

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

Ordenación del recurso forestal para optimizar los beneficios ambientales, sociales y económicos en la Ciudad de los Niños, Cartago, Costa Rica.

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON ÉNFASIS EN MANEJO Y PRODUCCIÓN FORESTAL CON EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA

SERGIO GONZÁLEZ ARROYO

CARTAGO, COSTA RICA

JUNIO, 2022

**Ordenación del recurso forestal para optimizar los beneficios
ambientales, sociales y económicos en la Ciudad de los Niños,
Cartago, Costa Rica.**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL CON ÉNFASIS EN MANEJO Y PRODUCCIÓN
FORESTAL CON EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

SERGIO GONZÁLEZ ARROYO

CARTAGO, COSTA RICA

JUNIO, 2022

Ordenación del recurso forestal para optimizar los beneficios ambientales, sociales y económicos en la Ciudad de los Niños, Cartago, Costa Rica.

Sergio González Arroyo

Resumen

El presente trabajo es un plan de ordenación forestal, donde se evidencia al recurso forestal como fuente de ingresos para la Ciudad de los Niños. En el trabajo se levantaron y clasificaron por capacidad de uso de las tierras las siguientes coberturas de interés: plantaciones forestales (11.76 ha), áreas a reforestar (1.5 ha), bosque primario y secundario (32.6 ha), apartos ganaderos (48.05 ha). Para cada cobertura, se elaboró una estrategia de aprovechamiento; en el caso de las plantaciones forestales se estableció una cuota anual de aprovechamiento de 60000 pulgadas madereras ticas (PTM) y \$ 18 917.34 aproximadamente. El área de bosque primario y secundario se propone introducir a PSA de protección generando un ingreso total de \$ 17 616,81 distribuidos en 10 años y para el caso de los apartos se proponen 2 diseños silvopastoriles, un diseño con hileras de árboles maderables y otro diseño de cercas vivas, estos se incorporarán a PSA para un ingreso de \$ 1 837,19 para el diseño más rentable. Todo lo anterior se incorpora en un cronograma de aprovechamiento con la distribución de ingresos anuales. Todas las actividades de este proyecto están enlazadas y ejecutadas a través de programas de extensión forestal y de educación ambiental para los principales actores de la institución, estudiantes del Colegio Técnico Agustiniiano y Escuela de Ingeniería Forestal del TEC.

Palabras claves: Ordenación forestal, Plantaciones forestales, Bosque, Silvopastoriles Orto mosaicos.

Abstract

The present work is a forest management plan, where the forest resource is evidenced as a source of income for the *Ciudad de los Niños* in the work, the following coverages of interest were collected and classified by land use capacity: forest plantations (11.76 ha), areas to be reforested (1.5 ha), primary and secondary forest (32.6 ha), livestock farms (48.05 ha) . For each coverage, a harvesting strategy was developed; In the case of forest plantations, an annual utilization quota of 60,000 Costa Rican timber inches (PTM) and approximately \$18,917.34 was established. It is proposed to introduce the area of primary and secondary forest to protection PES, generating a total income of \$17,616.81 distributed over 10 years, and in the case of the apartos, 2 “silvopastoril” designs are proposed, one design with rows of timber trees and another design of living fences, these would be incorporated into PSA for an income of \$1,837.19 for the most profitable design. All of the above is incorporated into a utilization schedule with the distribution of annual income. All the activities of this project are linked and executed through forestry extension and environmental education programs for the main actors of the institution, students of the Agustiniano Technical College and the School of Forestry Engineering of the TEC.

Keywords: Forest management, forest plantations, forest, silvopastoril and ortho mosaics.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional

*González Arroyo, S. 2022. Ordenación del recurso forestal para optimizar los beneficios ambientales, sociales y económicos en la Ciudad de los Niños, Cartago, Costa Rica. Trabajo final de graduación para optar por el título de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 106 p.

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por el ingeniero M. Sc. Alejandro Meza Montoya, Máster María Verónica Villalobos Barquero, Lic. Federico Conejo Morales y M.Sc Dorian Carvajal Vanegas como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Ing. María Verónica Villalobos Barquero, Máster
Directora de Tesis.



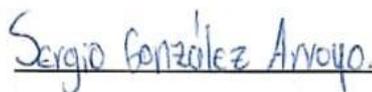
Ing. Alejandro Meza Montoya
Profesor Lector.



Ing. Federico Conejo Morales, Lic
Lector externo.



Ing. Dorian Carvajal Vanegas, M.Sc
Coordinador Trabajos Finales de
Graduación.



Sergio González Arroyo

Estudiante

Dedicatoria

Este proyecto es dedicado a mis padres Sergio González y Lorena Arroyo por todo esfuerzo, dedicación y sacrificio durante todos estos años y donde finalmente ha dado frutos con este proyecto, los amo, gracias por todo, me siento muy orgulloso de ser su hijo. Este documento también va en memoria de mi abuela y tía Ceci, descansen en paz y gracias por toda ayuda desde los primeros años de mi carrera.

Agradecimientos

A mis hermanos, primos, tíos por todo el apoyo y disponibilidad. Gracias a mis padres por ayudarme a convertirme en la persona que soy, por la preocupación, consejos, valores y enseñanzas a través de estos años de formación.

A la comunidad TEC, quiero agradecer a todos los amigos que hice con el paso de los años y que se convirtieron en buenos compañeros de trabajo. Agradecer a los profesores de la Escuela de Ingeniería Forestal, por el conocimiento, las experiencias, recursos, apoyo brindado. En especial al profesor Alejandro Meza, por su experiencia, consejos e historias que transmiten conocimiento.

También un agradecimiento especial a Verónica Villalobos mi tutora, por convertirse en estos últimos años en una excelente compañera de trabajo, por sus consejos, regaños y correcciones. Gracias por la paciencia, por hacerme dudar y siempre ver las situaciones de manera ingenieril y práctica.

Agradecer también a los funcionarios-administrativos de la Escuela Forestal, por la ayuda brindada durante los trabajos de curso y proyectos de investigación, siempre fueron anuentes a ayudar y hacer las cosas de la mejor forma.

Gracias a la Ciudad de los Niños por permitirme realizar mi Trabajo Final de Graduación en su institución, por el apoyo técnico y social durante todas las etapas de este proyecto.

Índice General

Resumen	I
Abstract	II
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	IV
1 Introducción	6
2 Objetivos.....	8
2.1 Objetivo General.....	8
2.2 Objetivos Específicos	8
3 Revisión de literatura	9
<i>Ordenamiento forestal</i>	9
<i>Plantaciones forestales.....</i>	10
<i>Bosques secundarios y primarios</i>	11
<i>Sistemas silvopastoriles.....</i>	12
<i>Etapas del plan de aprovechamiento.....</i>	13
4 Metodología.....	17
4.1 Área de Estudio.....	17
4.2 Clasificación del uso actual y la capacidad de uso de la tierra en la Ciudad de los Niños.	18
4.3 Propuesta sostenible de aprovechamiento de los recursos forestales a través de planes de aprovechamiento, reforestación comercial, PSA y crédito forestal.....	21
4.4 Transferencia el conocimiento generado.	24
5 Resultados y discusión.....	25
6 Conclusiones.....	51
7 Recomendaciones.....	51
8 Referencias	52
9 Anexos.....	62

Índice de cuadros

Cuadro 1. Metodología del levantamiento de la información para los distintos recursos naturales dentro de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.....	19
Cuadro 2. Uso actual del suelo en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	26
Cuadro 3. Capacidad del uso de las tierras obtenidas en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.....	27
Cuadro 4. Estadísticos dasométricos obtenidos del censo forestal en bloques de plantaciones forestales y árboles individuales de interés en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.....	30
Cuadro 5. Datos dasométricos por especie obtenidos del censo forestal dentro de la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	30
Cuadro 6. Estimación de ingresos totales de PMT para los escenarios de MP y MA en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	32
Cuadro 7. Cronograma de aprovechamiento de las plantaciones forestales según el bloque y la especie (2023-2047) establecidas en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	33
Cuadro 8. Distribución de ingresos estimados de MP, correspondientes a la cuota de extracción de madera asignada para un periodo de rotación de 24 años en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	33
Cuadro 10. Tabla de estimación de volumen para la especie <i>J. neotropica</i> (Nogal) fuente consultada: (Ortega-Montenegro, 2007; Toro-Vanegas y Roldán-Rojas, 2018).....	37
Cuadro 11. Tabla de rendimientos anuales de <i>Cedrela odorata</i> para el volumen por hectárea. Fuente: (Fierros-González, 2012).	38
Cuadro 12. Tabla de rendimientos anuales estimados de <i>Cedrela tonduzii</i> para el cálculo de volumen por hectárea proyectado en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	39

Cuadro 13. Distribución de ingresos generados para el Pago por Servicios Ambientales (PSA), de la especie forestal Nogal (<i>J. neotropica</i>) reforestada en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	39
Cuadro 14. Distribución de ingresos generados para el Pago por Servicios Ambientales (PSA), de la especie forestal Cedro (<i>C. tonduzii</i>) reforestada en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	40
Cuadro 15. Diseño de raleos y corta final para el bloque reforestado de Nogal en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	40
Cuadro 16. Cuadro con proyección de raleos y corta final para el bloque reforestado de Cedro Dulce en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	41
Cuadro 17. Cálculo y distribución de dinero anual para la vigencia de contrato de PSA modalidad Protección de Bosque en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	42
Cuadro 17. Primer diseño y propuesta de arreglo silvopastoril (SPP) para la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	45
Cuadro 18. Segundo diseño y propuesta de arreglo silvopastoril (SPP) de cercas vivas para la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	45
Cuadro 19. Distribución de ingreso del Escenario 1 para la modalidad de PSA en sistemas silvopastoriles en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.....	45
Cuadro 20. Distribución de ingreso del Escenario 2 para la modalidad de PSA en sistemas silvopastoriles (cercas vivas) en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	46
Cuadro 21. Cronograma de actividades incluidas dentro del Plan de Ordenación para el aprovechamiento de las distintas coberturas forestales ubicadas en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	48
Cuadro 22. Cronograma, distribución y cantidad total de ingresos en colones (¢) obtenidos para cada diseño de aprovechamiento y venta de madera en pie (MP) en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	51
Cuadro 23. Cronograma, distribución y cantidad total de ingresos en dólares (\$) obtenidos para cada diseño de aprovechamiento y venta de madera en pie en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.	52

Cuadro 24. Cronograma, distribución y cantidad total de ingresos en colones (¢) obtenidos para cada diseño de aprovechamiento y venta de madera aserrada en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.53

Cuadro 25. Cronograma, distribución y cantidad total de ingresos en dólares (\$) obtenidos para cada diseño de aprovechamiento y venta de madera aserrada en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.54

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de la Ciudad de los Niños en el distrito de Agua Caliente, Cartago, Costa Rica. Fuente: (Plano Catastro, Atlas Digital, 2014 y Google Hybrid. Image Lansat/Copernicus, Data SIO, NOAA.U. S Navy. NGA. GEBCO, 2021).18

Figura 2. Uso actual de la tierra en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.27

Figura 3. Capacidad del uso de las tierras en la finca de la Ciudad de los Niños, Agua Caliente, Cartago.28

Figura 4. Mapa de distribución y ubicación de bloques de plantaciones aprovechables en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.29

Figura 5. Mapa de distribución y ubicación de bloques áreas de reforestación en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.35

Figura 6. Mapa de distribución y ubicación de bosque primario y secundario en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.42

Figura 7. Ubicación y distribución de líneas para el establecimiento de los diseños silvopastoriles en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.44

Figura 8. Evidencias con los estudiantes del curso de Establecimiento de Plantaciones del TEC, realizando de práctica de campo en la Ciudad de los Niños. Aguacaliente, Cartago. (Fuente: Anexo.2)56

Figura 9. Evidencias con los estudiantes del Colegio Técnico Profesional Agustiniiano y estudiantes del curso de Establecimiento de Plantaciones del TEC, realizando de práctica de campo en la Ciudad de los Niños. Aguacaliente, Cartago. (Fuente: Anexo.3)56

Figura 10. Evidencias con los estudiantes del Colegio Técnico Profesional Agustiniiano y estudiantes de la Escuela de Ingeniería Forestal del TEC, realizando de práctica de

campo en la Ciudad de los Niños. Aguacaliente, Cartago (Fuente: Anexo.4 y Anexo 6)	57
Figura 11. Evidencias con los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Forestal del TEC, realizando de práctica de campo en la Ciudad de los Niños. Aguacaliente, Cartago (Fuente: Anexo.7).....	57
Figura 12. Evidencias de reuniones con el Ing. Zootecnista Federico Conejo Morales como uno de los principales autores de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago. (Fuente: Anexo.9).....	58
Figura 13. Evidencias de reuniones con el encargado de la institución el padre Jesús María Ramos Leza en prácticas de mantenimiento de plantaciones forestales en Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago. (Fuente: Anexo.9)	58

Índice de Anexos

Anexo 1. Análisis de suelo realizado por el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), Universidad de Costa Rica (UCR).	62
Anexo 2. Informe de Gira 21 de mayo 2021, curso Establecimiento de Plantaciones. ..	65
Anexo 3. Informe de Gira 8 de junio 2021, curso Establecimiento de Plantaciones.	67
Anexo 4. Informe de Gira 15 de junio 2021, curso Laboratorio de Introducción a la Ingeniería Forestal.	71
Anexo 5. Informe de Gira 15 de junio 2021, curso Laboratorio de Introducción a la Ingeniería Forestal.	74
Anexo 6. Informe de Gira 16 de junio 2021, capacitación de estudiantes del Colegio Técnico Profesional Agustiniano, Ciudad de los Niños.	76
Anexo 7. Informe técnico 25 de marzo 2021, capacitación de estudiantes de Ingeniería Forestal sobre la ejecución de las podas como actividad de mantenimiento forestal, Ciudad de los Niños.....	79
Anexo 8. Manual de Inventarios Forestales facilitado a los principales autores encargados de los recursos forestales dentro de la Ciudad de los Niños.....	82
Anexo 9. Informe, capacitación visitas y reuniones con los principales encargados de la Ciudad de los Niños.....	90

1 Introducción

En los últimos años, el ordenamiento territorial se ha convertido en una herramienta de planificación y gestión de aspectos sociales, políticos y ambientales, esto ha ayudado a la creación de modelos territoriales eficientes que permiten un mejor uso y aprovechamientos de los recursos para el beneficio del ser humano (Gómez-Orea, 2003; Gómez-Orea y Gómez-Villarino, 2013). Esta herramienta se ha convertido en un punto clave en el tema de sostenibilidad, ya que busca crear un balance entre los recursos ecológicos y económicos, dando lugar al concepto de ordenación forestal sostenible. Este proceso busca identificar y planificar aprovechamientos en las diferentes coberturas forestales (bosques, plantaciones forestales, potreros, terrenos desnudos, etc.) con el propósito de crear un flujo continuo de productos y servicios forestales sin causar un sobreuso o explotación de los recursos que afecte su productividad futura (Bárbaro, Gimelfarb, Wolberg y Antequera, 2015). La ordenación forestal se logra con la implementación de criterios y metodologías como las directrices de manejo y ordenación sostenible (ITTO, 2015). Contrariamente, Costa Rica a pequeña escala, ha presentado una deficiencia en asistencia y planificación técnica cuando se acercan las etapas finales del aprovechamiento de los recursos forestales (Meza-Montoya y Villalobos-Barquero, 2020). Un ejemplo son las plantaciones forestales establecidas en la Ciudad de los Niños, las cuales tienen más de 40 años con un nulo manejo silvicultural. Además de las plantaciones forestales, la institución cuenta con cercas vivas como una modalidad de sistema agroforestal y áreas de bosque primario y secundario; no obstante, no se tiene un conocimiento claro de estas coberturas y se desconoce su estado de desarrollo así como su volumen aprovechable. Es por esta razón que se plantea un plan de ordenamiento forestal, que permita una identificación de los recursos y la planificación del manejo de estos, de manera que se cuantifique el ingreso económico, social y ambiental para la institución.

La Ciudad de los Niños es una obra desarrollada entre la Iglesia Católica de Costa Rica, el Gobierno y el sector privado, la cual cuenta con diferentes actividades productivas, con el objetivo de generar ingresos extras para ejecutar su misión de ayuda social. Se enfoca en formar íntegramente a adolescentes y jóvenes desde un ámbito pedagógico y metodológico para brindarles oportunidades a nivel personal, técnico y académico. Busca ayudar a jóvenes de escasos recursos y riesgo social, para facilitarles una integración

productiva en la sociedad con modelos cristianos de unidad familiar y una sociedad solidaria e inclusiva. Adicionalmente, la institución fomenta talleres de ebanistería, mecánica, actividades silvopastoriles, plantaciones forestales, entre otras; como parte de la incorporación de nuevas habilidades en los estudiantes (Ciudad de los Niños, 2021). La Ciudad de los Niños ha mantenido una relación y colaboración importante con el Instituto Tecnológico de Costa Rica, de tal forma que se han realizado proyectos como: planes de abastecimiento de agua potable (Salazar-Quesada, 2018), fortalecimiento en estrategias pedagógicas (Molina-Chacón, 2019), diseños silvopastoriles productivos (Meza Montoya *et al.*, 2010), entre otros.

Anteriormente, al establecer las plantaciones forestales en la Ciudad de los Niños, no se contaba con el conocimiento para su adecuado manejo y las plantaciones se dejaron en el abandono, por lo que el ordenamiento territorial pretende aprovechar y ordenar el recurso forestal, buscando generar cuotas anuales de extracción de productos que se puedan obtener del inmueble por medio de plantaciones forestales, bosques secundarios, árboles individuales, sistemas agroforestales y modalidades de PSA. Ante este contexto, la institución requiere de una herramienta estratégica que genere resultados de diagnóstico integral de sus recursos forestales, políticas y participación de los actores y sectores involucrados. Así como una clasificación del uso del suelo en las coberturas de índole forestal para la certera identificación de zonas potenciales para el aprovechamiento, reforestación y/o protección. Todo ello, como parte del ordenamiento territorial de los recursos naturales. Las distintas combinaciones de todos estos elementos son necesarias para crear los planes de aprovechamiento sostenible y la planificación del desarrollo regional de las fincas. Desarrollar un plan de aprovechamiento forestal en las zonas agroforestales del inmueble contribuye con la meta de ordenamiento forestal que la institución desea alcanzar (Massiris-Cabeza, 2012; Arteaga-Aguilar, Ayala-Arcipreste y Márquez, 2014; Bárbaro, Gimelfarb, Wolberg, y Antequera, 2015). La importancia de generar un plan de aprovechamiento forestal en la Ciudad de los Niños recae en una planificación técnica que presente un paquete tecnológico y prácticas sostenibles en cada subetapa del aprovechamiento forestal (Meza-Montoya y Villalobos-Barquero, 2020; Villalobos-Barquero, Meza-Montoya y Navarro-Cordero, 2019). Parte esencial del ordenamiento es poder cuantificar económicamente cada zona de uso forestal, para que estos recursos brinden beneficios económicos extra a la Ciudad de los Niños y a su vez,

demostrar que en una modalidad de protección o aprovechamiento el recurso forestal puede generar ingresos económicos importantes bajo una sostenibilidad ambiental. Este plan de ordenación debe ser respaldado con censos forestales, monitoreos, planificación de caminos, distintos diseños agroforestales, programas de PSA, cronograma de actividades, entre otros aspectos, evitando incurrir en altos costos de operación, daños ambientales y afectación de árboles remanentes en la ejecución de aprovechamiento (Meza-Montoya & Villalobos-Barquero, 2019; MacDicken *et al.*, 2015), entre otras cosas; todo con la meta de un producto final rentable y con procesos de aprovechamiento internos en un marco de producción, ayuda social y buen uso del espacio (Massiris-Cabeza, 2012). Por tanto, este proyecto busca elaborar una estrategia de identificación, planificación y ordenación de las áreas potenciales de aprovechamiento de los recursos, que a la vez sea transferible a los principales actores de la institución. Este trabajo final de graduación es un producto más del proyecto de extensión denominado “*Construcción conjunta de un plan de ordenación de los recursos forestales de la Ciudad de los Niños para mejorar los beneficios socioeconómicos de esta comunidad*”.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

- Diseñar una estrategia de ordenación para los recursos forestales de la Ciudad de los Niños que permita optimizar sus beneficios.

2.2 Objetivos Específicos

1. Realizar una clasificación del uso actual y la capacidad de uso de la tierra de la finca de la Ciudad de los Niños.
2. Diseñar una propuesta de ordenación de los recursos forestales utilizando instrumentos como: planes de aprovechamiento, reforestación comercial, PSA y crédito forestal.
3. Transferir el conocimiento generado en temas de ordenación forestal a los principales actores de la Ciudad de los Niños.

3 Revisión de literatura

Ordenamiento forestal

El ordenamiento forestal es un método que engloba análisis, planificación y gestión territorial. Es un instrumento estratégico y de gestión ambiental que en los últimos años ha incorporado conceptos *de sostenibilidad*, para crear modelos territoriales más eficientes (Gómez-Orea, 2003). Por lo que el concepto de ordenación forestal surge como el proceso de manejo de bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales, para lograr cumplir con objetivos de ordenación, en función de una producción con flujo continuo de productos y servicios forestales deseados, sin causar un indebido uso o explotación de los recursos que afecte la productividad futura en temas ambientales, físicos y sociales. Busca además un equilibrio ecológico y económico, utilizando criterios y metodologías de sostenibilidad como directrices de manejo y ordenación sostenible (Gómez-Orea y Gómez-Villarino, 2013; Bárbaro, Gimelfarb, Wolberg y Antequera, 2015; ITTO, 2015).

