIFICACIÓN		ZONA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (B/.)	COSTO TOTAL
Plantón de bambú		Plantación de bambú.	260.00	B/. 3.00	B/. 780.00
	Subtotal				B/. 780.00
TOTAL INFRAESTRUCTURA VIVA					B/. 780.00

B/. 2,698,760.00

Figura 245. Resumen de costos directos.

De acuerdo con los cálculos, la infraestructura mínima viable para que el centro comience a operar tiene un costo estimado de B/. 743,590.00. En las cuatro (4) etapas posteriores, el centro se expande, considerando un total de inversión B/. 1,870,390.00. Vale la pena destacar que, este valor se calculó considerando la compra del 100% del total de varas estimadas, sin embargo, este costo podría disminuir significativamente considerando la utilización del material que crecerá en el centro. Además de la estructura principal, se consideran las zonas de acceso, estacionamientos, carga y descarga, que están recubiertos de *Eco grama block*.

En cuanto a la infraestructura viva, se consideran B/. 780.00 para la siembra de 260 plantones de bambú. La estimación total de costos directos es de B/. 2,698,760.00.

Costos indirectos

Con base en los costos directos, se calculan los costos indirectos, detallados en la Figura 246. Estos son esenciales para la administración, control y ejecución de la obra. En este caso, se considera un total de B/. 542,450.76.

COSTOS INDIRECTOS

DESCRIPCIÓN	% DEL COSTO DIRECTO	COSTO TOTAL
Diseño de planos	4%	B/. 107,950.40
Permisos municipales	1.5%	B/. 40,481.40
Inspección de obra	3%	B/. 80,962.80
Gastos legales y administrativos	0.5%	B/. 13,493.80
Imprevistos	10%	B/. 269,876.00
Limpieza general	0.1%	B/. 2,698.76
Bonos de garantía	1%	B/. 26,987.60

B/. 542,450.76

Figura 246. Resumen de costos indirectos.

Financiamiento

El costo total estimado del proyecto, incluyendo los costos preliminares, directos e indirectos, asciende a B/. 3,268,010.76.

Dada la naturaleza evolutiva del proyecto, se contempla la posibilidad de recurrir a diversas fuentes de financiamiento para cada etapa. La fuente principal podrían ser los fondos destinados a los proyectos del futuro Programa Nacional de Bambú 2025–2035, a través de la

Comisión Nacional de Bambú. Adicionalmente, para las siguientes etapas, se prevé establecer alianzas estratégicas con organizaciones internacionales como:

- Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR)
- Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)
- Fondo Verde para el Clima (GCF, por sus siglas en inglés: *Green Climate Fund*)
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)

Por otro lado, en la vida operativa del Centro, es posible llevar una economía interna que contribuya a su sostenibilidad. Por ejemplo, se estima que la venta de 2,000 culmos completos (12 metros) de bambú inmunizados al año puede generar un ingreso anual de B/. 56,000.00. En un período de 10 años, esta actividad podría cubrir aproximadamente el 20% del costo total de la obra. Esta proyección no contempla los ingresos adicionales que podrían generarse por concepto del servicio de inmunizado de varas provenientes de otras fincas, lo cual ampliaría este margen.

De igual forma, haciendo un cálculo estimado: si 940 personas (la mitad de la población de Potrerillos), participan en procesos de capacitación especializada en el Centro, con un costo estimado de B/. 300.00 por entusiasta, se obtendría un ingreso de B/. 282,000.00, lo cual representaría aproximadamente un 9 % del costo total del proyecto. En este modelo, los entusiastas podrán ser auspiciados por el gobierno, las instituciones u organizaciones aliadas, a través de programas de entrenamiento de corta o larga duración, o cubrir la inversión con fondos propios. De igual manera, los entusiastas capacitados podrán generar ingresos al ser contratados en la ejecución de las siguientes etapas del centro, contribuyendo a la economía de la comunidad.

Adicionalmente, el uso del bambú que crece en el centro y generar posibles ingresos derivados de la atención de grupos de entusiastas extranjeros, programas de voluntariado, servicios formativos y eventos especiales podrían traducirse en ingresos económicos o en contribuciones en especie (como material o mano de obra), que en ambos casos contribuyen a reducir significativamente los costos de ejecución del proyecto.