La clasificación y el uso del suelo es una de las primeras herramientas claves en el ordenamiento territorial (Arteaga-Aguilar, Ayala-Arcipreste y Márquez, 2014), por lo que se necesita el manejo de información cartográfica (imágenes satelitales, herramientas SIG) y datos de variables físicas como altitud, pendiente, textura del suelo, cobertura vegetal; ya que brindan información importante para generar una clasificación de coberturas y uso del suelo de una manera eficiente y realista del contexto actual (González-Aragón, 2014). Otro factor primordial en los planes de ordenación forestal es la combinación del componente económico y ecológico (Aguirre-Calderón, 2015), pues busca una sostenibilidad económicamente rentable en el tiempo, generando una producción constante de madera donde se garantice su disponibilidad a largo plazo (Valvidia-Espinoza, 2020). La ordenación sostenible de los recursos forestales es una herramienta de planificación y orientación de actividades productivas, la cual permite la ubicación de sitios óptimos, mediante distintos indicadores ambientales que permitan el bajo costo en los distintos usos del suelo; ejecutando un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales e impulso de actividades de producción y conservación (Arteaga-Aguilar, Ayala-Arcipreste y Márquez, 2014; González-Aragón, 2014; Valvidia-Espinoza, 2020). Un ejemplo, es definir cuotas de aprovechamiento anual de los recursos forestales (Meza Montoya *et al.*, 2010), esto se logra por la creación de diseños agroforestales o

actividades de establecimiento y futuro aprovechamiento forestal, lo cual permite una extracción anual de distintos productos forestales, generando ingresos anuales correspondientes al manejo de las distintas coberturas forestales.

Plantaciones forestales

Las plantaciones forestales abarcan alrededor del 3% de la cobertura forestal actual (FAO, 2020). En América Latina, Brasil y Chile destacan como los países con mayor cantidad de plantaciones comerciales siendo los géneros de *Eucalyptus* y *Pinus* los más reforestados a nivel mundial, además existen otras especies latifoliadas de importancia como: *Tectona grandis*, (L.f) y *Gmelina arborea* (Roxb.) (FAO, 2000; FAO, 2014; Guariguata *et al.*, 2017). En Costa Rica, las especies más reforestadas corresponde a: *Gmelina arborea* (melina) y *Tectona grandis* (teca), por lo que se han convertido en las más utilizadas en las plantaciones forestales (Murillo *et al.*, 2013; Murillo-Gamboa *et al.*, 2015). Las plantaciones comerciales tienen un papel importante en satisfacer demandas medioambientales, económicas y climáticas. Estos indicadores se logran maximizando prácticas de manejo según el objetivo final, ya que las plantaciones forestales tienen el potencial de ofrecer servicios como la incorporación de micronutrientes, regular la degradación del suelo, producción de madera, restauración del paisaje y otros servicios ecosistémicos, como ser grandes reservorios de carbono (Oliveira y Oliveira, 2017; Mollocondo-Turpo y Aguilar-Atamari, 2019; DFM, 2020). A nivel mundial el 66% de las plantaciones forestales están compuestas principalmente por especies nativas, América del Norte y América Central, son áreas compuestas principalmente por especies nativas (FAO, 2020).

Costa Rica presenta otras especies nativas que también se han utilizado en la reforestación, como: *Acacia mangium* (acacia), *Alnus acuminata* (jaúl), *Cordia alliodora* (laurel), *Cupressus lusitanica* (ciprés), *Vochysia guatemalensis* (cebo), *Cedrela odorata* (cedro), *Terminalia oblonga* (surá), *Terminalia amazonia* (amarillón), sin embargo, la *G. arborea* (melina) y *T. grandis* (teca) son las principales autoras en la reforestación del país (Murillo *et al.*, 2013). El aprovechamiento de esas especies se ha realizado para generar madera, embalaje y biomasa (poder calórico); por lo que en los últimos años se han creado ensayos de mejoramiento genético (Murillo-Gamboa *et al.*, 2015) y se han creado paquetes tecnológicos para la caracterización y mejora del aprovechamiento de la

materia prima (Moya-Roque *et al.*, 2010; Moya-Roque y Tenorio-Monge, 2013; Tenorio *et al.*, 2017). El país posee pocas plantaciones o bloques de la especie *Cupressus lusitanica*, ya que en la mayoría de los casos esta especie se utiliza en arreglos agroforestales y en barreras rompevientos, debido a que es muy adaptable a diferentes texturas de suelo y soporta pendientes hasta del 70% (Rojas-Rodríguez, Cannesa-Mora y Ramírez-Rojas, 2004). Es una especie muy versátil, puede producir madera dimensionada para construcciones, mueblería, postes, instrumentos musicales, aglomerados y chapas, entre otros (Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2015; INAB, 2017; INAB, 2020).

Bosques secundarios y primarios

La cobertura boscosa en Costa Rica alcanza un 52,4 %, de los cuales el 31% representa cobertura de bosque maduro (SINAC, 2013; Salas-Garita y Jones-Román, 2019). Los bosques siempre han brindado gran cantidad de servicios y productos al ser humano; entre ellos madera, leña, forrajes, recursos no maderables, empleo y servicios ambientales (captación de carbono y belleza escénica), además extiende oportunidades en el ámbito social y cultural para la educación sobre temas ambientales (Valdivia-Espinoza, 2020). En este contexto, tiene que existir un Plan de Manejo Forestal que cumpla con Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad (Ley Forestal N° 7575, 1996; ITTO, 2015); ya que son la base para crear un Manejo Forestal Sostenible de los recursos del bosque.

En relación con la gestión de los bosques naturales, se estima que Costa Rica tiene al menos 1,6 millones de hectáreas de bosque primario y secundario en propiedad privada, con potencial para el manejo forestal sostenible; pero existe un 20% de los bosques en propiedad privada que se encuentra bajo programas con incentivos forestales del estado como el Pago por Servicios Ambientales (PSA), donde se calculan 432 contratos para el 2020, en modalidad de protección de bosque (FAO, 2016; FONAFIFO, 2021). Lo anterior, evidencia a Costa Rica como generador de avances importantes en el incentivo y pago tanto por la protección de áreas de bosque como para generar planes de aprovechamiento forestal sostenible (PGM). En este sentido, Costa Rica ha sido reconocida a nivel internacional por demostrar ser un país pionero en temas como el establecimiento de áreas protegidas, pago por servicios ambientales (PSA), manejo sostenible de bosques primarios, iniciativas de carbono neutralidad, REDD+ y segundas cosechas en bosques primarios (FAO, 2016). La ordenación de los recursos forestales

busca clasificar los bosques y generar los objetivos más apropiados para cada área de cobertura boscosa, ya que los bosques y árboles que los conforman pueden convertirse en un puente estacional entre cosechas, sistemas agroforestales o plantaciones comerciales, es decir, el bosque puede generar distintos ingresos y beneficios mientras la plantaciones forestales, sistemas agroforestales o cualquier otra cobertura llega al periodo de aprovechamiento o el caso de una necesidad extraordinaria como: plagas o un evento natural, que afecte la cantidad o el tiempo de aprovechamiento de estas áreas, y por lo tanto el bosque pueda ser una fuente generadora de ingresos para poder sobrellevar algún evento de este tipo (FAO, 2016). Complementariamente, otra herramienta utilizada para bosques es la caracterización del área boscosa; la medición de estructuras horizontales y verticales, así como la distribución de especies forestales que componen estos ecosistemas, permiten obtener información del estado sucesional del bosque, bajo el concepto de entender su funcionamiento, estructura, composición y otros aspectos que permiten la adecuada toma de decisiones y gestionar planes de manejo con objetivos claros (Graciano-Ávila *et al.*, 2017; García *et al.*, 2019, Solano *et al.*, 2022 y Tiznado-Granzotto, 2022).

Sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles (SSP), son una modalidad de los sistemas agroforestales (SAF). Este es un agroecosistema que necesita cumplir con tres condiciones: 1) que exista interacción biológica entre dos especies de plantas, 2) al menos una de las especies tiene que ser leñosa perenne y 3) al menos uno de los componentes es manejado con fines agrícolas, incluyendo pastos (De la Ossa-Lacayo, 2013; Russo, 2017).

Según sus objetivos, se pueden dividir en dos, los que tienen enfoque forestal involucran diseños como: pastoreo de plantaciones o huertos y los que presentan un enfoque ganadero presentan modalidades como: silvopasturas, árboles aislados en potreros, cercas vivas y bancos forrajeros. El componente perenne en los sistemas, pueden brindar servicios como madera, forraje para el ganado u otros animales, sombra, materia orgánica y otros como la captura de carbono para combatir el efecto invernadero (Escalante *et al.*, 2011; Montagnini *et al.*, 2015; Russo, 2017).

Por consiguiente, en zonas con enfoque ganadero, la modalidad de sistema agroforestal más utilizada es la de cercas vivas. El diseño de cercas vivas como diseño silvopastoril, se define como “elementos lineales divisorios arbolados que separan áreas de pasturas, áreas de cultivos y algunos parches de bosques” (Harvey *et al.*, 2005). Además, ofrece servicios ambientales como constituir valiosos refugios de fauna silvestre regional (aves principalmente), permite crear corredores de conexión entre parches de bosques (conectividad del paisaje), madera, forraje, materia orgánica y belleza escénica (Rojas-Rodríguez, Cannesa-Mora y Ramírez-Rojas, 2004; De la Ossa-Lacayo, 2013; Montagnini *et al.*, 2015).

Bajo el beneficio ambiental que ofrecen los diseños de sistemas agroforestales, Costa Rica ha incorporado distintas modalidades para el Pago de Servicios Ambientales, con la intención de incentivar la reforestación bajo modalidades que no afecten otras actividades productivas (FONAFIFO, 2021). Existe una gran cantidad de beneficios directos e indirectos que se pueden obtenerse de sistemas agroforestales, plantaciones forestales, los bosques y árboles individuales ya que respaldan la agricultura sostenible debido a que estabilizan los suelos y el clima, regulan los flujos de agua, proporcionan sombra, refugio, hábitat a los polinizadores y los depredadores naturales de plagas agrícolas (FAO, 2018).

Con el potencial del silvopastoril se convierte en un diseño estratégico para poder crear una planificación sostenible donde el árbol se convierte en un elemento multipropósito para su aprovechamiento a mediano y a largo plazo, siendo parte de coberturas sumamente productivas debido a que pueden generar ingresos por Pago de Servicios Ambientales (PSA), madera, sombra y son parte del sistema productivo de la ganadería.

Etapas del plan de aprovechamiento

El aprovechamiento forestal es un conjunto de técnicas, procedimientos y protocolos, las cuales, de una forma estratégica y planificada permiten la extracción de madera en bosques naturales o plantaciones forestales. Cualquiera que sea la fase o modalidad utilizada, un plan de aprovechamiento consta de siete elementos básicos: 1) Planificación (inventarios y toma de datos), 2) Red vial, 3) Tala dirigida, 4) Extracción, 5) Troceo, 6) Carga y 7) Transporte. Cada etapa está en función de su objetivo, condiciones climáticas,

pendiente, suelo, relieve, entre otros (Vílchez, 2004; Vílchez y Quiroz, 2006; Novo, 2009; Meza-Montoya, 2014; Villalobos-Barquero, 2014).

Dentro de las primeras etapas del plan de aprovechamiento, está el inventario forestal o censo, estos se han convertido a lo largo del tiempo en instrumentos primordiales en la obtención de información sobre la extensión, el estado y la condición de las superficies forestales de un determinado lugar. Genera información básica para la toma de decisiones, ya que se conocen variables como la especie, el diámetro promedio, el largo promedio de los fustes, volumen promedio por fuste y volumen comercial a extraer por hectárea. Los inventarios se establecen a intensidades entre el 1 y el 5 % del área productiva y generalmente se utilizan parcelas circulares para plantaciones forestales (homogéneas) y parcelas rectangulares para áreas de bosque, por otra parte, el censo forestal, implica la medición total de los árboles del área productiva (Chirichi *et al.*, 2011; Meza-Montoya, 2014; Ruiz-Benito y García-Valdés, 2016; Falas, 2018). Seguidamente, existe una etapa crucial en la planificación del plan de aprovechamiento denominada la red vial; ya que las actividades de tala dirigida, extracción, troceo, carga y transporte, dependen de la distribución de caminos, densidad de pistas de arrastre, entre otros elementos y factores dentro del inmueble. La construcción de los caminos y pistas principales debe realizarse antes del aprovechamiento, esta debe aprovechar caminos ya existentes y apegarse al mapa de diseño de caminos secundarios y pistas de extracción. El diseño de la red vial dependerá de los métodos y/o técnicas a utilizar en la etapa de arrastre. Por ejemplo, solo un tipo de maquinaria o el uso de fuerza animal; ya que, si el método implica el uso de un búfalo, se recomiendan pistas de saca no mayores a 60 metros para tener buenos rendimientos con el animal (Meza-Montoya y Villalobos-Barquero, 2020). La construcción y mantenimiento de caminos es una actividad costosa y de alto impacto a consecuencia de la remoción de vegetación y la tierra. Por lo tanto, es crucial una buena planificación para reducir costos e impactos ambientales durante la ejecución del aprovechamiento (Vílchez, 2004; Vílchez y Quiroz, 2006; Meza-Montoya, 2014; Villalobos-Barquero y Meza-Montoya, 2019; Figueredo-Fernández, Barrero-Medel y Vidal-Corona, 2020).

La ordenación forestal busca crear un plan de aprovechamiento en el que se pueda garantizar la sostenibilidad del bosque en función de su capacidad de regeneración natural

(Kometter, 2006). Además, busca por medio de técnicas de muestreo (inventarios o censo) estimar y poner cuotas anuales en rotaciones para el aprovechamiento de plantaciones forestales (Meza-Montoya *et al.*, 2010). Parte del concepto de un plan de ordenación forestal es lograr administrar las diferentes coberturas forestales para una ejecución del aprovechamiento adecuado, sin afectar al ecosistema en su capacidad de regeneración, funciones ecológicas, objetivos económicos proyectados, entre otros (Gómez-Orea, 2003; Vílchez, 2004; Vílchez y Quiroz, 2006). Por esta razón, surge el concepto de volumen de corta anual permisible (VCAP), el cual se calcula en función del potencial del bosque para producir en forma sostenida la madera a lo largo del tiempo. Este concepto se puede integrar en la ordenación de una finca para amplificarlo a otros tipos de coberturas como sistemas agroforestales y plantaciones comerciales, para conocer con certeza las cantidades de volumen en madera que la finca puede aprovechar y ofrecer anualmente (Louman y Pereira, 2001; Orozco y Brumer, 2002; Vílchez, 2004; Vílchez y Quiroz, 2006; Meza-Montoya, 2014). La estimación de cuotas depende de distintos tipos de recursos dentro de la propiedad, tipos de coberturas, topografía, pendientes, tamaños de parches, caminos internos, tipo de suelo, fuentes potables, entre otros. Todos estos factores definen las técnicas y fases de aprovechamiento. Cada técnica de aprovechamiento puede aumentar o disminuir los costos, sin embargo, esta dependerá de la complejidad del diseño de pistas de saca, ubicación de patios, puntos de carga, salidas, entradas, entre otros (Merino-Castillo, 2011; Meza-Montoya, 2014). Diversos autores definen las siguientes técnicas y combinaciones de aprovechamiento:

Sistema de trozas: el desrame y el troceo se realizan en el sitio de corta. Se utiliza cuando la calidad de la plantación no es buena. Su principal desventaja es que se incrementan labores propias del arrastre porque habrá que extraer mucha más cantidad de trozas.

Sistema de fustes completos: los árboles son derramados y descopados en el sitio de corta, de modo que se arrastran los fustes completos hasta un patio donde se trocean. Este sistema tiene la ventaja de que permite aprovechar al máximo la capacidad de carga de los métodos utilizados para el arrastre.

Sistema de árboles completos: los árboles se cortan y son arrastrados completos hasta un patio donde se derraman y se trocean. Este sistema permite la utilización de las ramas del árbol para la producción de bioenergía, leña, carbón o astillas.

Árboles por partes: en el mismo sitio de corta, los árboles son derramados y seccionados de acuerdo con el uso que se les puede dar, de manera que cuando el material llega al patio, ya llega clasificado y medido para trocear (Vílchez, 2004; Vílchez y Quiroz, 2006; Meza-Montoya, 2014; Villalobos-Barquero, Meza-Montoya y Navarro-Cordero, 2019).

Por otra parte, en las actividades de arrastre existen dos tipos, arrastre en una fase y arrastre en dos fases. El sistema de una fase se refiere al uso de una sola técnica de arrastre, ya sea maquinaria, fuerza animal o humana. Por el contrario, el sistema de dos fases es una combinación de dos métodos de arrastre, por ejemplo fuerza animal y tractor o bien fuerza humana y fuerza animal. Estas fases se definirán en relación con las características de la finca y los costos de la operación (Meza-Montoya, 2014).

Sostenibilidad económica del aprovechamiento forestal

El plan de ordenamiento forestal busca la sostenibilidad ecológica y la económica, por lo tanto, existe una importancia en llevar los costos de operación para entender cuáles etapas son cruciales y merecen planificarse mejor. Por ejemplo, la capacitación del personal genera disminuciones en costos de operaciones de aprovechamiento. Se estima que las etapas como la extracción y el transporte de la madera equivalen alrededor de un 70 % de los costos totales de aprovechamiento. Otra ventaja importante en el diseño del mapa de aprovechamiento es la existencia de caminos internos en la finca, ya que estos permiten una mejor planificación de vías de extracción, patios entre otros y así disminuir los costos en la red vial (Meza-Montoya y Solano, 2004; Meza-Montoya y Villalobos-Barquero, 2019; Villalobos-Barquero, Meza-Montoya y Navarro-Cordero, 2019; Figueredo-Fernández, Barrero-Medel y Vidal-Corona, 2020). Las estrategias anteriores, buscan siempre la disminución de los costos económicos en el plan de aprovechamiento. A nivel general, existen dos tipos de costos que involucran los planes de aprovechamiento forestal, los costos fijos y variables. Los costos fijos son aquellos que no tienen relación con la producción obtenida, desde el punto de vista de flujo neto, son costos que siguen corriendo con el paso del tiempo, algunos de ellos son la depreciación, costo de capital o

de oportunidad, impuestos, mano de obra, entre otros y principalmente se estiman en colones por hora productiva (¢/hr). Por otra parte, los costos variables son aquellos que suceden solamente cuando la operación está produciendo; es decir, son costos que cambian conforme sube o baja el nivel de producción de la operación, además de variaciones en precios de implementos, repuestos, combustibles o herramientas y se calculan en colones por hora efectiva (¢/hr efe.); es decir, por el tiempo real de trabajo (Cordero, 1989; Villalobos-Barquero, 2014; Meza-Montoya, 2014). La importancia del control y conocimiento de estos costos es crucial en la operación de aprovechamiento forestal, ya que innegablemente esta tiene que ser rentable. Se necesita un flujo de caja real y detallado, contabilizando costos (Meza-Montoya, 2014). Los ejemplos y definiciones anteriores son de gran importancia para el cálculo de ingresos que se obtienen de las distintas actividades de aprovechamiento, un plan de ordenación debe ordenar cada actividad forestal para conocer las ganancias generadas en cada una. El plan debe tener un diseño sostenible que permita tener ganancias todos los años, sin una sobreexplotación del recurso forestal, por lo que, un cronograma de actividades y de aprovechamiento **permite** la distribución en el tiempo del aprovechamiento de cada cobertura forestal, que **permita el ingreso de ganancias** y convertir el plan en un ciclo productivo.

4 Metodología

4.1 Área de Estudio

El proyecto se realizó en la Ciudad de los Niños, la cual se ubica en la provincia de Cartago, cantón Cartago, distrito Agua Caliente (Figura 1) y localizada en la hoja cartográfica Tapantí e Istarú, entre las coordenadas 1087273.24N, 509849.82E (CRTM05). Se encuentra a una altitud de 1400 m.s.n.m., en un rango de temperatura media anual entre 18 y 24 °C. Presenta precipitación media anual entre los 1500 y 2000 mm, siendo los meses de enero y abril los más secos, de esta manera, esta zona presenta 10 meses de crecimiento efectivo correspondientes a períodos de crecimiento de vegetación más importante (Murillo *et al.*, 2016). El sitio se encuentra en la zona de vida Bosque húmedo premontano, según la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (Holdridge, 1967). La topografía es moderadamente ondulada, con un rango de pendientes entre el 15% y el 30%. El sitio presenta suelos inceptisoles, los cuales son derivados de materiales volcánicos, con baja saturación de bases. Colinda al norte con el

río Reventado, donde desemboca la “Quebrada Zanjón”, la cual pasa por el área noroeste de la institución. Dentro del inmueble se realizan actividades como la ganadería y la crianza de ovejas y pollos para la venta de carne, con la intención de generar ingresos propios y seguir con su misión de ayuda social (Ortiz- Malavasi, 2014)

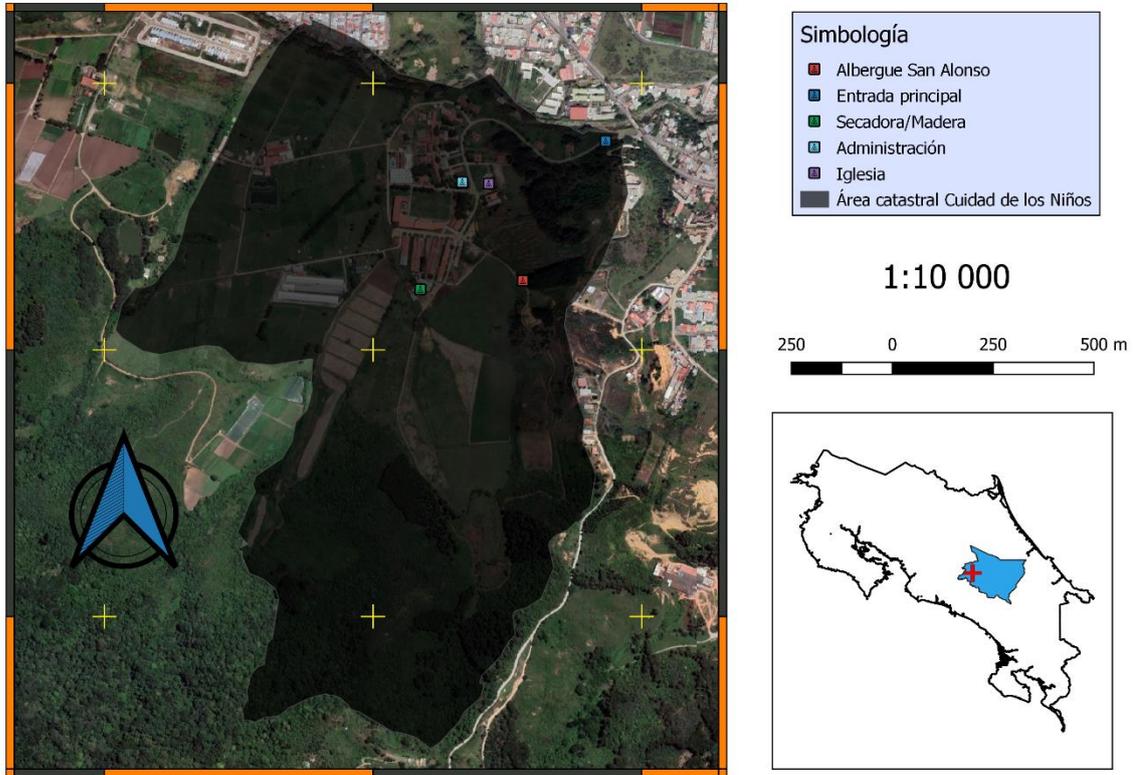


Figura 1. Ubicación de la Ciudad de los Niños en el distrito de Agua Caliente, Cartago, Costa Rica. Fuente: (Plano Catastro, Atlas Digital, 2014 y Google Hybrid. Image Lansat/Copernicus, Data SIO, NOAA.U. S Navy. NGA. GEBCO, 2021).

4.2 Clasificación del uso actual y la capacidad de uso de la tierra de la finca de la Ciudad de los Niños.

Para determinar el uso actual de la tierra se realizó un levantamiento del área con ayuda de un GPS y ortofotos generadas a partir de vuelos con un dron marca dji mini SE, adicionalmente se utilizaron imágenes satelitales para la clasificación supervisada del uso actual de la tierra. Esta información se verificó y se complementó con las visitas de campo. El levantamiento de dicha información tuvo como objetivo definir el tamaño de cada área de cobertura forestal como: plantaciones forestales, bosques primarios y secundarios, áreas potenciales para reforestación, cercas vivas, potreros, caminos existentes y cuerpos de agua como lagos o nacientes dentro de la propiedad de la Ciudad

de los Niños, así como la identificación de las áreas de infraestructura y las agrícolas. Para la recolección de datos se efectuó un recorrido por el perímetro de cada cobertura creando un track con la ayuda del GPS y la aplicación para celulares “Geo tracker”(V5.1.5). Con la identificación total y georreferenciación de cada tipo de cobertura forestal, se procedió a la creación del mapa del uso actual; este mapa pretende definir y clasificar la cantidad total de los usos del suelo dentro de la Ciudad , es decir: pastos, bosque secundario/primario, plantaciones, infraestructura, áreas de cultivo, áreas de reforestación, cuerpos de agua, quebradas, zonas de construcción, infraestructura, etc.; para conocer la distribución y tamaño de cada una, la metodología empleada para la recolección de los datos se describe a continuación:

Cuadro 1. Metodología del levantamiento de la información para los distintos recursos naturales dentro de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Cobertura	Metodología de levantamiento
Bosque	Levantamiento del perímetro de las zonas de bosque primario y secundario. Además, se recorrió el bosque para georreferenciar quebradas, pendientes elevadas y nacientes de agua. Se identificaron senderos con la intención de conocer los componentes dentro del área de bosque.
Plantaciones Forestales	Levantamiento del perímetro de los bloques de plantaciones y se identificó la especie de cada área de plantación.
Áreas de reforestación	Levantamiento del perímetro de las áreas que fueron aprovechadas anteriormente y las asignadas para reforestar, así como zonas donde recientemente se reforestó con el fin de aprovechar el recurso (madera/frutales). Se identificaron los bloques por especie.
Potreros	Levantamiento lineal de la distancia total de las cercas que dividen los apartos ganaderos, además se georreferenciaron los árboles individuales maderables dentro de los potreros y en todo el inmueble. Adicionalmente, se recopiló información de las especies de árboles dentro de los apartos ganaderos que estén en las listas de sistemas agroforestales del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO).

- Red vial Se ejecutó un levantamiento de los caminos, los cuales fueron categorizaron en: primarios, secundarios y terciarios. Los caminos primarios corresponden a los caminos pavimentados, los secundarios corresponden a los caminos de lastre y los de tipo terciario son las servidumbres para el acceso a los apartos.
- Cuerpos de agua. Se elaboró el levantamiento del perímetro de cuerpos de agua como lagunas y estanques, adicionalmente se ubicaron las nacientes que se encuentran en toda la propiedad, así como las quebradas, drenajes y tuberías. Por último, se crea el levantamiento y ubicación de estructuras de agua como: capturas de agua, pozos y tanques.
-

Por otra parte, para determinar la capacidad de uso de las tierras, complementariamente a la información anterior, se ejecutó un análisis de suelo, con un muestreo aleatorio en las áreas a reforestar, bosque, plantaciones y apartos del diseño silvopastoril. En estas zonas se tomaron, de manera aleatoria, 2 muestras a los 20 cm y 40 cm; cada muestra se compone de 16 submuestras para cada bloque asignado. Se mezclaron las 16 submuestras obtenidas a los 20 cm y 40 cm de profundidad respectivamente, y se realizó un “cuarteo”, es decir se divide la muestra total en cuatro partes, y se conserva un 25% al azar para proceder con los análisis de suelo en el laboratorio. Con la información anterior y el Manual de capacidad de uso de las Tierras (1991), se calificó cada cobertura según las subclases (erosión, drenaje, suelo y clima); para generar el mapa de capacidad de uso de las tierras y comparar las clases obtenidas con las coberturas y uso actual. El mapa de capacidad de uso de las tierras se enfocó en el recurso forestal, es decir, contempla información como: ubicación de cada tipo de área forestal en la propiedad, clasificación según la especie, distribución de caminos, ubicación de lagunas, nacientes y quebradas, y ubicación de áreas para corta y reforestación. Conjuntamente, se solicitó al encargado de la Ciudad de los Niños, el plano catastral de la institución para el levantamiento legal del perímetro de la Ciudad de los Niños.

4.3 Propuesta de ordenación de los recursos forestales (planes de aprovechamiento, reforestación comercial, PSA y crédito forestal).

- Plantaciones forestales

Se realizó un levantamiento con la ayuda del GPS para conocer el área correspondiente de cada sector que tuviera plantaciones forestales. Las plantaciones son, en su mayoría, de la especie *Cupressus lusitanica*, sin embargo, existen bloques mixtos que cuentan con especies como: *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis*, *Pinus radiata* y *Cupressus lusitanica*, los cuales, no han recibido un manejo silvicultural (podas y raleos) desde su establecimiento. Por medio de una visita preliminar a los sitios con plantaciones forestales, se identificaron las condiciones topográficas del terreno y la distribución de los árboles en cada bloque. Esta visita permitió descartar bloques de plantaciones jóvenes o en condiciones de protección y mapear un total de 9 bloques clasificados como áreas para el aprovechamiento. Adicionalmente se georreferenciaron y midieron los árboles individuales ubicados en potreros y de interés comercial para la institución.

Con la información anterior, se seleccionó el método de muestreo, el cual fue, para todos los casos el Censo forestal. Se realizó el censo de todos los bloques, para conocer de forma precisa la cantidad total de madera existente en cada área. Las variables evaluadas fueron: especie, diámetro medido a 1,30 m del suelo (cm), altura comercial (m) estimada en trozas de 2.5 m y calidad de trozas según la metodología (Murillo-Gamboa, 1991). Los materiales requeridos para el censo son: cinta métrica, cinta diamétrica, brújula, clinómetro, lápiz, libreta e hipsómetro.

Con las variables de diámetro y altura comercial se estimó: el área basal por bloque (G/B) en metros cuadrados (m^2), área basal total (G(T)) en metros cuadrados (m^2), volumen por bloque (V/B) en metros cúbicos (m^3), volumen total (V(T)) en metros cúbicos (m^3), cantidad de pulgadas madereras ticas (PMT) en madera en pie y cantidad de pulgadas madereras ticas (PMT) en madera aserrada. Se utilizó la fórmula de la ecuación 1 para la estimación del volumen y las conversiones de Muñoz, (2006) para estimar las pulgadas madereras ticas (PMT), por último, los datos se procesaron con el programa Excel 2016.

$$V (m^3) = \left(\frac{d (cm)}{100}\right)^2 * L * \frac{\pi}{4} * Ff \quad (\text{Ecuación 1})$$

V= Volumen de la madera en troza.

d= Diámetro de la troza

L= Largo, en este caso la altura comercial (hc)

Ff: Factor de forma 0.7 para la especie *Cupressus lusitanica*.

Factor de forma 0.54 para la especie *Eucalyptus saligna* y *Eucalyptus grandis*

Factor de forma 0.52 para la especie *Pinus radiata*.

(Caamaño-Lamela, 2009; Pereira *et al.* , 2010; Antillanca, Trincado & Pierre-Lasserre, 2017 y Acosta-Hurtado, 2018) .

Conversiones: 362 PMT = 1 m³ y para madera aserrada: 462 PMT = 1 m³.

Conociendo el número de árboles, cantidad de volumen y la ubicación de cada bloque, se elaboró un diseño de cuotas de aprovechamiento de madera para su extracción bianual con el fin de optimizar los beneficios socioeconómicos y ambientales de esta comunidad.

Para determinar los ingresos por la venta de madera en pie se consultó personalmente al Ingeniero Forestal Kenny Roberts Ureña, al Ingeniero Forestal Diego Camacho Cornejo y a la Oficina Nacional Forestal; se utilizó un precio estimado para la madera en pie (MP) por PMT de: ¢215, ¢79.5 y ¢102.9 para las especies *C. lusitanica*, *E. grandis/E. saligna* y *P. radiata* correspondientemente. Para estimar el precio por PMT de madera aserrada, se utilizaron los siguientes precios: ¢471.3, ¢402 y ¢414.6 para las especies *C. lusitanica*, *E. grandis/E. saligna* y *P. radiata* correspondientemente. El cálculo de madera aserrada se complementa con rendimientos de aserrío obtenidos por los autores (Moya-Roque *et al.*, 2010; Yalico-Loayza, 2012 y Pérez-Flores, 2018) para una estimación real para cada especie del censo.

- Áreas a reforestar

Se identificaron y seleccionaron todas aquellas áreas desprovistas de vegetación o en desuso, las cuales serán utilizadas para establecer plantaciones forestales. Se realizó una descripción general con el *Manual de Capacidad de Uso de las Tierras* en las áreas para reforestación, las variables del manual implican: pendiente, análisis de suelo, descripción de pedregosidad, manejo del suelo, área, entre otros. Las variables como pendiente,

pedregosidad, uso del suelo, drenajes u otros se determinaron con el levantamiento y visita a cada uno de los bloques.

Con las variables mencionadas y las visitas de campo se propuso un diseño para la reforestación de cada bloque, esto en función del objetivo que se definió; los principales objetivos identificados fueron madera y la producción de frutales para abastecer los requerimientos del curso de Industria Alimentaria del Colegio Técnico Agustiniano (CTA). La propuesta de reforestación toma en cuenta las actividades como: preparación del terreno, diseño de siembra, espaciamientos, establecimiento, mantenimiento, cantidad de enmiendas y manejo de plagas. Se pretende establecer los árboles en un distanciamiento de 4 x 4 metros en el caso de los maderables y para el caso de la Guayaba, un espaciamiento de 3 x 3 metros.

Entre las especies recomendadas se encuentran: *Cedrela tonduzii* (Cedro Dulce), *Juglans neotropica* (Nogal), *Zygia longifolia* (Sotacaballo) y *Psidium guajava* (Guayaba); como árboles maderables y frutal respectivamente. Las especies como el Cedro dulce y el Nogal tiene un objetivo comercial, en el caso de Sotacaballo su reforestación es con el objetivo de cumplir servicios ecosistémicos de captura de sombra para ganado, captura de carbono y amarre del suelo para evitar deslizamientos y la Guayaba tiene un objetivo frutal mencionado anteriormente.

Para el caso de las especies comerciales como *C. tonduzii* y *J. neotropica* se consultó bibliografía para conocer los rendimientos de madera en determinada edad de interés. En el caso del Cedro dulce se establece la edad de 5 y 12 años para la intervención de raleos y una cosecha final a la edad de 22 años; en el caso del Nogal se definieron edades de 8 y 15 años para ejecutar raleos y una cosecha final a los 24 años. Para ambas especies se define un raleo de 33% en cada año de intervención. Se consultaron precios para lograr la estimación o ingresos en cada año del raleo y la cosecha final, se obtiene un precio de ¢262.4/ PMT para Cedro Dulce y de ¢195.06/ PMT para Nogal.

Adicionalmente a las tablas de crecimiento, en los primeros años de establecimiento de cada una de las plantaciones, se pretenden introducir al Pago por Servicios Ambientales

(PSA), por lo cual se crearon tablas con desglose de rendimientos de las plantaciones y la distribución de montos por PSA para cada especie comercial.

- PSA Protección de Bosque.

Las áreas de bosque serán sometidas al programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) del FONAFIFO, por lo cual se debe de cumplir con la metodología del Anexo n°8 del Manual de procedimientos para el PSA 2020. El tipo de modalidad del PSA corresponde a Protección de bosque. Tomando en cuenta lo anterior, se realizó un levantamiento del perímetro y área del bosque. Así mismo, se georreferenciaron nacientes, quebradas, y otros elementos presentes dentro del área seleccionada. Se elaboró una tabla con la cantidad y distribución de ingresos que se obtendrían por el PSA de protección de Bosque en el caso de ser aprobado. Los instrumentos y materiales empleados en este apartado fueron: cinta métrica, hipsómetro, brújula, GPS y la aplicación “Geo Tracker” (V5.1.5), como complemento.

- PSA Sistema agroforestal modalidad: silvopastoril y cercas vivas.

Se diseñó y elaboró una propuesta silvopastoril, con el establecimiento de filas de árboles en los apartos para ganado existentes en la propiedad. Estos arreglos silvopastoriles se pretenden someter a PSA, bajo la modalidad de sistema agroforestal en la subactividad silvopastoril y cercas vivas, por lo cual se debe de cumplir con la metodología del Anexo n°5 del Manual de procedimientos para el PSA 2020.

Para definir el diseño silvopastoril se planificó y ejecutó un vuelo programado con el dron Dji mini SE. Se utilizó el programa Dronelink (V.3.4, versión Android) y un teléfono celular para la programación de los vuelos. Se definió el polígono del área a evaluar y se escribieron los parámetros del vuelo en el programa. Los parámetros utilizados se describen a continuación: 120 m de altura de vuelo; 13m 57 s tiempo de vuelo promedio, diseño de trazado normal (2D), 70% de traslape frontal y 80% de superposición lateral, 4.27 cm/pix GSD. El procesamiento de las imágenes y la creación del ortomosaico se llevó a cabo con el programa WebODM. Finalmente, por medio de la visualización del ortomosaico, se realizó el cálculo de las distancias lineales se ejecutó con el programa QGis (Sistema de información geográfica). Con la distancia total y con el espaciamiento

claro, se utilizó la ecuación 2 para conocer la cantidad de árboles a someter en el contrato de PSA.

$$N^{\circ} \text{ árboles por cerca viva: } \frac{\text{Largo total de la cerca (m)}}{\text{Espaciamiento entre árboles (m)}} * N^{\circ} \text{ de filas del diseño}$$

(Ecuación 2)

Adicionalmente, se realizó el recorrido con GPS para la toma de tracks y al mismo tiempo, lograr observar y describir variables como pendiente, pedregosidad, profundidad de suelo, entre otros. El diseño silvopastoril pretende utilizar las especies forestales que establece FONAFIFO para el PSA, que sean forrajeras y que den sombra como objetivo principal.

Los materiales utilizados en la metodología del estudio técnico para PSA en sistemas agroforestales fueron: cinta métrica, hipsómetro, brújula, GPS y la aplicación “Geo Tracker” (V.5.0.4). Adicionalmente, para el análisis y creación total del sistema agroforestal, modalidad silvopastoril, se utilizó el programa QGIS (V.3.14).

- Plan de ordenación y cronograma de ingresos

Con las propuestas y diseños establecidos en la metodología anterior, se diseñó el cronograma de actividades de ordenación forestal con el objetivo de brindar una guía para la correcta planificación de actividades anuales para el manejo sostenible del recurso forestal. Además, se crea un cuadro de ingresos anuales con el desglose de ingresos que genera cada cobertura forestal, se aclara que para la estimación de ingresos NO se están contabilizando costos fijos ni variables; la proyección monetaria sólo abarca ingresos estimados según la productividad de cada área forestal.

4.4 *Transferencia del conocimiento generado.*

La transferencia del conocimiento generado se llevó a cabo a través de capacitaciones y días de campo a los estudiantes de séptimo de grado de Colegio Técnico Agustiniano y los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Forestal, además se realizaron reuniones con los principales involucrados de la ciudad como el fraile encargado Jesús María Ramos Leza, el ingeniero Zootecnista Federico Conejo Morales y el tractorista de la institución. Esto con la intención de explicarles distintas etapas en el desarrollo del plan de ordenación

forestal, por ejemplo, componentes del inventario, zonas de protección, establecimiento de árboles, etapas de aprovechamiento forestal, manejo silvicultural (podas, chapeas o raleos), componentes de los estudios de PSA, entre otros; con el fin de involucrar y facilitar la comprensión del plan de ordenación forestal. Se creó un documento (guía o manual) el cual contiene conceptos, etapas u otras actividades ejecutadas durante el desarrollo de este trabajo. Los documentos están escritos con un lenguaje comprensible para las personas que no estén relacionadas con los conceptos forestales. El material generado podrá servir como instrumento para charlas con estudiantes de la Ciudad de los Niños o instituciones vecinas como escuelas y colegios, además, se logró involucrar mucho más a los trabajadores en el plan de ordenación forestal; es decir, se generó un sentimiento de pertenencia al proyecto.

5 Resultados y discusión

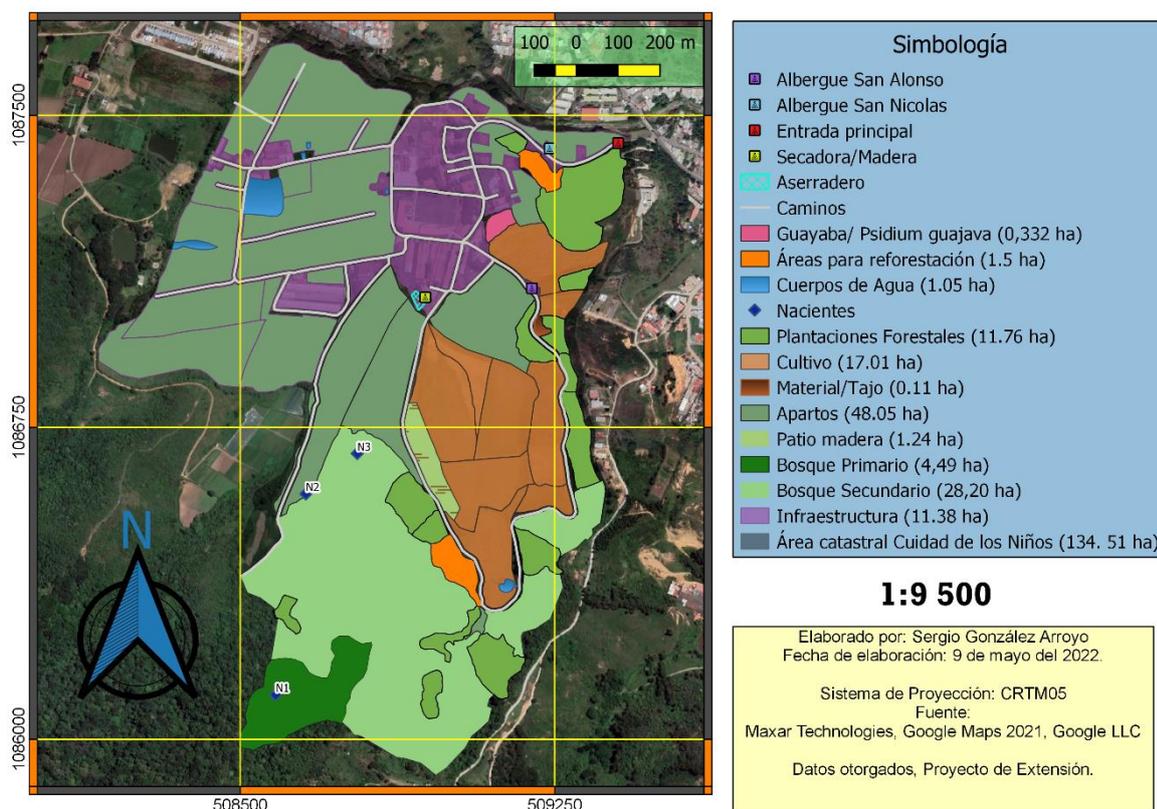
Clasificación del uso actual y la capacidad de uso de la tierra en la finca

Uso actual

A continuación, el cuadro 2 presenta el área y los distintos usos del suelo determinados en la Ciudad de los Niños. Adicionalmente la figura 2 muestra la ubicación y distribución de las distintas actividades forestales y no forestales, dentro del inmueble.