CONCLUSIONES

La propuesta de un Centro de Capacitación de Bioconstrucción con Bambú para el corregimiento de Potrerillos demuestra cómo la arquitectura puede lograr una integración consciente en el entorno natural y cultural. Su valor va más allá del diseño y se centra en la oportunidad de hacer visible las posibilidades. Logrando cumplir con los objetivos planteados:

1. Se demostraron las capacidades y características de las especies que crecen en la zona.

Mediante visitas y fotografías, se logró un levantamiento preliminar de campo con 19 registros en la plataforma *iNaturalist*, en el que se identificaron cinco (5) especies de bambú presentes en Potrerillos. Tomando como referencia las normativas ISO, se cortaron muestras de *Guadua angustifolia* para realizar las pruebas geométricas, físicas y mecánicas que demostraron la calidad del material que crece en el corregimiento y que puede ser utilizado en construcción.

2. Se diseñó un centro de capacitación con el mínimo impacto ambiental.

Tras la investigación y los análisis realizados, fue posible plantear un proyecto evolutivo, de acción colaborativa, que crece a la vez que la planta de bambú lo hace y la comunidad se capacita. El proyecto prioriza la conservación natural, la reforestación con bambú y la utilización del material local y mínimamente procesado, así como procesos de circularidad en su funcionamiento diario.

3. Se determinaron posibilidades de utilización del material.

En base a los diagnósticos realizados en Potrerillos, concluimos que el uso del bambú podría mejorar e incrementar progresivamente en la creación de soluciones, una vez la comunidad mejore las técnicas de unión, tratamiento y tenga en cuenta los principios de protección por diseño. Dado que existe interés de parte de los encuestados, la metodología de “aprender haciendo” sería un éxito para lograr un impacto mayor en el desarrollo socioeconómico del corregimiento.

RECOMENDACIONES

Enfoque local: Potrerillos

Se recomienda, como seguimiento a esta investigación:

1. Invitar a los residentes de la comunidad de Potrerillos a contribuir con el proyecto de identificación de parras de bambú abierto en la plataforma *iNaturalist*.
2. Buscar colaboración multidisciplinaria e interinstitucional para ubicar y levantar un inventario completo (coordenadas y cuantificación) del bambú presente en Potrerillos, tomando como referencia los puntos marcados.
3. Realizar estudios de caracterización geométrica, física y mecánica de las demás especies de bambú encontradas y de otras plantaciones de *Guadua Angustifolia*, para generar una base de datos local.
4. Plantear y llevar a cabo otro tipo de exploraciones e investigaciones científicas.
5. Desarrollar un programa de capacitaciones relacionadas a: cultivo, manejo, tratamiento, uso y transformación del bambú en las fincas donde se encuentra el recurso, para mejorar las estructuras que realizan actualmente y tener personal capacitado para la ejecución del proyecto del Centro de Capacitación.
6. Impulsar esfuerzos para que el desarrollo del proyecto del Centro de Capacitación se materialice a través de la gestión del Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Ministerio Ambiente, la Comisión Nacional de Bambú y el apoyo de otros organismos nacionales e internacionales.

Enfoque del país: Panamá

Se recomienda replicar a nivel nacional estas acciones:

1. Realizar estudios que analicen el recurso bambú en Panamá, comenzando por corregimientos específicos, amplificando y comparando regiones.
2. Crear una base de datos nacional que permita fortalecer la cadena del bambú en el país.
3. Promover los esfuerzos interinstitucionales para que los actores del sector público, académico, comunitario y privado trabajen articuladamente en pro del aprovechamiento del bambú.
4. Establecer escuelas itinerantes y centros de capacitación en zonas potenciales del territorio nacional.

BIBLIOGRAFÍA

ANAM. (2006). *Resolución AG-Q361-2006, Gaceta Oficial*.