Cuadro 2. Uso actual del suelo en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Cobertura	Total(ha)	Proporción (%)
Infraestructura	11,38	8,46
Tajo	0,11	0,08
Patio de madera	1,24	0,92
Caminos	9,40	6,99
Cuerpos de agua	1,05	0,78
Bosque Primario	4,49	3,34
Bosque Secundario	28,20	20,96
Bloques /Plantaciones	11,76	8,74
Área reforestar	1,50	1,11
Apartos	48,05	35,72
Frutales	0,33	0,25
Cultivo	17,01	12,65
Área total Ciudad	134,51	100,00



Nota: Los cuerpos de agua corresponde a estanques, lagos o bebederos de importancia encontrados dentro de la propiedad.

Figura 2. Uso actual de la tierra en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Capacidad de uso

Por otra parte, el cuadro 3 presenta la cantidad de área y su proporción en función de los terrenos de interés esta información se complementa con la figura 3 correspondiente al mapa de la capacidad del uso de la tierra en el inmueble.

Cuadro 3. Capacidad del uso de las tierras obtenidas en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Clase	Total(ha)	Proporción (%)
III	60,86	56,96
VI	13,75	12,87
VII	32,24	30,17
Total	106,86	100,00

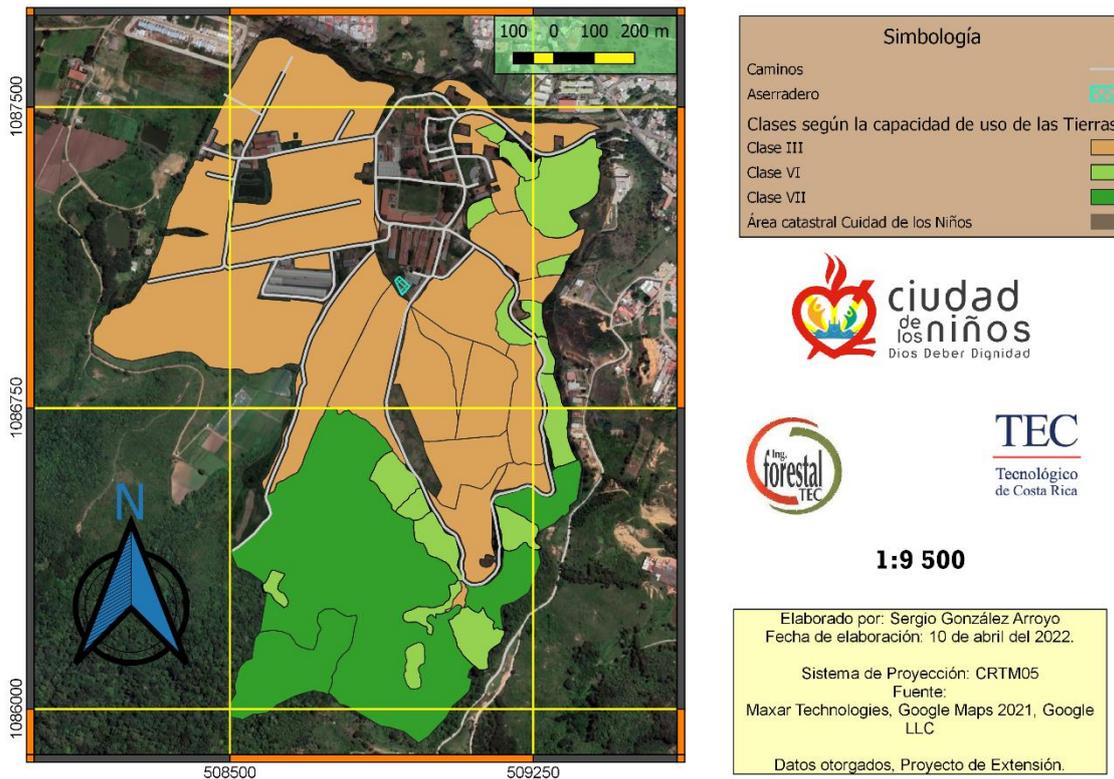


Figura 3. Capacidad del uso de las tierras en la finca de la Ciudad de los Niños, Agua Caliente, Cartago.

El *Manual de Capacidad de uso de las tierras* describe las clases obtenidas en el inmueble de la siguiente manera: La clase III es apta para cualquier actividad de producción, desarrollar cultivos anuales pero requiere de prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua; la clase VI es una clase utilizada para la producción forestal, como: cultivos permanentes, frutales, plantaciones forestales, estos sitios requieren de prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas, por último, la clase VII es una clase con limitaciones severas que solo permite el manejo de bosque primario o secundario, en el caso de existir zonas desnudas, debe procurarse la restauración natural. Al comparar los distintos tipos de coberturas forestales con la categorización de la capacidad de uso de las tierras se evidencia que las coberturas forestales cumplen con las actividades afines a cada clase descrita en la metodología (1991).

Propuesta de ordenación de los recursos forestales

- Plantaciones Forestales

Descripción del sitio

Se identifican 11 bloques de plantaciones, de los cuales un bloque se destina a protección por la cercanía a una quebrada y nacimiento, y el otro bloque se encuentra en estado juvenil por lo que se descarta pues no alcanza el tiempo de aprovechamiento o cosecha final. Por lo tanto, se definieron 9 rodales o bloques de plantaciones forestales maduras aprovechables. Además, se midieron un total de 30 árboles individuales de interés comercial, distribuidos en los apartos de la institución, ver figura 4.

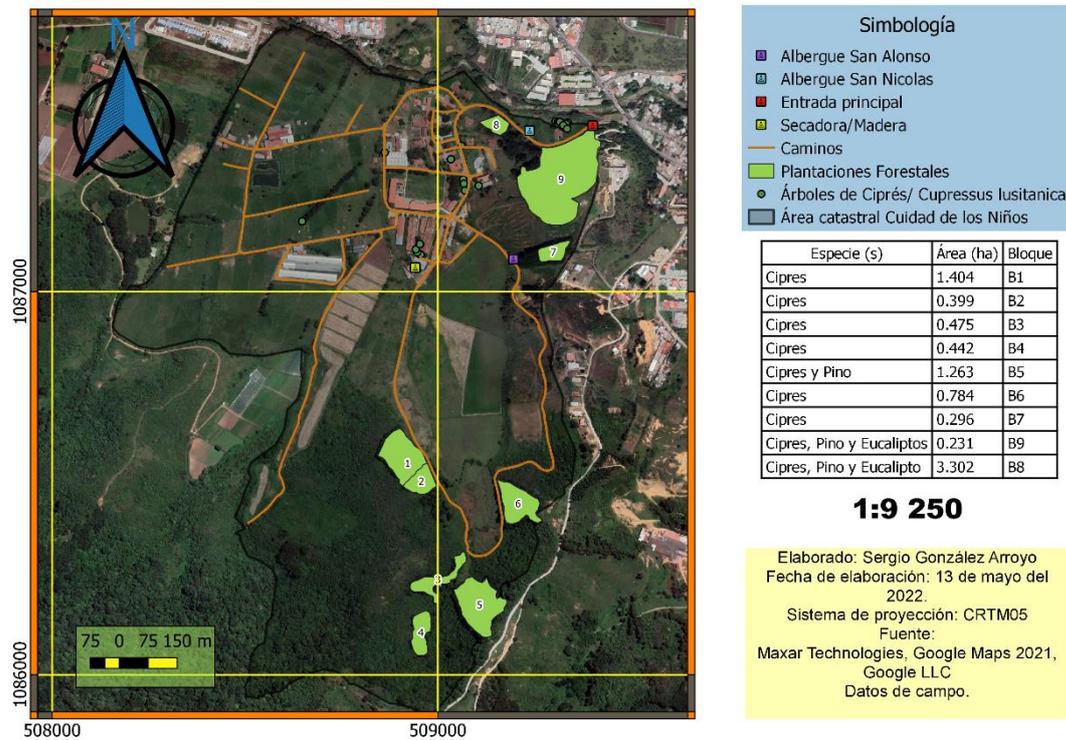


Figura 4. Mapa de distribución y ubicación de bloques de plantaciones aprovechables en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Variables dasométricas obtenidas

El cuadro 4 presenta los valores dasométricos de cada bloque, como: diámetro promedio (d), cantidad de árboles, el área basal (m^2) y el volumen (m^3) total. En el caso del volumen se utilizaron los factores de forma mencionados anteriormente en la metodología, esto permite tener un estimado más real por cada bloque aprovechable. Los bloques 1, 2, 3, 4, 6 y 7 fueron identificados como plantaciones puras de la especie *C. lusitanica*, por otra parte, los bloques 5, 8 y 9 son rodales mixtos que tienen presencia de especies como: *C. lusitanica*, *E. grandis*, *E. saligna* y *P. radiata*. Los árboles de interés comercial censados

individualmente en los apartos corresponden a la especie de *C. lusitanica*. El cuadro 5 representa un resumen de las mismas variables dasométricas obtenidas del censo pero en función de la especie.

Cuadro 4. Estadísticos dasométricos obtenidos del censo forestal en bloques de plantaciones forestales y árboles individuales de interés en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Bloque	Especie (Nom cient.)	# Árboles	Dap Prom. (cm)	G total (m ²)	Volumen total (m ³)
B1	<i>Cupressus lusitanica</i>	791	28,69	57,26	407,43
B2	<i>Cupressus lusitanica</i>	138	26,98	8,62	57,18
B3	<i>Cupressus lusitanica</i>	367	32,98	36,57	278,73
B4	<i>Cupressus lusitanica</i>	41	64,03	13,65	102,76
B5	<i>Cupressus lusitanica</i>	187	49,23	38,51	319,10
	<i>Pinus radiata</i>	37	44,30	6,18	31,97
B6	<i>Cupressus lusitanica</i>	272	37,71	33,21	242,11
B7	<i>Cupressus lusitanica</i>	209	39,96	29,09	223,53
B8	<i>Cupressus lusitanica</i>	56	39,72	7,92	50,77
	<i>Pinus radiata</i>	5	51,02	1,07	5,48
	<i>Eucalyptus grandis</i>	5	57,14	1,32	7,13
B9	<i>Cupressus lusitanica</i>	156	42,22	24,49	204,27
	<i>Eucalyptus grandis</i>	26	56,69	7,28	43,09
	<i>Eucalyptus saligna</i>	41	51,50	9,47	59,41
	<i>Pinus radiata</i>	31	56,97	8,83	59,24
Árboles Indivi.	<i>Cupressus lusitanica</i>	30	51,19	6,68	51,43

Cuadro 5. Datos dasométricos por especie obtenidos del censo forestal dentro de la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Especie (Nom cient.)	# Árboles	Dap Prom. (cm)	G total (m ²)	Volumen total (m ³)
<i>C. lusitanica</i>	2247	41,27	256,0	1937,30
<i>E. grandis</i>	31	56,91	8,60	50,22
<i>E. saligna</i>	41	51,50	9,47	59,41
<i>P. radiata</i>	73	51	16,07	96,68

Propuesta de aprovechamiento

Para la propuesta de aprovechamiento se proyectan dos escenarios: venta de madera en madera en pie (MP) y venta de madera aserrada (MA) (cuadro 6). La institución no tiene equipo como: sierras, equipo de seguridad, winch, afiladores entre otros materiales para

la ejecución del aprovechamiento, sin embargo, la finca de la Ciudad de los Niños cuenta con un aserradero portátil que permite aumentar el valor agregado a la madera, por lo tanto: a) se puede vender la madera en pie y dejar al interesado de la madera que ejecute aprovechamiento o b) contratar una cuadrilla de aprovechamiento externo y que la institución se encargue del transporte interno al aserradero y el aserrío y secado de la madera. Es importante resaltar que la proyección de ingresos NO contabiliza los costos del aserradero portátil ni costos correspondientes a las etapas de aprovechamiento. En la estimación real de PMT aserrado se utilizó rendimientos para cada especie según su categoría diamétrica (ver cuadro 4), por lo tanto, para la especie Ciprés (*C. lusitanica*) los rendimientos promedios de aserrío abarcan un 40% para diámetros de 25cm a 30 cm, de 52.5% para categorías diamétricas entre 30 cm a 35cm y de 62.5% para diámetros superiores a los 35 cm. El rendimiento del *E. saligna* es de 65.8% para la categoría diamétrica entre 40 cm y 50 cm; en el caso de *E. grandis* se utilizó un rendimiento del 65.3% correspondiente a la categoría diamétrica entre 55cm y 60 cm. Para *P. radiata* se utilizó un rendimiento del 76% para la categoría diamétrica entre 40 cm y 49.9 cm y un rendimiento del 83 % para la categoría diamétrica entre 50 cm y 69.9 cm. El cuadro 6 presenta la cantidad de PMT en MP y MA así como el ingreso total (¢/\$) por bloque.

Además, tomando en cuenta factores como: la cantidad de volumen comercial, la edad de los lotes reforestados, la especie y el ingreso económico que la institución ha obtenido producto del aprovechamiento forestal, se estableció una cuota anual de 60000 PMT de extracción de madera. El aprovechamiento forestal se ejecutará en ciclos de corta cada 2 años, abarcando un total de 24 años para finalizar el ciclo de rotación de los bloques. Se estimó la cantidad de cuotas que se obtiene en cada bloque, esto permite asignar los bloques que se aprovecharán cada año o bien los bloques que se cortan en el mismo año debido a que el área no abarca la cuota total.

Por esta razón, existen años donde el aprovechamiento sobrepasa un poco la cuota, los años corresponde al 2029, 2037, 2045 y 2047, en donde, donde por motivos de logística y movilización de maquinaria y equipo se establecieron cuotas más altas (1.02, 1.12, 1.21 y 0.6 correspondientemente).

El cuadro 7 muestra el año de corta, bloque de intervención y ubicación de los lotes aprovechados. Una vez cosechados, estos terrenos se convertirán en áreas destinadas a reforestaciones futuras.

Cuadro 6. Estimación de ingresos totales de PMT para los escenarios de MP y MA en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Bloque	Especie	PMT (MP)	PMT(MA)	¢ PMT (MP)	¢ PMT (MA)	\$ PMT (MP)*	\$ PMT (MA)*
B1	<i>C. lusitanica</i>	147488,64	75292,54	¢ 31 783 801,61	¢ 35 485 375,30	\$ 46 501,54	\$ 51 917,15
B2	<i>C. lusitanica</i>	20697,83	10566,18	¢ 4 460 381,88	¢ 4 979 842,46	\$ 6 525,80	\$ 7 285,80
B3	<i>C. lusitanica</i>	100900,54	67606,15	¢ 21 744 066,61	¢ 31 862 778,42	\$ 31 812,83	\$ 46 617,09
B4	<i>C. lusitanica</i>	37198,27	29671,27	¢ 8 016 226,47	¢ 13 984 069,24	\$ 11 728,20	\$ 20 459,50
B5	<i>C. lusitanica</i>	115513,75	92139,76	¢ 24 893 212,59	¢ 43 425 470,81	\$ 36 420,21	\$ 63 533,97
	<i>P. radiata</i>	11571,41	11223,63	¢ 1 190 235,73	¢ 4 653 318,26	\$ 1 741,38	\$ 6 808,07
B6	<i>C. lusitanica</i>	87642,54	69908,24	¢ 18 886 967,96	¢ 32 947 755,25	\$ 27 632,73	\$ 48 204,47
B7	<i>P. radiata</i>	80917,30	64543,84	¢ 17 437 678,85	¢ 30 419 513,40	\$ 25 512,33	\$ 44 505,51
	<i>C. lusitanica</i>	18380,36	14661,13	¢ 3 960 967,47	¢ 6 909 790,23	\$ 5 795,12	\$ 10 109,42
B8	<i>P. radiata</i>	1982,41	2099,93	¢ 203 910,93	¢ 870 632,29	\$ 298,33	\$ 1 273,79
	<i>E. grandis</i>	2581,13	2151,08	¢ 205 135,02	¢ 864 732,75	\$ 300,12	\$ 1 265,15
	<i>C. lusitanica</i>	73945,53	58982,80	¢ 15 935 262,76	¢ 27 798 593,10	\$ 23 314,21	\$ 40 670,95
B9	<i>E. grandis</i>	15599,49	13000,41	¢ 1 239 769,84	¢ 5 226 165,63	\$ 1 813,85	\$ 7 646,18
	<i>E. saligna</i>	21507,31	18061,15	¢ 1 709 293,49	¢ 7 260 582,31	\$ 2 500,80	\$ 10 622,65
	<i>P. radiata</i>	21445,05	22716,35	¢ 2 205 837,52	¢ 9 418 197,51	\$ 3 227,27	\$ 13 779,37
Árboles Indivi.	<i>C. lusitanica</i>	18616,39	14849,40	¢ 4 011 831,10	¢ 6 998 520,33	\$ 5 869,54	\$ 10 239,24
	Total	775987,953	567473,873	¢ 157 884 579,80	¢ 263 105 337,31	\$ 230 994,26	\$ 384 938,31

Nota: * Tipo de cambio utilizado: ¢683.5 (Consultado el 3/6/2022)

Cuadro 7. Cronograma de aprovechamiento de las plantaciones forestales según el bloque y la especie (2023-2047) establecidas en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Año	Bloque de plantaciones	Lote aprovechado
2023	B1	Lote 1 B1
2025	B1	Lote 2 B1
2027	B1-B6	Lote 3 B1 y Lote 1 B6
2029	B2-B3	B2 y Lote 1 B3
2031	B3	Lote 2 B3
2033	B6	Lote 2 B6
2035	B7	Lote 1 B7
2037	B5	Lote 1 B5
2039	B9	Lote 1 B9
2041	B5	Lote 2 B5
2043	B9	Lote 2 B9
2045	B4-B8	B4 y B8
2047	B7 y Árboles indiv.	Lote 2 B7

Proyección de ingresos económicos de Plantaciones Forestales

Los cuadros 8 y 9 presentan la distribución de ingresos en cada año para los escenarios de la venta de madera en pie (MP) y la venta de madera aserrada (MA) correspondientemente. Se utilizó una tasa del 2% anual para proyectar el aumento en el precio de la madera y estimar ingresos anuales correspondientes a los distintos años del ciclo de aprovechamiento.

Cuadro 8. Distribución de ingresos estimados de MP, correspondientes a la cuota de extracción de madera asignada para un periodo de rotación de 24 años en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Año corta	Plantaciones forestales (Madera en Pie)	
	Bloque	Ingresos (€)
2023	B1	€ 13 188 600,00
2025	B1	€ 13 705 800,00
2027	B1-B6	€ 14 223 000,00
2029	B2-B3	€ 15 108 171,34
2031	B3	€ 15 257 400,00
2033	B6	€ 15 257 400,00
2035	B7	€ 15 774 600,00
2037	B5	€ 15 482 981,13
2039	B9	€ 16 809 000,00
2041	B5	€ 17 326 200,00
2043	B9	€ 11 073 917,52
2045	B4-B8	€ 17 574 779,60
2047	B7 y Árboles indiv.	€ 12 464 503,41

Cuadro 9. Distribución de ingresos estimados de MA, correspondientes a la cuota de extracción de madera asignada para un periodo de rotación de 24 años en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Plantaciones forestales (Madera Aserrada)			
Año corta	Bloque	Ingresos (₡)	Ingresos (\$)*
2023	B1	₡ 14 724 557,70	\$ 21 542,88
2025	B1	₡ 15 301 991,34	\$ 22 387,70
2027	B1-B6	₡ 20 345 513,25	\$ 29 766,66
2029	B2-B3	₡ 20 364 766,71	\$ 29 794,83
2031	B3	₡ 22 357 508,57	\$ 32 710,33
2033	B6	₡ 26 616 081,63	\$ 38 940,87
2035	B7	₡ 27 518 321,69	\$ 40 260,89
2037	B5	₡ 28 600 950,63	\$ 41 844,84
2039	B9	₡ 29 322 801,80	\$ 42 900,95
2041	B5	₡ 30 225 041,85	\$ 44 220,98
2043	B9	₡ 7 159 274,84	\$ 10 474,43
2045	B4-B8	₡ 32 133 498,80	\$ 47 013,17
2047	B7 y Árboles indiv.	₡ 21 743 956,39	\$ 31 812,66

Nota: * Tipo de cambio utilizado: ₡683.5 (Consultado el 3/6/2022).

- **Áreas de Reforestación**

Descripción y ubicación de los bloques a Reforestar

Se tiene un total de 5 áreas ideales para reforestar, 4 de las cuales fueron plantadas al finalizar este trabajo de graduación. Además, todas las áreas que poseen plantaciones forestales y que serán cosechadas en los distintos años, serán reforestadas nuevamente al finalizar cada ciclo de corta. En la figura 5 se puede observar la distribución y área de los bloques ya reforestados y el bloque norte sin reforestar. Las características físicas y topográficas de los sitios se describen a continuación: los terrenos presentan pendientes entre 30-50% consideradas fuertemente onduladas, el terreno tiene una erosión nula. A nivel de suelo, presenta una profundidad efectiva entre 30 cm a 60 cm, textura del suelo medianas, ausencia de pedregosidad, fertilidad media, toxicidad (Cu) y salinidades leves (ver anexo 1). Tiene un drenaje categorizado como bueno, este terreno se ubica en la zona de vida bosque húmedo premontano, cuenta con un periodo seco entre 1 a 3 meses, por último, hay nula presencia de neblina y de vientos.

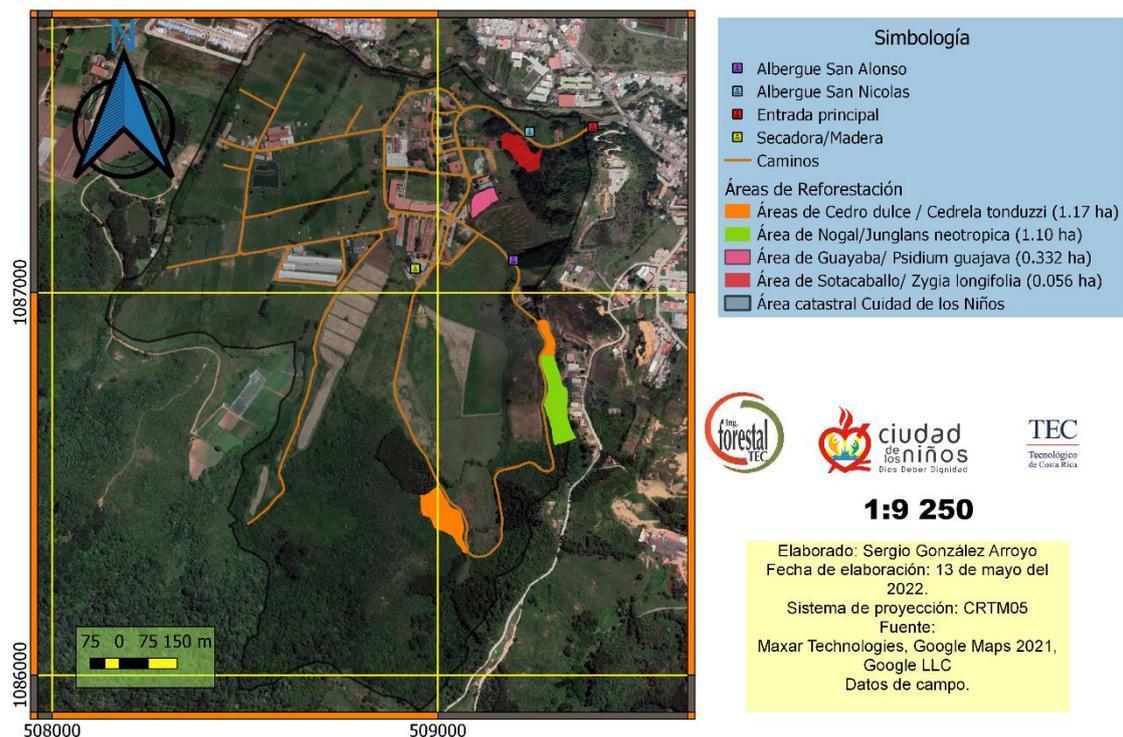


Figura 5. Mapa de distribución y ubicación de bloques áreas de reforestación en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Especies utilizadas

Para esta actividad se seleccionaron las especies: *P. guajava*, *C. tonduzii* y *J. neotropica* (Guayaba, Cedro Dulce y Nogal), debido principalmente a su capacidad de adaptación a dichas características, su rápido crecimiento y su facilidad de reproducción y obtención en los viveros de la zona. Para ejecutar las reforestaciones, se recurrió y recurrirá en un futuro, a la colaboración brindada por la Escuela de Ingeniería Forestal del TEC, en temas relacionados a la preparación del terreno, plantación, manejo y mantenimiento de los árboles. Así mismo, a través del desarrollo del proyecto de extensión mencionado previamente y este trabajo de graduación, la Ciudad de los Niños ha adquirido el conocimiento en manejo forestal que le permitirá velar por el oportuno cumplimiento de las labores silviculturales de manera que se garantice la máxima supervivencia de los árboles en campo. Entre los beneficios ambientales que se obtienen de las áreas reforestadas se encuentran: la captura de carbono, producción de madera, un cambio de especies exóticas por uso de especies nativas, además, las áreas reforestadas reponen la cantidad de madera que será aprovechada en el futuro; convirtiéndose en parte integral del ciclo de aprovechamiento sostenible.

Estas buenas prácticas silviculturales permiten posicionar a la Ciudad de los Niños como una institución clave en el manejo de los recursos naturales y educación ambiental y mantener la etiqueta de “pulmón verde de Cartago” en todo el cantón. Otra de las ventajas que se obtuvo de las áreas de reforestación es el establecimiento de 0.332 ha de Guayaba, donde se espera que los 369 individuos establecidos, permitan el abastecimiento de la fruta a los estudiantes de la especialidad: Agroindustria Alimentaria del Colegio Técnico Agustiniiano. Este terreno no genera ingresos monetarios directos, pero permite ahorrar en la compra de la guayaba para las prácticas de los estudiantes. Otra área que genera servicios ambientales importantes es el área a reforestar colindante al tanque en construcción en la zona norte de la Ciudad. Esta zona tiene un área aproximada de 0.563 ha donde se pretende establecer 351 árboles de Sotacaballo (*Z. longifolia*) la principal función de la especie es ayudar a estabilizar el terreno, ya que los sistemas radicales de la especie permiten amarrar el sustrato, otros beneficios que ofrece la especie son: disminución de erosión, menos riesgo a derrumbes o movimientos del suelo, captura de carbono y belleza escénica. Este terreno no se pretende aprovechar por lo que genera beneficios económicos directos a la institución.

Rendimientos

Por otra parte los sitios reforestados con Nogal y Cedro Dulce si son de interés comercial, por lo que se consultó la bibliografía para poder conocer los rendimientos de estas especies, sin embargo, existe muy poca información de curvas de crecimiento sobre estas especies de altura (Geilfus, 1994; Cordero y Boshier, 2003 y De Camino-Velozo, 2018) y la información se enfatiza en fichas técnicas que llegan hasta etapas de reproducción en vivero y manejo silvicultural, pero sin curvas productivas concretas. concretas.

En el caso del Nogal se utilizó como referencia el estudio de los autores (Ortega-Montenegro, 2007), donde obtuvo diámetros, IMA e ICA de la especie nogal en distintos arreglos agroforestales. Sin embargo se toma como referencia el tratamiento 5 de su estudio que corresponde a una plantación de Nogal puro sin ningún arreglo agroforestal. Se mencionan los datos base utilizados en la creación de las tablas de rendimiento: diámetro de 2,99 cm en el primer año, ICA 1.67 cm/año, un IMA de 1,72 cm en los primeros años y una disminución del IMA 1,12 entre 7 y 9 años. Para la variable altura se tiene una IMA 0,76 m, además los autores (Toro-Vanegas y Roldán-Rojas, 2018)

mencionan de un rendimiento del Nogal a partir de los 25 años de 0,8 m²/ árbol. Para la estimación del diámetro se utilizaron los IMAS del estudio en los primeros años y el IMA para el rango entre 7-9 años. Se conoce que el crecimiento del árbol disminuye con la edad, por lo tanto a partir del año 10 se castiga con un 10% el ICA consultado del estudio hasta la edad de 25 años. En el caso de altura se utilizó el ICA para todos los años, se pretende ser reservado y tener un diámetro promedio más cercano a datos promedios de altura comercial. Para la estimación del área basal y el volumen se utilizó la misma forma de la metodología de plantaciones, el factor de forma para la especie fue de 0,6. Para conocer la cantidad total de volumen por el bloque se multiplicó por la cantidad de árboles correspondientes a las intervenciones como raleos, el cuadro 10 es la tabla de rendimientos estimados para la especie de Nogal.

Cuadro 10. Tabla de estimación de volumen para la especie *J. neotropica* (Nogal) fuente consultada: (Ortega-Montenegro, 2007; Toro-Vanegas y Roldán-Rojas, 2018)

Año	Edad	N° total de árboles	Dap (cm)	Altura comercial (m)	G /árbol (m ²)	Volumen/árbol (m ³)	Volumen total (m ³)
2022	0	689					
2023	1	689	2,99	1,27	0,00	0,00	0,37
2024	2	689	4,71	2,56	0,00	0,00	1,85
2025	3	689	6,38	3,32	0,00	0,01	4,39
2026	4	689	8,05	4,08	0,01	0,01	8,59
2027	5	689	9,72	4,84	0,01	0,02	14,86
2028	6	689	11,39	5,60	0,01	0,03	23,61
2029	7	689	13,06	6,36	0,01	0,05	35,25
2030	8	462	14,18	7,12	0,02	0,07	46,52
2031	9	462	15,85	7,88	0,02	0,09	43,10
2032	10	462	17,52	8,64	0,02	0,13	57,74
2033	11	462	19,09	9,40	0,03	0,16	74,58
2034	12	462	20,56	10,16	0,03	0,20	93,50
2035	13	462	21,93	10,92	0,04	0,25	114,33
2036	14	462	23,2	11,68	0,04	0,30	136,86
2037	15	309	24,37	12,44	0,05	0,35	160,83
2038	16	309	25,44	13,20	0,05	0,40	124,60
2039	17	309	26,41	13,96	0,05	0,46	142,01
2040	18	309	27,28	14,72	0,06	0,52	159,77
2041	19	309	28,05	15,48	0,06	0,57	177,64
2042	20	309	28,72	16,24	0,06	0,63	195,37
2043	21	309	29,29	17,00	0,07	0,69	212,71
2044	22	309	29,76	17,76	0,07	0,74	229,41
2045	23	309	30,13	18,52	0,07	0,79	245,21
2046	24	309	30,4	19,28	0,07	0,84	259,86
2047	25	309	30,57	20,04	0,07	0,88	273,14

En el caso del Cedro Dulce, existe nula información sobre curvas de crecimiento por lo que se consultó una especie cercana altitudinalmente, en este caso el *Cedrela odorata* (Cedro) ya que esta especie puede alcanzar hasta los 1200 m. s. n. m.; se consultaron tablas de rendimientos de los autores (Fierros-González, 2012). A diferencia del Nogal, la estimación de producción para el Cedro se estimó por hectárea (ha), como el *C. tonduzii* es una especie de mayor altura y puede tener un menor crecimiento que *C. odorata* se considera un castigo a la producción de volumen en un 5%. El cuadro 11 es la tabla de rendimientos del Cedro de bajura (*C. odorata*) y el cuadro 12 representa el arreglo con castigo para estimar la producción del Cedro Dulce (*C. tonduzii*). Los rendimientos estimados para el Cedro Dulce reforestado corresponden a un área total de 1,175 ha entre los dos terrenos asignados dentro de la finca de la Ciudad de los Niños.

Cuadro 11. Tabla de rendimientos anuales de *Cedrela odorata* para el volumen por hectárea. Fuente: (Fierros-González, 2012).

Año	Edad	N° árboles	Volumen (m³) /ha/año
2022	0	734	
2023	1	734	1,6
2024	2	734	6,4
2027	5	492	31,2
2029	7	492	49
2030	8	492	57,9
2032	10	492	71,3
2034	12	330	82,6
2037	15	330	94,7
2039	17	330	100,3
2042	20	330	106,1
2044	22	330	108,6
2045	23	330	109,5

Cuadro 12. Tabla de rendimientos anuales estimados de *Cedrela tonduzii* para el cálculo de volumen por hectárea proyectado en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Año	Edad	N° árboles	Volumen /ha/año	Volumen total proyectado (m ³)
2022	0	734,38		
2023	1	734,38	1,52	1,79
2024	2	734,38	6,08	7,14
2027	5	492,03	29,64	34,83
2029	7	492,03	46,55	54,70
2030	8	492,03	55,01	64,63
2032	10	492,03	67,74	79,59
2034	12	329,66	78,47	92,20
2037	15	329,66	89,97	105,71
2039	17	329,66	95,29	111,96
2042	20	329,66	100,80	118,43
2044	22	329,66	103,17	121,22
2045	23	329,66	104,03	122,23

Ingresos por PSA

Como parte de la estrategia de ordenación se pretende en los primeros años de establecimiento, se propone el ingreso a PSA modalidad de reforestación. Para el Nogal, se propone en la modalidad de *Reforestación con especies nativas* y el Cedro dulce en la modalidad de *Reforestación con especies de mediano crecimiento*. En ambos casos el monto se paga por hectárea, y la distribución de los ingresos corresponde a 50%, 20%, 15%, 10% y 5% en los primeros 5 años del contrato; para ambas modalidades el contrato tiene una vigencia de 16 años. El cuadro 13 y 14 desglosa la cantidad de ingresos que genera cada especie según su modalidad de PSA.

Cuadro 13. Distribución de ingresos generados para el Pago por Servicios Ambientales (PSA), de la especie forestal Nogal (*J. neotropica*) reforestada en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Modalidad	<i>Reforestación de especies nativas</i>			
Área total (ha): 1,10		Colones (¢)		Dólar (\$)*
Distribución de desembolso	Año 1	¢	677 548,63	\$ 991,29
	Año 2	¢	271 019,45	\$ 396,52
	Año 3	¢	203 264,59	\$ 297,39
	Año 4	¢	135 509,73	\$ 198,26
	Año 5	¢	67 754,86	\$ 99,13
	Monto total	¢	1 355 097,27	\$ 1 982,59

Nota: * Tipo de cambio utilizado: ¢683.5 (Consultado el 3/6/2022)

Cuadro 14. Distribución de ingresos generados para el Pago por Servicios Ambientales (PSA), de la especie forestal Cedro (*C. tonduzii*) reforestada en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Modalidad		<i>Reforestación especies de mediano crecimiento</i>		
Área total (ha): 1,18		Colones (¢)	Dólar (\$)*	
Distribución de desembolso	Año 1	¢ 481 183,65	\$	704,00
	Año 2	¢ 192 473,46	\$	281,60
	Año 3	¢ 144 355,10	\$	211,20
	Año 4	¢ 96 236,73	\$	140,80
	Año 5	¢ 48 118,37	\$	70,40
Monto total		¢ 962 367,30	\$	1 408,00

Nota: * Tipo de cambio utilizado: ¢683.5 (Consultado el 3/6/2022)

Volumen proyectado

En el caso del Nogal para la estimación productiva se define dos raleos de 33% cada uno para la edad de 8 y 15 años respectivamente; se espera una cosecha final a los 24 años, la cosecha final se planifica con el fin de obtener ingresos en todos los años que contempla este proyecto de ordenación, el cuadro 15 presenta la cantidad de volumen obtenido y la estimación de ingresos (¢/\$) para cada año de intervención silvicultural. Se utilizó una tasa de crecimiento del precio de la madera del 2%.

Cuadro 15. Diseño de raleos y corta final para el bloque reforestado de Nogal en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Especie:		<i>Nogal (J. neotropica)</i>						
Área:	1,103 ha							
Año	Edad	N° Árboles	Volumen (m³)/árbol	Volumen (m³) total del bloque	PMT	Precio Colones (¢)*	Precio dólares (\$)***	
2022	0	689						
2030	8	462	0,07	46,52	16841	¢ 3 809 362,16	\$ 5 573,32	
2037	15	309	0,35	160,83	58221	¢ 14 759 078,88	\$ 21 593,39	
2046	24	309	0,84	259,86	94071	¢ 27 148 785,73	\$ 39 8720,24	

Notas : * Se utilizó el precio estimado de ¢195/PMT en madera pie. ** Tipo de cambio utilizado: ¢683.5

Por otra parte, para el Cedro Dulce se definen raleos a los 5 y 12 años del 33% cada uno. El ciclo de corta final de aprovechamiento se proyecta a los 22 años ya que se prevé el aprovechamiento e ingreso fluido de cuotas de madera, además el plan evita a toda costa dejar años vacíos o sin ingreso a la institución, por lo cual la edad de aprovechamiento del Nogal y Cedro varían entre sí. El cuadro 16 proyecta la cantidad de volumen obtenido y la estimación de ingresos (¢/\$) para cada año de intervención silvicultural. Se utilizó una tasa de crecimiento del precio de la madera del 2%.

Cuadro 16. Cuadro con proyección de raleos y corta final para el bloque reforestado de Cedro Dulce en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Especie: Cedro Dulce (<i>C. tonduzii</i>)							
Área: 1,175 ha							
Año	Edad	N° Árboles	Volumen (m³)/ha	Volumen (m³) total del bloque	PMT	Precio Colones (¢)*	Precio dólares (\$)***
2022	0	734	-	-	-	-	-
2027	5	492	29,64	34,83	12607,37	¢ 3 638992,43	\$ 5 324,06
2034	12	330	78,47	92,20	33377,21	¢ 10 860 144,55	\$ 15 889,02
2044	24	330	103,17	121,22	43883,36	¢ 17 042 190,36	\$ 24 933,71

Notas: * Se utilizó el precio estimado de ¢262.4/PMT en madera pie. ** Tipo de cambio utilizado: ¢683.5 (Consultado el 3/6/2022)

- PSA Protección de Bosque.

Descripción y ubicación

Las áreas de cobertura boscosa ubicadas en el inmueble presentan las siguientes características: los terrenos presentan pendientes entre 50-75% consideradas escarpadas, el terreno tiene una erosión nula. A nivel de suelo, presenta una profundidad efectiva entre 60 cm a 90 cm, textura del suelo medianas, ausencia de pedregosidad, fertilidad media, toxicidad (Cu) y salinidades leves (ver anexo 1). Presenta un drenaje categorizado como moderadamente excesivo, este terreno se ubica en la zona de vida bosque húmedo premontano, cuenta con un periodo seco entre 1 a 3 meses, por último, hay nula presencia de neblina y de vientos. La cobertura total de bosque corresponde a 32,68 ha; de las cuales 4,49 ha son de bosque primario y 28,20 ha bosque secundario. El bosque cuenta con 3 nacientes como se observa en la figura 6; además, la Ciudad de los Niños se encuentra dentro de áreas de importancia hídrica y corredores biológicos, las cuales, son zonas

consideradas de prioridad para FONAFIFO a la hora de otorgar este reconocimiento monetario por la protección de la naturaleza.

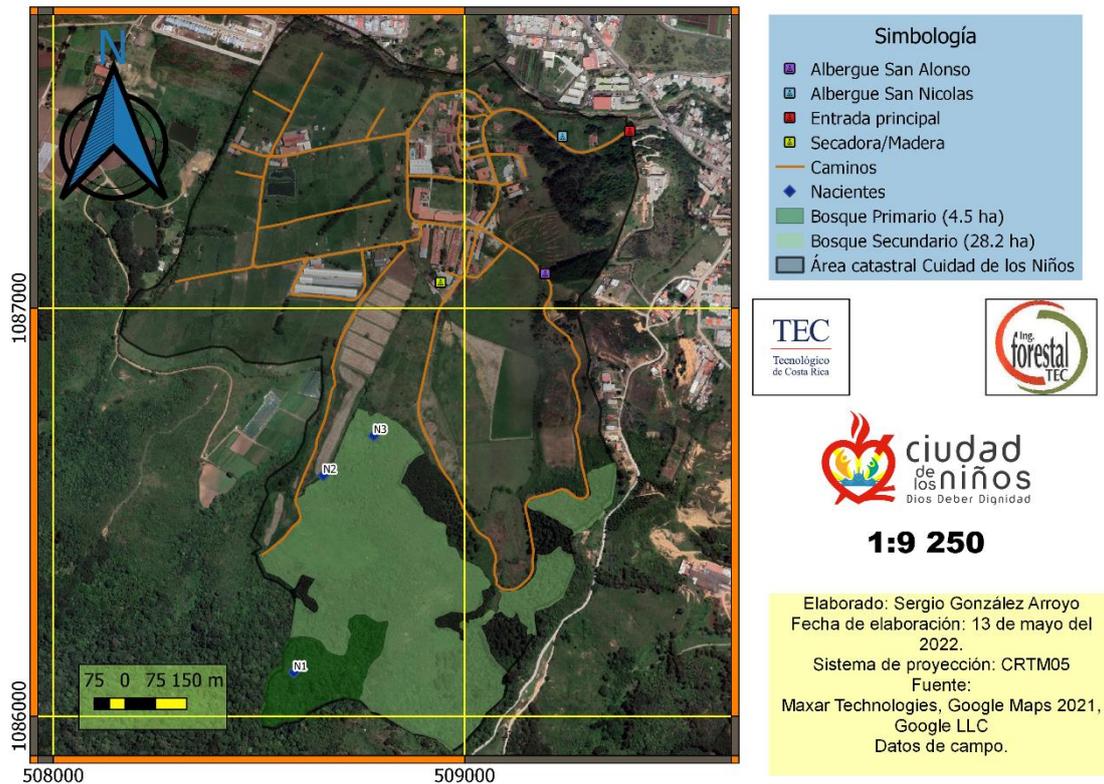


Figura 6. Mapa de distribución y ubicación de bosque primario y secundario en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Ingresos PSA

El monto actual para el pago de Protección de Bosque corresponde a ¢ 368 229/ ha., para una vigencia de contrato por 10 años; el desembolso anual del dinero producto de esta actividad forestal, será de un 10% del monto total. El cuadro 17 presenta un resumen de la cantidad de ingreso de esta modalidad, el ingreso anual se repite para cada año hasta terminar el contrato. El contrato podrá renovarse por otros 10 años.