Arch Daily. (13 de junio de 2016). *Simón Vélez: "El bambú no es para pobres o ricos; es para seres humanos"*. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=pfj4hgUzjFM>

Arch Daily. (s/f). *The Green School*. Obtenido de <https://www.archdaily.com/81585/the-green-school-pt-bambu>

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (enero de 2010). *NSR-10. Reglamento Colombiano de construcción Sismoresistente*. Obtenido de <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>

Autoridad Nacional del Ambiente. (2010). *Atlas Ambiental de la República de Panamá*. Obtenido de https://burica.files.wordpress.com/2012/05/atlas_ambiental.pdf

Bamboo Tea. (2023). *Bamboo Tea Pty*. Obtenido de Instagram: https://www.instagram.com/bambootea_pty/

Bamboo U. (2022). *Treating bamboo with borax*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/584539374/BAMBOO-U-Treating-Bamboo-With-Borax>

Bamboo U. (s/f). *About Bamboo U*. Obtenido de https://www.bamboou.com/about?r_done=1

Charpentier, G. (s/f). *Manual para el manejo agronómico y usos del bambú Guadua Angustifolia en zonas rurales de Costa Rica*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0301.pdf>

Díaz, R. (febrero de 2003). *Estudio sobre la concentración de trapiches paneleros en el distrito de Dolega, Provincia de Chiriquí, Panamá*. Obtenido de https://ch.utp.ac.pa/documentos/2012/pdf/Estudio_de_la_concentracion_de_trapiches_paneleros_en_el_distrito_de_Dolega_Chiriqui_Panama.pdf

Dual Arquitectura y Construcción. (2018). *DUAL*. Obtenido de Facebook: <https://www.facebook.com/dualcr/photos/pb.100060056809853.-2207520000/1002259039913531/?type=3>

Ecotableros. (8 de septiembre de 2017). *Ecotableros- Simón Vélez*. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=vIYfMht1ZNo>

- El Faro. (2024). Obtenido de Bijao: un envoltorio natural: <https://elfarodelcanal.com/bijao-un-envoltorio-natural/>
- Espinosa, N. (19 de abril de 2008). *Historia del corregimiento de Potrerillos Arriba*. Obtenido de Infoplaza 54: Potrerillos Arriba: <https://infoplaza54potrerillosarriba.blogspot.com/2008/04/>
- Europa Press. (12 de febrero de 2012). *La Bioconstrucción: una oportunidad frente a la crisis*. Obtenido de <https://www.europapress.es/islas-canarias/noticia-bioconstruccion-oportunidad-frente-crisis-20120212144057.html>
- Geoversity. (s/f). *Geoversity*. Obtenido de <https://geoversity.org/about/>
- Green School Bali. (5 de octubre de 2014). *Bamboo News Magazine*. Obtenido de The story of Green School Bali: <https://www.greenschool.org/bali/bamboo-magazine/>
- Harries, K. A., Mofidi, A. , Naylor, J., Trujillo, D., Lopez, L. F., Gutierrez, M., . . . Rogers, C. (2022). *Knowledge gaps and research needs in bamboo construction*. 8th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies (NOCMAT 2022).
- Henao, E., & Quintero, H. (s/f). *Evaluación de propiedades físicomecánicas de Guadua angustifolia*. Obtenido de <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7063/Evaluacion%20de%20propiedades%20fisico%20mecanicas%20de%20Guadua%20angustifolia%20del%20Jardin%20Botanico%20de%20la%20UTP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hervas, M. Á., & González, J. (2020). Obtenido de Arquitectura tradicional indígena del occidente de Panamá: <https://riunet.upv.es/entities/publication/32894384-3515-4d2b-acd2-c87ec1635b46>
- Hidalgo, O. (2003). *Bamboo The gift of the Gods* . Oscar Hidalgo López.
- IBN. (s.f.). *Las 25 pautas de la Bioconstrucción*. Obtenido de <https://baubiologie.de/downloads/25leitlinien-spanisch.pdf>
- IM KM. (2022). *Casa Loro* . Obtenido de IM KM : <https://www.im-km.com/loro>
- INBAR. (septiembre de 2022). América Latina y el Caribe: reflexiones de los últimos 25 años. . *BRU. Novedades del bambú y ratán* , 3(3).
- INBAR. (2022). *Escuela Taller Manabí*. Obtenido de INBAR: <https://www.inbar.int/es/project/escuela-taller-manabi/>