Cuadro 17. Cálculo y distribución de dinero anual para la vigencia de contrato de PSA modalidad Protección de Bosque en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Modalidad	<i>Protección de Bosque</i>	
Área total (ha)	32,7	
Ingresos	¢	\$
Monto total	¢ 12 041 088,30	\$ 17 616,81
Monto/ año	¢ 1 204 108,83	\$ 1 761,68

La propuesta PSA modalidad de Protección de Bosque es de suma importancia, porque permite evidenciar al área boscosa como zonas productivas y de las cuales puede recibir incentivos del gobierno por su protección. La cobertura de bosque primario y secundario cumple un papel beneficioso y de múltiples bienes a la comunidad. Como se mencionó anteriormente, la ubicación del bosque es prioritaria para corredores biológicos y protección del recurso hídrico, conjuntamente, el bosque cuenta con 3 nacientes que permiten sumar un valor extra al PSA. La protección de estas nacientes es vital por su función ambiental y también por el uso que la institución obtiene, adicionalmente a la protección del agua, el bosque brinda servicios ambientales como: fijación y captura de gases de efecto invernadero, por lo que permite la limpieza del aire debido a la contaminación de las empresas cercanas a la Ciudad de los Niños.

Otros de los beneficios ambientales implicados son: protección de la biodiversidad y la belleza escénica natural. Este último beneficio también tiene impacto social, ya que la Ciudad de los Niños es considerada como el “pulmón verde” de Cartago por lo que la protección de bosque incentiva y permite seguir con una imagen de uso adecuado y sostenible de los recursos.

- PSA Sistema agroforestal modalidad: silvopastoril y cercas vivas.

Descripción de escenarios

Se proponen dos escenarios diferentes para el establecimiento de árboles en potreros y apartos utilizados para el ganado, por lo cual, el establecimiento y diseño de las líneas para reforestar contemplan los bordes de los distintos apartos. La siembra de árboles en los apartos del ganado amplía la cantidad de beneficios que reciben estas áreas; permite la captura y fijación de carbono, por lo que los árboles ayudan a contrarrestar las emisiones de metano (CH₄) y de dióxido de carbono (CO₂) que produce el ganado. Se estima una captura de carbono de 5.25 t ha⁻¹ (Negri, Rojas y Cárdenas, 2021) para este diseño, por lo tanto, el diseño no pretende generar solo ingresos económicos si no permite minimizar el impacto ambiental del sistema silvopastoril en las emisiones de carbono. Otro beneficio del sistema silvopastoril (SPP) corresponde al multipropósito de los árboles seleccionados, ya que tienen la función principal de generar sombra a los animales, ser fuente de forraje, amarre del suelo y producción de madera futura (Murillo

et al. 2013). Las especies seleccionadas para los arreglos silvopastoriles corresponden a individuos dentro de la lista de especies aceptadas en la modalidad del contrato para PSA.

El primer escenario corresponde a un establecimiento de árboles mediante el sistema silvopastoril, promoviendo un diseño de dos hileras con un distanciamiento de 4 x 5 metros, en las distancias lineales más largas (líneas de color amarilla, figura 7) y una siembra de árboles cada 4 metros de distancia (cercas vivas) en las líneas de color rojo (figura 7), en este caso se obtiene un total de 1987,6 metros lineales para la siembra en hileras y 1812,8 metros lineales para el caso de cercas vivas, lo que corresponde a 794 y 453 árboles respectivamente; el cuadro 17 presenta un resumen y las especies a utilizar en este escenario.

En el segundo escenario, es un diseño completamente de cercas vivas, por lo cual las líneas amarillas de la figura 7 se convertirían en líneas rojas, por lo tanto, se reforestará un total de 3986,4 metros lineales, colocando un árbol cada 4 metros (cuadro 18).

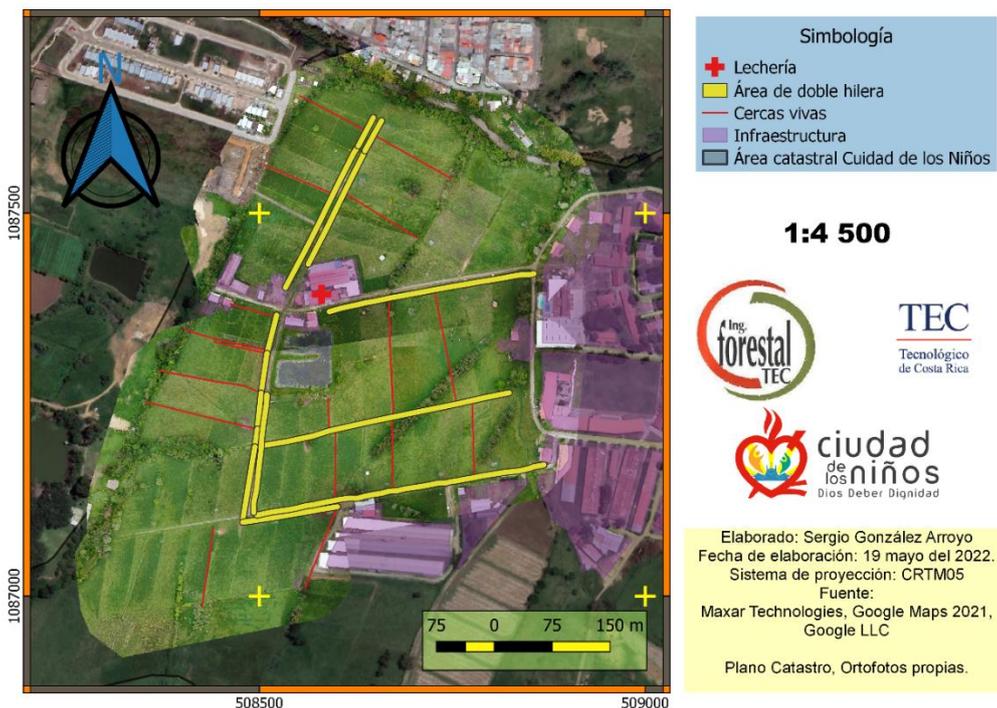


Figura 7. Ubicación y distribución de líneas para el establecimiento de los diseños silvopastoriles en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Cuadro 17. Primer diseño y propuesta de arreglo silvopastoril (SPP) para la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Escenario	Establecimiento	Árboles/hilera*	N° total árboles del diseño	Especies Propuestas
Silvopastoril/ Hileras	2 hileras a 4 x 5	398	795	Sotacaballo (<i>Z. longifolia</i>) y Poró (<i>Erytrina</i> sp.)
Silvopastoril/ Cercas vivas	1 arb cada 4 m	453	453	Poró(<i>Erytrina</i> sp.)
Total			1248	

Nota: *Corresponde a la cantidad de metros lineales de cada uno de los arreglos propuestos.

Cuadro 18. Segundo diseño y propuesta de arreglo silvopastoril (SPP) de cercas vivas para la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Escenario	Establecimiento	Árboles/hilera*	N° total árboles del diseño	Especies Propuestas
Cercas vivas	1 árb. cada 4 m	996	996	Poró (<i>Erytrina</i> sp.)

Nota: *Corresponde a la cantidad de metros lineales de cada uno de los arreglos propuestos.

Ingresos de cada escenario

A continuación, los cuadros 19 y 20 presenta la distribución e ingresos posibles que se pueden obtener según cada escenario; la modalidad de PSA corresponde a silvopastoril por lo tanto, el contrato tiene una validación de 5 años, donde el primer año ingresa el 50% del monto total, y el año 3 y 5 se recibe un 25% respectivamente. Se recomienda ejecutar el escenario 1 ya que permite maximizar el ingreso de esa cobertura forestal, además aumenta la cantidad de servicios ecosistémicos que brindan los árboles.

Cuadro 19. Distribución de ingreso del **Escenario 1** para la modalidad de PSA en sistemas silvopastoriles en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

	Modalidad	SAF (SSP)		
	Metros lineales totales (m)	3800,4		
Distribución de desembolso	Año 1	₡	627 860,70	\$ 918,60
	Año 2			
	Año 3	₡	313 930,35	\$ 459,30
	Año 4			
	Año 5	₡	313 930,35	\$ 459,30
	Monto total	₡1 255 721,39	\$ 1 837,19	

Cuadro 20. Distribución de ingreso del **Escenario 2** para la modalidad de PSA en sistemas silvopastoriles (cercas vivas) en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Modalidad		<i>SAF (SSP)/ Cercas vivas</i>		
Metros lineales (m)		3986,4		
Distribución de desembolso	Año 1	₡	500 988,00	\$ 732,97
	Año 2			
	Año 3	₡	250 494,00	\$ 366,49
	Año 4			
	Año 5	₡	250 494,00	\$ 366,49
	Monto total	₡	1 001 976,00	\$ 1 465,95

- Plan de Ordenación

Considerando la información generada anteriormente, se establece un cronograma de actividades que permitan desarrollar cada diseño de aprovechamiento en cada cobertura del inmueble (cuadro 21). Es necesario indicar que, para ejecutar las actividades de corta de árboles, venta de madera o PSA debe preverse la contratación de un regente forestal. Cada área que será cosechada deberá ser reforestada inmediatamente con la finalidad de garantizar madera en el futuro y cumplir con las rotaciones de aprovechamiento sostenibles a lo largo del tiempo. Los lotes aprovechados en el cuadro 7 pasan a convertirse en áreas destinadas a reforestación, estas áreas junto con las otras áreas de plantaciones comerciales deben de tomar cuenta las siguientes consideraciones: a) se deben realizar chapeas totales 4 veces al año durante los 3 primeros años (“Chapea total*”) o bien cuando el crecimiento de la maleza alrededor de los árboles lo requiera. Además, se deberá ejecutar rodajas de al menos 1 metro de diámetro alrededor de cada árbol en donde se eliminará todo tipo de maleza garantizando el crecimiento óptimo de los árboles. Estas rodajas manuales deben ser ejecutadas cada 1 o 2 meses dependiendo de la época del año. Se debe aplicar un control fitosanitario y de fumigación al menos 2 veces al año en los primeros 5 años de las plantaciones, este control fitosanitario también implica el uso de insecticidas según la especie (“Control de plagas*”). En el caso de las plantaciones de cedro, las fumigaciones deberán ejecutarse cada 3 meses. Otra actividad de importancia en los primeros años de reforestación es el abono, en este caso el abono debe aplicarse al menos 4 veces al año en los primeros 3 años del crecimiento (“Abono*”), a partir del año 3 se recomienda como método de chapea la rodajea, 3 veces al año (“Rodajea*”). En el caso de las podas se establece una poda baja/media a la edad de 5 años en las plantaciones comerciales (“Poda”) y la ejecución de los raleos

planificados para cada especie comercial, mencionados anteriormente. Todas estas prácticas silviculturales son necesarias para obtener los resultados estimados en este plan de ordenación. Las actividades silviculturales descritas anteriormente deberán de ser ejecutadas en cada una de las áreas que serán reforestadas de aquí en adelante.

En el caso de los silvopastoril se debe tomar en cuenta la preparación de las franjas o cercado para proteger los árboles del ganado. Se establecen chapeas en franjas en los primeros 3 años de crecimiento (“Chapeas+”); no se planifican podas ya que un objetivo del sistema es la producción de sombra. En el caso de la cobertura boscosa, lo que se debe hacer es la contratación del regente forestal para la visita del bosque y proceder con la elaboración del estudio técnico. Para todas las coberturas se necesita la contratación de un regente forestal para la visita, elaboración de los estudios técnicos, crear certificados de origen y recomendaciones técnicas en los primeros años de los contratos de PSA en cada tipo de cobertura.

Cuadro 21. Cronograma de actividades incluidas dentro del Plan de Ordenación para el aprovechamiento de las distintas coberturas forestales ubicadas en la finca de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Año	Cobertura			
	Bosque	Plantaciones Forestales	Áreas a reforestar	Silvopastoril
2023	Presolicitud / y Estudio Técnico	Solicitudes de certificados de origen (S.C.O)/ Aprovechamiento del B1	Presolicitud / y Estudio Técnico	Crear cerca de protección de árboles / Plantar los árboles Presolicitud / y Estudio Técnico
2024			Abono*/ Control plagas*/Chapea total*/ Reforestar Lote 1 B1	Chapea+
2025		(S.C.O) / Aprovechamiento del B1	Abono*/Control plagas*/ Chapea total*	Chapea+
2026			Abono*/Control plagas*/Chapea total*/Reforestar Lote 2 B1	Chapea+
2027		(S.C.O)/ Aprovechamiento del B1 y B6	Control plagas*/Rodajas*/ I Raleo Cedro Dulce	
2028			Control plagas*/Rodajas*/ Poda Nogal/ Reforestar Lote 3 B1 y Lote 1 B6	
2029		(S.C.O)/ Aprovechamiento del B2 y B3	Rodajas*/ Poda Cedro	
2030			Rodajas*/ I Raleo Nogal/ Reforestar B2 y Lote 1 B3/ Crear camino de acceso al bloque B3	
2031		(S.C.O)/ Aprovechamiento del B3	Rodajas*	
2032			Rodajas*/ Reforestar/Lote 2 B3	
2033		(S.C.O)/ Aprovechamiento del B6	Rodajas*	
2034	Presolicitud / y Estudio Técnico		II Raleo de Cedro Dulce/ Reforestar Lote 2 B6	
2035		(S.C.O)/ Aprovechamiento del B7		
2036			Reforestar Lote 1 B7	
2037		(S.C.O)/ Aprovechamiento del B5	II Raleo de Nogal	
2038			Reforestar Lote 1 B5	

2039	(S.C.O)/ Aprovechamiento del B9	
2040		Reforestar Lote 1 B9
2041	(S.C.O)/ Aprovechamiento del B5	
2042		Reforestar Lote 2 B5
2043	(S.C.O)/ Aprovechamiento del B9	
2044		Cosecha final del Cedro Dulce / Reforestar Lote 2 B9
2045	(S.C.O) / Aprovechamiento del B4 y B8.	
2046		Cosecha final del Nogal/Reforestar B4 y B8
2047	(S.C.O)/ Aprovechamiento del B7 y árboles individuales.	
2048		Reforestar Lote 2 B7

- Cronograma y distribución de Ingresos estimados

Por último, se planifica la cantidad de ingresos anuales que la institución recibirá por el aprovechamiento de las distintas coberturas forestales. Como el plan de ordenación busca maximizar los ingresos, en el caso de los árboles en potrero se utilizó el escenario 1 que genera mayor cantidad de ingresos en esta modalidad. Adicionalmente, se debe considerar que la proyección de estos ingresos NO contabiliza costos fijos ni variables de las distintas actividades de aprovechamiento. Aunque en los últimos años no se ha dado un aumento del precio de la madera, se utilizará una tasa del 2% ya que el plan se proyecta a 25 años. La tasa se aplica al monto generado a raíz de la venta de madera de las plantaciones comerciales dentro de la finca de la Ciudad de los Niños, los montos de PSA no son afectados ya que son montos definidos para cada modalidad. Se presentan dos cuadros con los distintos escenarios de las plantaciones forestales, es decir, el cuadro 22 y 23 contempla las ganancias (¢/\$) que se obtienen con la venta madera en pie (MP) y el cuadro 24 y 25 contempla el escenario de ingresos (¢/\$) con la venta de madera aserrada (MA). Se planificó un ingreso anual constante para los 24 años de la rotación de aprovechamiento. Al comparar los escenarios para el aprovechamiento de madera en plantaciones forestales, el cronograma de proyección de ingresos con la venta de madera aserrada genera \$6 037,62 más que el estimado con la venta de madera en pie.

Cuadro 22. Cronograma, distribución y cantidad total de ingresos en colones (¢) obtenidos para cada diseño de aprovechamiento y venta de madera en pie (MP) en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Año	PSA Bosque ¢	PSA (SSP) ¢	Plantaciones Forestales ¢	Áreas a reforestar		Total ¢
				<i>J. neotropica</i> ¢	<i>C. tonduzzi</i> ¢	
2023	¢ 1 204 108,8	¢ 627 860,7	¢ 13 188 600,0	¢ 677 548,6	¢ 481 183,7	¢ 16 179 301,8
2024	¢ 1 204 108,8			¢ 271 019,5	¢ 192 473,5	¢ 1 667 601,7
2025	¢ 1 204 108,8	¢ 313 930,3	¢ 13 705 800,0	¢ 203 264,6	¢ 144 355,1	¢ 15 571 458,9
2026	¢ 1 204 108,8			¢ 135 509,7	¢ 96 236,7	¢ 1 435 855,3
2027	¢ 1 204 108,8	¢ 313 930,3	¢ 14 223 000,0	¢ 67 754,9	¢ 3 687 110,8	¢ 19 495 904,8
2028	¢ 1 204 108,8					¢ 1 204 108,8
2029	¢ 1 204 108,8		¢ 15 108 171,3			¢ 16 312 280,2
2030	¢ 1 204 108,8			¢ 3 809 362,2		¢ 5 013 471,0
2031	¢ 1 204 108,8		¢ 15 257 400,0			¢ 16 461 508,8
2032	¢ 1 204 108,8					¢ 1 204 108,8
2033	¢ 1 204 108,8		¢ 15 257 400,0			¢ 16 461 508,8
2034	¢ 1 204 108,8				¢ 10 860 144,5	¢ 12 064 253,4
2035	¢ 1 204 108,8		¢ 15 774 600,0			¢ 16 978 708,8
2036	¢ 1 204 108,8					¢ 1 204 108,8
2037	¢ 1 204 108,8		¢ 15 482 981,1	¢ 14 759 078,9		¢ 31 446 168,8
2038	¢ 1 204 108,8					¢ 1 204 108,8
2039	¢ 1 204 108,8		¢ 16 809 000,0			¢ 18 013 108,8
2040	¢ 1 204 108,8					¢ 1 204 108,8
2041	¢ 1 204 108,8		¢ 17 326 200,0			¢ 18 530 308,8
2042	¢ 1 204 108,8					¢ 1 204 108,8
2043			¢ 11 073 917,5			¢ 11 073 917,5
2044					¢ 17 042 190,4	¢ 17 042 190,4
2045			¢ 17 574 779,6			¢ 17 574 779,6
2046				¢ 27 148 785,7		¢ 27 148 785,7
2047			¢ 12 464 503,4			¢ 12 464 503,4

Cuadro 23. Cronograma, distribución y cantidad total de ingresos en dólares (\$) obtenidos para cada diseño de aprovechamiento y venta de madera en pie en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Año	PSA Bosque \$	PSA (SSP) \$	Plantaciones Forestales \$	Áreas a reforestar		Total \$
				<i>J. neotropica</i> \$	<i>C. tonduzzi</i> \$	
2023	\$ 1 761,68	\$ 918,60	\$ 19 295,68	\$ 991,29	\$ 704,00	\$ 23 671,25
2024	\$ 1 761,68			\$ 396,52	\$ 281,60	\$ 2 439,80
2025	\$ 1 761,68	\$ 459,30	\$ 20 052,38	\$ 297,39	\$ 211,20	\$ 22 781,94
2026	\$ 1 761,68			\$ 198,26	\$ 140,80	\$ 2 100,74
2027	\$ 1 761,68	\$ 459,30	\$ 20 809,07	\$ 99,13	\$ 25 004,11	\$ 48 133,29
2028	\$ 1 761,68					\$ 1 761,68
2029	\$ 1 761,68		\$ 22 104,13			\$ 23 865,81
2030	\$ 1 761,68			\$ 5 573,32		\$ 7 335,00
2031	\$ 1 761,68		\$ 22 322,46			\$ 24 084,14
2032	\$ 1 761,68					\$ 1 761,68
2033	\$ 1 761,68		\$ 22 322,46			\$ 24 084,14
2034	\$ 1 761,68				\$ 15 889,02	\$ 17 650,70
2035	\$ 1 761,68		\$ 23 079,15			\$ 24 840,83
2036	\$ 1 761,68					\$ 1 761,68
2037	\$ 1 761,68		\$ 22 652,50	\$ 21 593,39		\$ 46 007,56
2038	\$ 1 761,68					\$ 1 761,68
2039	\$ 1 761,68		\$ 24 592,54			\$ 26 354,22
2040	\$ 1 761,68					\$ 1 761,68
2041	\$ 1 761,68		\$ 25 349,23			\$ 27 110,91
2042	\$ 1 761,68					\$ 1 761,68
2043			\$ 16 201,78			\$ 16 201,78
2044					\$ 24 933,71	\$ 24 933,71
2045			\$ 25 712,92			\$ 25 712,92
2046				\$ 39 720,24		\$ 39 720,24
2047			\$ 18 236,29			\$ 18 236,29

Cuadro 24. Cronograma, distribución y cantidad total de ingresos en colones (¢) obtenidos para cada diseño de aprovechamiento y venta de madera aserrada en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Año	PSA Bosque ¢	PSA (SSP) ¢	Plantaciones Forestales ¢	Áreas a reforestar		Total ¢
				<i>J. neotropica</i> ¢	<i>C. tonduzzi</i> ¢	
2023	¢ 1 204 108,8	¢ 627 860,7	¢ 14 724 557,7	¢ 677 548,6	¢ 481 183,7	¢ 17 715 259,5
2024	¢ 1 204 108,8			¢ 271 019,5	¢ 192 473,5	¢ 1 667 601,7
2025	¢ 1 204 108,8	¢ 313 930,3	¢ 15 301 991,3	¢ 203 264,6	¢ 144 355,1	¢ 17 167 650,2
2026	¢ 1 204 108,8			¢ 135 509,7	¢ 96 236,7	¢ 1 435 855,3
2027	¢ 1 204 108,8	¢ 313 930,3	¢ 20 345 513,2	¢ 67 754,9	¢ 3 687 110,8	¢ 25 618 418,1
2028	¢ 1 204 108,8					¢ 1 204 108,8
2029	¢ 1 204 108,8		¢ 20 364 766,7			¢ 21 568 875,5
2030	¢ 1 204 108,8			¢ 3 809 362,2		¢ 5 013 471,0
2031	¢ 1 204 108,8		¢ 22 357 508,6			¢ 23 561 617,4
2032	¢ 1 204 108,8					¢ 1 204 108,8
2033	¢ 1 204 108,8		¢ 26 616 081,6			¢ 27 820 190,5
2034	¢ 1 204 108,8				¢ 10 860 144,5	¢ 12 064 253,4
2035	¢ 1 204 108,8		¢ 27 518 321,7			¢ 28 722 430,5
2036	¢ 1 204 108,8					¢ 1 204 108,8
2037	¢ 1 204 108,8		¢ 28 600 950,6	¢ 14 759 078,9		¢ 44 564 138,3
2038	¢ 1 204 108,8					¢ 1 204 108,8
2039	¢ 1 204 108,8		¢ 29 322 801,8			¢ 30 526 910,6
2040	¢ 1 204 108,8					¢ 1 204 108,8
2041	¢ 1 204 108,8		¢ 30 225 041,9			¢ 31 429 150,7
2042	¢ 1 204 108,8					¢ 1 204 108,8
2043			¢ 7 159 274,8			¢ 7 159 274,8
2044					¢ 17 042 190,4	¢ 17 042 190,4
2045			¢ 32 133 498,8			¢ 32 133 498,8
2046				¢ 27 148 785,7		¢ 27 148 785,7
2047			¢ 21 743 956,4			¢ 21 743 956,4

Cuadro 25. Cronograma, distribución y cantidad total de ingresos en dólares (\$) obtenidos para cada diseño de aprovechamiento y venta de madera aserrada en la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago.

Año	PSA Bosque \$	PSA (SSP) \$	Plantaciones Forestales \$	Áreas a reforestar		Total \$
				<i>J. neotropica</i>	<i>C. tonduzzi</i>	
				\$	\$	
2023	\$ 1 761,68	\$ 918,60	\$ 21 542,88	\$ 991,29	\$ 704,00	\$ 25 918,45
2024	\$ 1 761,68			\$ 396,52	\$ 281,60	\$ 2 439,80
2025	\$ 1 761,68	\$ 459,30	\$ 22 387,70	\$ 297,39	\$ 211,20	\$ 25 117,26
2026	\$ 1 761,68			\$ 198,26	\$ 140,80	\$ 2 100,74
2027	\$ 1 761,68	\$ 459,30	\$ 29 766,66	\$ 99,13	\$ 25 004,11	\$ 57 090,88
2028	\$ 1 761,68					\$ 1 761,68
2029	\$ 1 761,68		\$ 29 794,83			\$ 31 556,51
2030	\$ 1 761,68			\$ 5 573,32		\$ 7 335,00
2031	\$ 1 761,68		\$ 32 710,33			\$ 34 472,01
2032	\$ 1 761,68					\$ 1 761,68
2033	\$ 1 761,68		\$ 38 940,87			\$ 40 702,55
2034	\$ 1 761,68				\$ 15 889,02	\$ 17 650,70
2035	\$ 1 761,68		\$ 40 260,89			\$ 42 022,58
2036	\$ 1 761,68					\$ 1 761,68
2037	\$ 1 761,68		\$ 41 844,84	\$ 21 593,39		\$ 65 199,91
2038	\$ 1 761,68					\$ 1 761,68
2039	\$ 1 761,68		\$ 42 900,95			\$ 44 662,63
2040	\$ 1 761,68					\$ 1 761,68
2041	\$ 1 761,68		\$ 44 220,98			\$ 45 982,66
2042	\$ 1 761,68					\$ 1 761,68
2043			\$ 10 474,43			\$ 10 474,43
2044					\$ 24 933,71	\$ 24 933,71
2045			\$ 47 013,17			\$ 47 013,17
2046				\$ 39 720,24		\$ 39 720,24
2047			\$ 31 812,66			\$ 31 812,66

Transferencia del conocimiento generado.

Parte del conocimiento adquirido a través del desarrollo de este trabajo final de graduación, se ha transferido a distintos grupos y actores de la Ciudad de los Niños. Las principales técnicas de enseñanza y capacitación utilizadas fueron: charlas, días de campo, talleres y prácticas académicas. Las actividades de transferencia se enfocan en transmitir el conocimiento en temas relacionados al establecimiento, manejo, mantenimiento y aprovechamiento del recurso forestal, sobre los beneficios ambientales, sociales y económicos que estos brindan a esta institución y a las comunidades vecinas.

Se realizaron varias actividades entre ellas, prácticas de diseño y estaquillado y el establecimiento y siembra de árboles. En estas actividades se involucró de manera directa a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal del TEC y los estudiantes de séptimo nivel del Colegio Técnico Profesional Agustiniano, dentro de la Ciudad de los Niños.

Se llevaron a cabo actividades y una charla introductoria del establecimiento de plantaciones, conocimiento de herramientas como: cintas, cuerdas, balizas de marcaje, entre otros. Se realizó una capacitación del método de trazado y estaquillado, por medio de balizas y cuerda, dentro de un terreno destinado para reforestar, ver figura 8.

La actividad de hoyado y siembra de árboles se realizó bajo una serie de charlas y días de campo. El primer taller contó con la presencia de estudiantes de 7° nivel en la especialidad de Agroindustria Alimentaria con Tecnología Pecuaria del Colegio Técnico Profesional Agustiniano y estudiantes de Introducción a la Ingeniería Forestal del TEC (figura 9). Esta actividad ayudó a la transferencia teórica por medio de la charla y permite utilizar las siguientes capacitaciones en mayor práctica de campo; se capacitó sobre instrumentos manuales/mecánicos para el hoyado y sobre la metodología de adecuada de siembra de árboles, se les explicó la dosis de fertilizante necesario para cada hoyo donde se iba a plantar se indicó la dosis de 25 g a 30 g de fertilizante químico granulado (en su fórmula 10-30-10); por último; en la etapa final de plantado de los árboles se les indicó poner la bolsa plástica en la punta de la estaca cercana a cada árbol y se asignó una persona para que recorriera el área reforestada recogiendo todo el residuo de las bolsas plásticas para llevarlo a reciclar.

El siguiente día de campo, se capacitó por medio de una gira académica al grupo de estudiantes de Lab. Introducción a la Ingeniería forestal, donde se reforzó: pasos de la forma correcta de plantar árboles, distribución de árboles según las estacas o balizas, e incorporación de fertilizante. La especie plantada corresponde a *J. neotropica* conocida como Nogal (Figura 10, Anexo 4 y Anexo 5).

Las actividades de reforestación incluyen establecer árboles maderables y frutales. En el caso de la reforestación con árboles frutales corresponde a la especie Guayaba (*P. guajava*); la práctica estuvo a cargo de los 17 estudiantes de 7° grado del Colegio Técnico Profesional Agustiniano con el fin que estos árboles sean utilizados en las futuras prácticas correspondiente a la especialidad de agroindustria. Entre las actividades desarrolladas en el día de campo se capacitaron en temas relacionados en el hoyado del terreno, fertilización, preparación del terreno y siembra de árboles (figura 10 y Anexo 6).



Figura 8. Evidencias con los estudiantes del curso de Establecimiento de Plantaciones del TEC, realizando de práctica de campo en la Ciudad de los Niños. Aguacaliente, Cartago. (Fuente: Anexo.2)



Figura 9. Evidencias con los estudiantes del Colegio Técnico Profesional Agustiniano y estudiantes del curso de Establecimiento de Plantaciones del TEC, realizando de práctica de campo en la Ciudad de los Niños. Aguacaliente, Cartago. (Fuente: Anexo.3)



Figura 10. Evidencias con los estudiantes del Colegio Técnico Profesional Agustiniiano y estudiantes de la Escuela de Ingeniería Forestal del TEC, realizando de práctica de campo en la Ciudad de los Niños. Aguacaliente, Cartago (Fuente: Anexo.4 y Anexo 6)

Para la etapa de mantenimiento, se realizó como actividad didáctica, un día de campo, en un bloque de ciprés joven (8 años aproximadamente); se impartió una pequeña charla sobre la importancia de las podas en la calidad de la madera; se entregaron panfletos con información de reforzamiento, seguidamente se capacitó sobre el uso de distintas herramientas; tipo manuales y de motor para la ejecución de la poda, entre otros aspectos. La actividad se desarrolló con estudiantes de Ingeniería Forestal del TEC y se contó con la presencia del padre encargado de la Ciudad de los Niños (figura 11 y anexo 7).



Figura 11. Evidencias con los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Forestal del TEC, realizando de práctica de campo en la Ciudad de los Niños. Aguacaliente, Cartago (Fuente: Anexo.7)

Seguidamente en la etapa de aprovechamiento se crea un manual de inventarios y tipos de muestreo como parte de las primeras actividades necesarias para poder ejecutar y planear un aprovechamiento forestal. Este manual tiene un lenguaje fácil de entender para que pueda ser usado como material didáctico en algún curso del colegio o sea también un manual guía para extender el conocimiento a los principales actores de la Ciudad de los Niños, el manual se adjunta como anexo 8 de este proyecto de ordenación forestal.

Finalmente, se ha capacitado en temas de manejo forestal al Ingeniero Zootecnista Federico Conejo Morales (figura 12) y al padre Jesús María Ramos Leza como encargado de la Ciudad de los Niños (figura 11 y 13). Las reuniones y charlas se han enfocado en temas como: áreas por reforestar, malezas, plagas o enfermedades, diseño silvopastoril con objetivo de sombra y forraje, evacuación de dudas en prácticas de establecimiento, mantenimiento y aprovechamiento en bloques de plantaciones forestales, entre otras reuniones y charlas con los involucrados (Anexo 7, Anexo 9.)



Figura 12. Evidencias de reuniones con el Ing. Zootecnista Federico Conejo Morales como uno de los principales autores de la Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago. (Fuente: Anexo.9)



Figura 13. Evidencias de reuniones con el encargado de la institución el padre Jesús María Ramos Leza en prácticas de mantenimiento de plantaciones forestales en Ciudad de los Niños, Aguacaliente, Cartago. (Fuente: Anexo.9)

6 Conclusiones

Los usos actuales de las distintas coberturas forestales de interés corresponden adecuadamente con las actividades que se pueden desarrollar en cada clase del *Manual para la Capacidad de uso de las Tierras en Costa Rica*.

Se diseñaron propuestas productivas para: áreas a reforestar, plantaciones forestales, bosques y apartos ganaderos. El área de plantaciones forestales representa la cobertura que genera mayor ingreso a la institución, además, los Pagos por Servicios Ambientales (PSA) tienen un papel clave en el plan de ordenación, ya que generan ingresos en los primeros años en las áreas de reforestación, sistema silvopastoril y bosque. Se crea un cronograma a 25 años donde se desglosa la cantidad de ingresos anuales que la institución recibirá por cada cobertura forestal. Donde la propuesta con la venta de madera aserrada genera mayor ingreso en comparación a la venta de madera en pie.

Adicionalmente, se concluye qué, independientemente de la forma de venta de madera (aserrada o en pie), el cronograma de ingresos económicos evidencia que el recurso forestal genera ingresos económicos entre muchos otros beneficios ambientales y sociales.

Por último, los programas, actividades, charlas y días de campo en temas silviculturales y de educación ambiental; han sido ejecutados y evidenciados en el transcurso del proyecto de extensión y este trabajo final de graduación, promoviendo así la educación ambiental y el manejo sostenible de los recursos forestales.

7 Recomendaciones

Para las plantaciones forestales maduras se recomienda que cada bloque o área aprovechada sea reforestada sea con el uso de especies nativas y evitar la introducción de especies exóticas, adicionalmente se recomienda tener claro un buen paquete tecnológico de la especie que se establezca.

En el caso de áreas reforestadas, se recomienda el establecimiento de parcelas permanentes, para las especies de Nogal y Cedro, ya que existe muy poca información sobre curvas de crecimiento y rendimiento para estas especies de altura. Además como parte del programa de extensión forestal, se pueden crear prácticas y giras académicas

para obtener información necesaria a través de los inventarios que permitan la predicción real de volumen para las características biofísicas en el inmueble.

En el caso de la cobertura boscosa, se recomienda incluir en el Estudio Técnico, una caracterización y estructura del bosque, con el objetivo de conocer el estado sucesional del bosque y crear documentos que puedan servir de evidencia para la creación de plan de manejo o conservación.

En el caso del sistema silvopastoril (SPP) se recomienda a mediano o largo plazo implementar hileras o cercas vivas al área total de los apartos que se encuentran en la Ciudad de los Niños.

A nivel de extensión forestal, se recomienda la implementación, seguimiento y mejora por medio de metodologías y técnicas didácticas como: charlas, capacitaciones, talleres, días de campo, giras, entre otros. También se recomienda la actualización de manuales en temas silviculturales que permitan a la Ciudad de los Niños en el transcurso del tiempo tener una retroalimentación y actualización en temas silviculturales que permitan la mejora de programas de educación ambiental y manejo de recursos ambientales que se brindan en la institución.

8 Referencias

- Acosta Hurtado, F. E. (2018). Determinación del factor de forma de la especie *Eucalyptus saligna* (Eucalipto) en una plantación forestal comercial del sector Tambillo Bajo, cantón Colta, provincia de Chimborazo. (Tesis de grado. Ingeniero Forestal). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.
- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo forestal en el siglo XXI. *Madera y Bosques*, 21(Spe), 17-28.
- Antillanca, M., Trincado, G., & Lasserre, J. P. (2017). Efecto del método de propagación y sitio sobre atributos fustales en árboles de *Pinus radiata* a la edad de 17 años. *Madera Y Bosques*, 23(1), 79-89.

- Arteaga Aguilar, M. A., Ayala Arcipreste, M. E. y Márquez, R. (2014). Ordenamiento Territorial Comunitario, participación social y uso del suelo: Experiencias en el sureste de México. *Perspectiva Geográfica*, 19(2), 99-118.
- Bárbaro, N. O., Gimelfarb, L.S. , Wolberg, D. E., y Antequera, G. O. (2015). Elementos para el Ordenamiento Territorial y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales: Provincia de La Rioja. La Rioja, Argentina: 10.13140 /RG.2.1.1980.4564
- Caamaño Lamela, L. (2009). Evaluación del crecimiento de clones de *Eucalyptus grandis* en el litoral del Uruguay.
- Cabeza, Á M. (2012). Gestión territorial y desarrollo: hacia una política de desarrollo territorial sostenible en América Latina. UPTC Publicaciones, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Chirici, G., Winter, S., y McRoberts, R. E. (2011). National forest inventories: Contributions to forest biodiversity assessments. Springer Science & Business Media.
- Cordero, J., & Boshier, D. H. (2003). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. OFI-CATIE. Turrialba, Costa Rica,
- Cordero, W. (1989). Aprovechamiento Forestal. Serie de apoyo Académico N.º 8. Cartago, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. 101 p.
- Ciudad de los Niños. (2021). Historia /Misión-Visión. Ciudad de los Niños Dios, Deber, Dignidad. https://www.ciudaddelosninoscr.org/apps/pages/index.jsp?uREC_ID=1098832&type=d&pREC_ID=1382776
- De Camino Velozo, R. (2018). Especies para la reforestación en Costa Rica: formando un activo de alto valor. *Ambientico*, (267), 10-17.
- De la Ossa Lacayo, A. (2013). Cercas vivas y su importancia ambiental en la conservación de avifauna nativa. *Revista Colombiana De Ciencia Animal*, 5(1), 171-193.

- DFM. (2020). Beneficios de las plantaciones forestales comerciales. Forestal Maderero (Desde la semilla hasta el usuario final). <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/beneficios-de-la-plantaciones-forestales-comerciales.html>
- Escalante, E., Guerra, A., Martínez, R., y Piñuela, A. (2011). The multispecies agroforestry system of the DANAC Foundation in tropical dry forest landscapes of Yaracuy, Venezuela (a case study). *Agroforestry as a Tool for Landscape Restoration*. New York, Nova Science Publishers, Inc, , 69-81.
- Falas, J. (2018). Manual de procedimientos para la determinación de bosque acorde a la definición de ley forestal de Costa Rica. San José, Costa Rica:
- FAO. (2000). Estudio de las Perspectivas Mundiales de los Productos Forestales (Christopher Brown ed.). Dirección de Políticas y Planificación Forestales.
- FAO. (2016). Casos ejemplares de manejo forestal sostenible en Chile, Costa Rica, Guatemala y Uruguay. Santiago de Chile, Chile: FAO. <http://www.fao.org/3/i6003s/i6003s.pdf>
- FAO. (2018). El estado de los bosques del mundo: Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Roma, Italia: FAO. <http://www.fao.org/3/I9535ES/i9535es.pdf>
- FAO. (2020). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 – Principales resultados. Roma, Italia: FAO. <https://doi.org/10.4060/ca8753es>
- Fierros González, A. M. (2012). Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales: a 15 años de su creación. CONAFOR, Jalisco, México, 187.
- Figueredo-Fernández, J. L., Barrero-Medel, H., y Vidal-Corona, A. M. (2020). Caracterización de elementos del aprovechamiento maderero de *Pinus maestrensis* Bisse en " El Franco", Guisa. *Revista Cubana De Ciencias Forestales*, 8(2), 204-219.

- FONAFIFO. (2021). Cantidad de contratos PSA en la Actividad de Proyección de Bosque ubicados en fincas en Posesión (2010-2020). San José, Costa Rica: <https://www.fonafifo.go.cr/es/servicios/estadisticas-de-psa/>
- FONAFIFO. (2021). FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal). (MINAE, Editor, & Píxel, Productor) Obtenido de Actividades y Sub-Actividades para el Pago por Servicios Ambientales: <https://www.fonafifo.go.cr/es/servicios/actividades-y-sub-actividades/>
- García, S. A., R. Narváez, J. M. Olivas y J. Hernández. 2019. Diversidad y estructura vertical del bosque de pino-encino en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 10(53):42-63. Doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.173>
- Geilfus, F. (1994). El árbol al servicio del agricultor: Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Enda-caribe.
- Gómez-Orea, D., y Gómez-Villarino, A. (2013). Ordenamiento Territorial (3rd ed.). Mundi-Prensa.
- Gómez-Orea, y Domingo. (2003). La ordenación territorial: carácter, alcance y contenido. Madrid, España: <https://core.ac.uk/download/55526614.pdf>
- González-Aragón, E. (2014). Ordenamiento Territorial comunitario para el aprovechamiento hidrológico en colonia Cusihiuriachi. <http://hdl.handle.net/20.500.11961/1755>
- Graciano-Ávila, G., E. Alanís-Rodríguez, O. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle, E. J. Treviño-Garza y A. Mora-Olivo. 2017. Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. Madera y Bosques 23(3):137-146. Doi: <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331480>.
- Guariguata, M. R., Arce, J., Ammour, T., y Capella, J. L. (2017). Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro. Perú: Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR). <https://doi.org/10.17528/cifor/006461>

- Harvey, C. A., Villanueva, C., Villacís, J., Chacón, M., Muñoz, D., López, M., Ibrahim, M., Gómez, R., Taylor, R., y Martínez, J. (2005). Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 111(1-4), 200-230.
- Holdridge, L. 1967. *Life Zone Ecology*. Centro Científico Tropical (CCT). San José, Costa Rica. 206 p.
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). (2017). Ciprés común *Cupressus lusitanica* Miller. Guatemala: Edwin Enrique Cano Morales. https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2802/Technical/CIPRES.pdf
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). (2019). Paquete Tecnológico Forestal para Cedro *Cedrela odorata* L. Guatemala: <https://www.inab.gob.gt/images/publicaciones/PTF%20CEDRO.pdf>
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). (2020). Paquete Tecnológico Forestal para Ciprés común, *Cupressus lusitanica* Mill. Guatemala: <http://portal.inab.gob.gt/images/publicaciones/PTF%20CIPRES%20COMUN.pdf>
- Guatemala, Departamento de Investigación Forestal. 87p. (Serie técnica DT-029-2019).
- ITTO. (2015). *Voluntary guidelines for the sustainable management of natural tropical forests*. Yokohama, Japan.
- Kometter, R. (2006). *Plan General de Manejo Forestal*. San Martín; Perú: COPEFOR S.A. https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Kometter/publication/326558095_PLAN_GENERAL_DE_MANEJO_FORESTAL_DE_LA_CONCESION_DE_LA_COMPANIA_PERUANA_FORESTAL_SA/links/5b55fbc1a6fdcc8da_e3fa889/PLAN-GENERAL-DE-MANEJO-FORESTAL-DE-LA-CONCESION-DE-LA-COMPANIA-PERUANA-FORESTAL-SA.pdf
- Ley No 7575 (1996). *Ley Forestal*. La Gaceta N° 72, Alcance 21. De 16 de abril de 1996. San José Costa Rica. Asamblea Legislativa. No. 7575.