- INBAR. (s.f.). *Panamá*. Obtenido de INBAR: <https://www.inbar.int/country/panama/>
- INBAR. (s.f.). *Why bamboo and rattan* . Obtenido de <https://www.inbar.int/why-bamboo-and-rattan/>
- INEC. (2023). *Cuadro 10. Superficie, población y densidad de la República de Panamá*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censo : <https://www.inec.gob.pa/archivos/P0705547520231109105354CUADRO%2010.pdf>
- INEC. (2023). *Sistema de consulta: Censos de población y viviendas de Panamá*. Obtenido de <https://www.inec.gob.pa/panbin/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=LP2023>
- Londoño, X., & Peterson, P. (2001). *Evaluation of bamboo resources in Latin America*. International Network for Bamboo and Rattan (INBAR).
- Londoño, X., & Ruiz Sánchez, E. (2020). *Guía sobre cómo fotografiar bambúes para la identificación taxonómica*. Colombia y México: El Paraíso del Bambú y la Guadua, Universidad de Guadalajara. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/562891299/Fotografiar-bambues-XL>
- Los indios Doraces. (5 de 12 de 2012). Obtenido de <http://indiosdoraces.blogspot.com/2012/12/losindios-doraces.html>
- Marwah, A. (18 de febrero de 2022). *RTF Rethinking the future*. Obtenido de Evolution of Bamboo in architecture through 14 structures: <https://www.re-thinkingthefuture.com/designing-for-typologies/a6269-evolution-of-bambo>
- Melgar, Y., & Peralta, C. (2009). Obtenido de Potencial Natural y Económico de la Jatata (Geonoma deversa) en la Comunidad El Sena, Bolivia: https://www.researchgate.net/publication/318044783_Potencial_Natural_y_Economico_de_la_Jatata_Geonoma_deversa_en_la_Comunidad_El_Sena_Bolivia/citations
- Metro Libre. (29 de diciembre de 2022). *Vuelve la Feria de la Naranja*. Obtenido de Metro Libre: <https://www.metrolibre.com/cultura/vuelve-la-feria-de-la-naranja-YC3172010>
- Mi Ambiente . (3 de junio de 2023). *MiAMBIENTE mapeará cuántas y dónde se ubican las especies de bambú que hay en Panamá*. Obtenido de <https://www.miambiente.gob.pa/miambiente-mapeara-cuantas-y-donde-se-ubican-las-especies-de-bambu-que-hay-en-panama/>

- MIDA. (24 de junio de 2022). Obtenido de Por primera vez una finca del MIDA recibe la certificación de producción de semillas: . <https://mida.gob.pa/2022/06/24/por-primera-vez-una-finca-del-mida-recibe-la-certificacion-de-produccion-de-semillas/>
- Ministerio de Ambiente. (22 de abril de 2021). *Panamá incrementa en un 3% su cobertura boscosa*. Obtenido de Ministerio de Ambiente: <https://www.miambiente.gob.pa/panama-incrementa-en-un-3-su-cobertura-boscosa/>
- Ministerio de Ambiente. (8 de junio de 2023). *Panamá inicia proyecto innovador relacionado con el uso responsable y sostenible del bambú*. Obtenido de <https://www.miambiente.gob.pa/panama-inicia-proyecto-innovador-relacionado-con-el-uso-responsable-y-sostenible-del-bambu/>
- Ministerio de Ambiente. (s/f). *Panamá se consolida como país carbono negativo*. Obtenido de <https://dcc.miambiente.gob.pa/noticia-de-prueba2/>
- Municipio de Dolega. (2018). *Plan estratégico Distrital de Dolega*. Obtenido de <https://docplayer.es/192199849-Plan-estrategico-distrital-municipio-de-dolega.html>
- Naciones Unidas. (9 de noviembre de 2022). *Las emisiones históricas del sector de la construcción, lo alejan de los objetivos de descarbonización*. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2022/11/1516722>
- Naciones Unidas. (s/f). *El derecho humano a una vivienda adecuada*. Obtenido de <https://www.ohchr.org/es/special-procedures/sr-housing/human-right-adequate-housing>
- National Geographic. (14 de junio de 2018). *National Geographic*. Obtenido de World's Oldest Rain Forest Frogs Found in Amber: <https://www.nationalgeographic.com/science/article/oldest-frogs-fossils-amber-cretaceous-dinosaurs-science>
- Nayara Bocas del Toro. (s/f). *Tree House*. Obtenido de Nayara Bocas del Toro: https://be.synxis.com/?adult=2&arrive=2023-12-24&chain=24447&child=0&clearcache=all¤cy=USD&depart=2023-12-25&hotel=38262&level=hotel&locale=en-US&rooms=1&sbe_rc=MDE0ZDZIMTYtZDU2NC00MzkwLTk3NjEtMTIyNTc1NWNjZGYx&src=30

- Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo. (s/f). *Ley No. 6 de 2006 sobre el ordenamiento territorial para el desarrollo urbano en Panamá*. Obtenido de <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/marcos-regulatorios/ley-no-6-de-2006-sobre-el-ordenamiento-territorial-para-el-desarrollo-urbano-en#:~:text=Esta%20Ley%20tiene%20por%20objeto,y%20en%20todo%20el%20territorio>
- OPHI. (s/f). *¿Qué es el Índice de Pobreza Multidimensional?* Obtenido de Iniciativa sobre Pobreza y Desarrollo Humano de Oxford (OPHI), organismo a cargo de la Secretaría de la MPPN: <https://www.mppn.org/es/pobreza-multidimensional/por-que-el-ipm/>
- Organización Internacional de Normalización. (2019). *ISO 22157:2019. Bamboo structures—Determination of physical and mechanical properties of bamboo culms — Test methods*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/65950.html>
- Organización Internacional de Normalización. (junio de 2021). *ISO 22156:2021. Bamboo culms-Structural design*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/73831.html>
- Pinzón, M. (10 de agosto de 2009). *Hombre y casas de quincha*. Obtenido de Sociología de Azuero: <https://www.sociologiadeazuero.net/2009/08/hombres-y-casas-de-quincha.html>
- PNUD. (2020). *Índice de Pobreza Multidimensional*. Obtenido de <https://www.gabinetesocial.gob.pa/ipm-c/>
- RAE. (2014). *Definición de construir*. Obtenido de Diccionario de la Lengua Española: <https://dle.rae.es/construir>
- RAE. (2014). *Definición de Especie*. Obtenido de Diccionario de la Lengua Española: <https://dle.rae.es/especie>
- RAE. (2014). *Definición de género*. Obtenido de Diccionario de la Lengua Española: <https://dle.rae.es/g%C3%A9nero>
- RAE. (2014). *Definición de habitar*. Obtenido de Diccionario de la Lengua Española: <https://dle.rae.es/habitar>
- Sánchez Díez, R., & Riquelme, M. (2018). *Manual de establecimiento de viveros y manejo de plantaciones de cultivo de bambú en Panamá*. Panamá: Facultad de Ciencias Agropecuarias- Universidad de Panamá.
- Tacuara. (s.f.). *Tacuara: Diseño en Bambú*. Obtenido de <https://www.facebook.com/tacuara.co>

Tierra Magia. (s.f.). *Tierra Magia*. Obtenido de Instagram :
<https://www.instagram.com/tierramagia/>

Trujillo, D. (18 de agosto de 2021). *Bioconexión temp. 1: La normalización como estrategia para la adopción masiva del bambú en la construcción*. Obtenido de Bambuterra:
https://www.facebook.com/watch/live/?ref=watch_permalink&v=311774446567775

Trujillo, D., & López, L. (2016). *Bamboo material characterization*. Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/295766274_Bamboo_material_characterisation

Vásquez, Z. (31 de agosto de 2014). *Bloques, arena y cemento desplazan casas de quincha*. Obtenido de Panama América: <https://www.panamaamerica.com.pa/provincias/bloques-arena-y-cemento-desplazan-casas-de-quincha>

Widyowijatnoko, A. (13 de julio de 2012). *Traditional and innovative joints in bamboo construction*. Obtenido de RWTH Aachen University : <https://vdocuments.mx/traditional-and-innovative-joints-in-bamboo-construction-57pages.html?page=1>