- Louman, B., y Pereira Jr., R. (2001). Aprovechamiento y manejo del bosque en el área demostrativa “finca Cauaxi” de la Fundación Forestal Tropical (FFT). *Manejo Forestal Tropical*, 20(8)
- MacDicken, K. G., Sola, P., Hal, J. E., Sabogal, C., Tadoum, M., y de Wasseige, C. (2015). Global progress toward sustainable forest management. *Forest Ecology and Management*, 352, 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.005>
- Manual de procedimientos para el Programa de Pago por Servicios Ambientales (2020) de 14 de abril. La Gaceta N° 80, Alcance N°87. Uruca, San José, Costa Rica. pp. 92. FONAFIFO, Ministerio de Ambiente y Energía. Imprenta Nacional de Costa Rica.
- Manual para la Clasificación de Tierras Dedicadas a la Conservación de los Recursos Naturales Dentro de la Zona Marítimo Terrestre en Costa Rica (2010) del 24 de abril. La Gaceta N° 78. Decreto Ejecutivo N° 35869-MINAET. San José, Costa Rica: Ministerio de Ambiente y Energía. Obtenido de <https://www.snitcr.go.cr/pdfs/leyes/DE-36786-MINAET.pdf>
- Merino-Castillo, J. P. (2011). Estudio Económico de dos formas de aprovechamiento forestal del pigue (*Pollalesta discolor*) en el cantón Mera, provincia de Pastaza <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/749>
- Meza-Montoya, A. (2014). Aprovechamiento de Plantaciones Forestales. Libro de Texto/ Curso de aprovechamiento, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Cartago.
- Meza-Montoya, A., Alvarado-Rojas, W., Canessa-Mora, R., Muñoz-Acosta, F., Moya-Roque, R., Pizarro-Barrantes, C., Alfaro-Quirós, O., Campos, L. F., Rey, A., y Sáenz, M. (2010). Fortalecimiento del Sistema de Producción Agrosilvopastoril de la Ciudad de los Niños.
- Meza-Montoya, A., y Solano, R. (2004). Efecto de la capacitación técnica en los costos de las operaciones de aprovechamiento forestal de plantaciones. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 1(3), pág. 36-46.

- Meza-Montoya, A., y Villalobos-Barquero, V. (2020). Fortalecimiento del uso de técnicas apropiadas en el aprovechamiento forestal de plantaciones en la Región Huetar Caribe. *Investiga. TEC*, (38)
- Molina-Chacón, A. I. (2019). Propuesta de guía didáctica con estrategias pedagógicas para fortalecer las competencias de empleabilidad en los estudiantes con necesidades educativas especiales (NEE) del Colegio Técnico Profesional (CTP) San Agustín, Ciudad de los Niños de Cartago.
- Mollocondo-Turpo, M. N., y Aguilar-Atamari, L. E. (2019). Estimación de la captura de CO₂ en plantaciones forestales de *Polylepis* sp, *Cupressus* sp y *Eucalyptus globulus*, para mitigar el cambio climático en el Centro de Producción San Juan de Potojani–Puno, 2018.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., y Eibi, B. (2015). *Sistemas Agroforestales Funciones Productivas, socioeconómicas y ambientales*. Turrialba, Costa Rica: Fundación CIPAV, Cali, Colombia/CATIE.
- Moya-Roque, R., Muñoz-Acosta, F., Salas-Garita, C., Berrocal-Jiménez, A., Leandro-Zúñiga, L., y Esquivel-Segura, E. (2010). Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 7(18-19), pág. 1-208.
- Moya-Roque, R., y Tenorio-Monge, C. (2013). Características de combustibilidad de diez especies de plantaciones de rápido crecimiento en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 10(24), pág. 26-33.
- Muñoz, F. (2006). Sistemas de medición utilizados en Costa Rica para calcular volumen de madera en troza y aserrada. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 3(7), 82-85.
- Murillo-Gamboa, O. (1991). Metodología para el control de calidad en plantaciones forestales. *Tecnología En Marcha*, 11(1), 19-30.
- Murillo-Gamboa, O., Badilla-Valverde, Y., Rojas-Parajeles, F., Torres-Córdoba, G., Carvajal-Venegas, D., y Canessa-Mora, R. (2015). Cultivo de especies maderables nativas de alto valor para pequeños y medianos productores.

- Murillo-Gamboa, O., Badilla-Valverde, Y., Villalobos-Araya, M., y Rojas-Parajeles, F. (2013). Optimización de la tecnología de propagación vegetativa *in vivo* y plantación de teca y pilón.
- Murillo, O., Valejos, J., Badilla, Y., Guzmán, N., Lujan, R., y González, E. (2016). Effective monthly growth in teak plantation (*Tectona grandis*) in Costa Rica. *Nativa: Pesquisas Agrárias E Ambientais*, 4(2), 87-90.
- Murillo, O; Paniagua, W; Badilla, Y; Rojas, A; Arce, J; Corea, E. 2013. Modelo silvopastoril orientado a la reducción de la huella de carbono y al aumento de la productividad económica. Cartago, Costa Rica, Proyecto interuniversitario CONARE.
- Negri, L. A. B., Rojas, A., Iraheta, A., & Cárdenas, J. (2021). Análisis del componente arbóreo y su contribución a los servicios ecosistémicos en la ciudad de Turrialba, Costa Rica. *Ecosistemas*, 30(2), 2083pp.
- Novo, A. (2009). Generalidades sobre los aprovechamientos forestales. Universidad de Vigo. Pontevedra, España.: Novo, A.
- Oficina Nacional Forestal. (2021). Cuadros de precios de madera I semestre 2018, 2019,2020, 2021. Obtenido: <https://onfcr.org/cuadro-de-precios>
- Oliveira, Y. y Oliveira, E. B. (2017). Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. Embrapa Florestas-Livro Científico (ALICE).
- Orozco, L., y Brumer, C. (2002). Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Ortega Montenegro, H. (2007). Estudio del ataque de Gretchena Garai Miller en Nogal (*Juglans Neotropica* Diels) en plantación sola y asociada con cuatro especies forestales en dos sitios (Bachelor's thesis). Ibarra, Ecuador: Escuela de Ingeniería Forestal.

- Ortiz Malavasi, E. (2014). AtlasDigital de Costa Rica 2014 [computer software]. Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago Costa Rica.
- Pereira, M. E., Canzi, L. F., Rufino, R. F., & Santos, G. (2010). Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no município de Rio Verde–GO. *Enciclopedia Biosfera*, 6(11)
- Pérez Flores, D. A. (2018). Determinación del factor de forma de la especie *Eucalyptus saligna* (Eucalipto) en una plantación forestal comercial del sector Tambillo Bajo, cantón Colta, provincia de Chimborazo .Universidad Nacional Agraria.
- Registro de Plantación Forestal en Zona de Protección, Folios 6, Sede Regional Vales de San Nicolás Cong. (2017). Obtenido: https://www.cornare.gov.co/boletin_oficial/2017/febrero/res/131-0103-2017.pdf
- Rojas Rodríguez, F., Cannesa Mora, R., y Ramírez Rojas, J. (2004). Incorporación de árboles y arbustos en los cafetales del Vale Central (1st ed.). ICAFE/ITCR.
- Rojas-Rodríguez, F., y Torres-Córdoba, G. (2015). Árboles del Vale Central de Costa Rica: reproducción Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.). *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 12(28), 46-48.
- Ruiz-Benito, P., y García-Valdés, R. (2016). Inventarios forestales para el estudio de patrones y procesos en Ecología. *Ecosistemas*, 25(3), 1-5.
- Russo, R. (2017). Los Sistemas Silvopastoriles en el Pacífico Costarricense y la Mitigación al Cambio Climático. Universidad de Costa Rica, VIII Jornada de Investigación sobre el Pacífico Costarricense. Puntarenas, Costa Rica: Russo, Ricardo . Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56013571/2017-08-SSP_en_el_Pacifico_Costarricense.pdf?1520627401=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLos_Sistemas_Silvopastoriles_en_el_Pacif.pdf&Expires=1631517239&Signature=USI~4eGhSIGMFA9RXmUB29qc-Qy

- Salas-Garita, C., y Jones-Román, G. (2019). Manejo forestal sostenible del bosque y monitoreo ecológico en dos bosques muy húmedos tropicales de Zona Norte de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 16(39), 10-22.
- Salazar-Quesada, K. (2018). Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua de consumo de Ciudad de los Niños y elaboración de una propuesta de diseño.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (2013). Reporte estadístico forestal 2013. San José, Costa Rica: SIREFOR (Sistema de información de los recursos naturales)
- Solano, J. R., Moreno, V. S. G., Calderón, O. A. A., & García, S. A. G. (2022). Caracterización estructural y carbono almacenado en un bosque templado frío censado en el noroeste de México. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 13(70)
- Tenorio, C., Moya, R., Sáenz, M., Navarro, A., Carranza, M., y Paniagua, V. (2017). Diseño, resistencia, tablas de diseño, propuesta de empaque y manuales de uso de cerchas construidas con madera de *Gmelina arborea* e *Hieronyma alchorneoides* de plantaciones forestales en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 14(35), 55-67.
- Toro Vanegas, E., & Roldán Rojas, I. C. (2018). Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. *Madera Y Bosques*, 24(1)
- Tiznado-Granzotto, R. (2022). Caracterización estructural de un bosque pantanoso sin intervención antrópica en la comuna de Pitrufquén, Chile. *Revista Latinoamericana De Difusión Científica*, 4(6), 39-52.
- Valdivia-Espinoza, L. A. (2020). Sustentabilidad de las concesiones forestales en el Departamento Huánuco, Perú.
- Vílchez, L. O. (2004). Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. CATIE.

- Vílchez, L. O., y Quirós, D. (2006). Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales. CATIE
- Villalobos-Barquero, V., Meza-Montoya, A., y Navarro-Cordero, A. (2019). Sistema de arrastre de madera para plantaciones forestales combinando búfalos de agua (*Bubalus bubalis* Simpson, 1945) con tractor agrícola. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 16(39), 53-60.
- Villalobos-Barquero, V. (2014). Sistema tecnológico de aprovechamiento en plantaciones forestales de acacia (*Acacia mangium*). San Carlos, Alajuela, Costa Rica.
- Villalobos-Barquero, V., y Meza-Montoya, A. (2019). Impacto en la densidad aparente del suelo provocado por el tránsito de búfalos (*Bubalus bubalis*) en arrastre de madera. Revista De Ciencias Ambientales, 53(2), 147-155.
- Yalico Loayza, A. (2012). Determinación del coeficiente de rendimiento de las especies eucalipto (*Eucalyptus saligna* Smith) y nogal (*Juglans neotropica* Diels) en la región Pas Perú.

9 Anexos

Anexo 1. Análisis de suelo realizado por el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), Universidad de Costa Rica (UCR).



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

CIA Centro de
Investigaciones
Agronómicas

CIUDAD DE LA INVESTIGACIÓN
LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES
REPORTE DE ENSAYO
RE-R01 (V3)

Nº DE REPORTE: 81485
USUARIO: CIUDAD DE LOS NIÑOS

RESPONSABLE: FEDERICO CONEJO MORALES
CORREO: cdn.conta@ciudaddelosninoscra.org, federico.conejo@ciudaddelosninoscra.org
TELÉFONO: 2552-9600, 8338-4867

PROVINCIA: CARTAGO

CANTÓN: CARTAGO

LOCALIDAD: AGUACALIENTE O SAN FRANCISCO

CULTIVO: SIN CULTIVO

ANÁLISIS: QC,CN
FECHA RECEPCIÓN: 02/05/2022
EMISIÓN DE REPORTE: 11/05/2022
Nº DE MUESTRAS TOTAL: 6
PÁGINA: 1/2

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS													
Solución Extractora:		pH	cmol(+)/L					%	mg/L				
KCI-Olsen Modificado		H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn
ID USUARIO	ID LAB	5,5	0,5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5
LECHERIA 0-20 cm	S-22-03535	5,7	0,14	10,69	3,56	0,39	14,78	0,9	20	7,3	8	323	66
LECHERIA - 20-40 cm	S-22-03536	5,7	0,12	10,57	3,25	0,39	14,33	0,8	16	6,0	8	319	85
REFORESTACION 2022 - 0-20 cm	S-22-03537	5,3	0,94	8,20	3,15	0,42	12,71	7	1	1,8	5	319	52
REFORESTACION 2022- 20-40 cm	S-22-03538	5,6	0,14	8,62	0,71	0,12	9,59	2	1	1,1	3	212	7
LOTE GUAYABA - 0-20 cm	S-22-03539	5,5	0,13	9,80	0,86	0,14	10,93	1	1	1,2	4	197	7
LOTE GUAYABA - 20-40 cm	S-22-03540	5,1	1,54	6,79	2,82	0,35	11,50	13	1	1,4	5	336	47

-----ÚLTIMA LÍNEA-----

Los valores debajo de cada elemento corresponden con los Niveles Críticos generales para la solución extractora usada

CICE=Capacidad de intercambio de Cationes Efectiva=Acidez+Ca+Mg+K

SA=Porcentaje de Saturación de Acidez=(Acidez/CICE)*100



B.Q. Marianela Blanco M.

N.I. 2468



Ing. Agr. Michael González A.

N.I. 7827

1. Las unidades están expresadas en base seca, en masa/v. 2. Procedimiento: pH y CE en agua 10:25; Acidez, Al, Ca y Mg con KCl 1M 1:10; P,K,Zn,Fe,Mn y Cu con Olsen Modificado pH 8,5 (NaHCO₃ 0,5 N, EDTA 0.01M, Superfloc 127) 1:10; B y S con Ca(H₂PO₄)₂·H₂O 0,008M 10:25. Acidez determinada por valoración con NaOH y Al con HCl; P y S por Colorimetría con el Analizador de Inyección de Flujo (FIA) y el resto de los elementos por Espectrofotometría de Absorción Atómica. C y N totales por combustión seca en Autoanalizador. 3. El muestreo es responsabilidad del usuario. 4. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas. 5. El tiempo de custodia de las muestras es de 45 días a partir del ingreso de la muestra. 6. El Reporte de Ensayo con validez es el original firmado y sellado que se imprime a solicitud expresa del usuario;



**UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA**

CIA Centro de
Investigaciones
Agronómicas

**CIUDAD DE LA INVESTIGACIÓN
LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES**

REPORTE DE ENSAYO

RE-R01 (V3)

Nº DE REPORTE:
USUARIO:

81485
CIUDAD DE LOS NIÑOS

RESPONSABLE:
CORREO

FEDERICO CONEJO MORALES
cdn.conta@ciudaddelosninoscr.org, federico.conejo@ciudaddelosninoscr.org

TELÉFONO: 2552-9600, 8338-4867

PROVINCIA: CARTAGO
CANTÓN: CARTAGO
LOCALIDAD AGUACALIENTE O SAN FRANCISCO
CULTIVO: SIN CULTIVO

ANÁLISIS: QC,CN
FECHA RECEPCIÓN: 02/05/2022
EMISIÓN DE REPORTE: 11/05/2022
Nº DE MUESTRAS TOTAL: 6
PÁGINA: 2/2

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS					
ID USUARIO	ID LAB	mS/cm	%		Relación
		CE	C	N	C/N
		1,5			
LECHERIA 0-20 cm	S-22-03535	0,3	3,93	0,42	9,4
LECHERIA - 20-40 cm	S-22-03536	0,3	3,23	0,34	9,5
REFORESTACION 2022 - 0-20 cm	S-22-03537	0,1	4,48	0,36	12,4
REFORESTACION 2022- 20-40 cm	S-22-03538	0,2	3,05	0,29	10,5
LOTE GUAYABA - 0-20 cm	S-22-03539	0,2	3,33	0,31	10,7
LOTE GUAYABA - 20-40 cm	S-22-03540	0,1	3,97	0,33	12,0

-----ÚLTIMA LÍNEA-----

OBSERVACIÓN: El % C y N totales se determinaron con el Autoanizador de C/N por combustión seca. Los valores de % C total correlacionan muy bien ($R^2 \geq 0,95$) con el % de MO. Si quiere estimar el valor del % MO a partir del dato de % C total determinado con esta metodología, multiplique el % C total por 1,43.



B.Q. Marianela Blanco M.

N.I. 2468

Gestoría de Calidad



Ing. Agr. Michael González A.

N.I. 7827

Gestoría Técnica

1. El muestreo es responsabilidad del usuario. 2. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas. 3. El tiempo de custodia de las muestras es de 45 días a partir del ingreso de la muestra. 4. El Reporte de Ensayo válido es el original firmado y sellado que se imprime a solicitud expresa del usuario; cuando el usuario solicita el envío del reporte por correo electrónico o fax libera al Laboratorio de resguardar la integridad y confidencialidad de sus resultados.

Anexo 2. Informe de Gira 21 de mayo 2021, curso Establecimiento de Plantaciones.

Proyecto: “Construcción conjunta de un plan de ordenación de los recursos forestales de la Ciudad de los Niños para mejorar los beneficios socioeconómicos de esta comunidad”	Extensionistas que participaron en la gira: ⇒ Gustavo Torres Córdoba
Fecha de salida: 21 de mayo de 2020	Fecha de regreso: 21 de mayo de 2020
Propósito de la gira: Práctica de campo de trazado y estaquillado en un terreno a reforestar	Estudiantes: 11 estudiantes del curso FO2116 de Establecimiento de Plantaciones Forestales, la asistente del proyecto y el asistente del curso.

Detalle de las actividades realizadas:

La gira fue supervisada por los extensionistas Ing Mario Guevara y el Ing Gustavo Torres, profesores del curso “Establecimiento de Plantaciones Forestales” y tuvo como objetivo principal la ejecución de la práctica de campo docente sobre diseño y trazado de un terreno común para el establecimiento de reforestación productiva en la Ciudad de Los Niños. En la actividad también participaron los asistentes Cinthia Monge y Jonathan Aguilar, además del compañero Carlos Hernández.

Los estudiantes del curso se encargaron de ejecutar las actividades de trazado y estaquillado, las cuales consisten en seleccionar un punto central o línea madre en el sentido Este-Oeste en el punto de mejor visibilidad del terreno, posteriormente, se distribuyen, hacia el sentido sur, una serie de líneas paralelas con distanciamiento de 4 x 4 metros con la ayuda de balizas y cuerdas. En cada punto se colocó una estaca (de bambú) que corresponderá a cada árbol a ser plantado. Completado el sector sur, se continuó en el sentido norte de la línea madre hasta lograr abarcar tres cuartas partes (aproximadamente) de todo el terreno disponible a reforestar. Entre todos los asistentes se formaron dos cuadrillas de trabajo compuestas por siete y ocho personas respectivamente. La actividad inició a las 8 am y finalizó a las 4:30 pm.

Esta gira se realizó siguiendo todos los protocolos de salud, distanciamiento social y prevención ante la pandemia del COVID-19, establecidos por nuestra institución y por la Ciudad de los Niños.

Productos:

- ✓ Trazado y estaquillado de aproximadamente tres cuartas partes del terreno total a ser reforestado con las especies cedro dulce (*Cedrela tonduzii*) y nogal (*Juglans neotropica*).
- ✓ El alumnado aprendió y puso en práctica el método de trazado y estaquillado, por medio

de balizas y cuerda, en un terreno a ser reforestado.

- ✓ El alumnado conoció y puso en práctica el sistema organizativo de trabajo de campo para este tipo de labor silvicultural.

A 1. Lista de asistencia

Apellidos	Nombre
ABARCA LEANDRO	RODOLFO ANDRES
ARIAS LEANDRO	EMMANUEL
BARBOZA ARIAS	ROLANDO ALEXANDRO
ESQUIVEL PRADO	KISHA NOELY
FUENTES LEON	ANA PAULA
GARCIA VALENCIANO	BEATRIZ
GARCIA VIQUEZ	MARIA FERNANDA
MATA ROJAS	SAUL DANIEL
MONGE VARGAS	GABRIELA
UREÑA CHAVES	JAVIER DARIO

Estudiantes asistentes:

Apellidos	Nombre
MONGE GUZMÁN	CINTHIA JIMENA
AGUILAR LEIVA	JONATHAN JESÚS

Evidencia de las actividades realizadas





Anexo 3. Informe de Gira 8 de junio 2021, curso Establecimiento de Plantaciones.

<p>Proyecto: “Construcción conjunta de un plan de ordenación de los recursos forestales de la Ciudad de los Niños para mejorar los beneficios socioeconómicos de esta comunidad”</p>	<p>Extensionistas que participaron en la gira: ⇒ Gustavo Torres Córdoba</p>
<p>Fecha de salida: 8 de junio de 2021</p>	<p>Fecha de regreso: 8 de junio de 2021</p>
<p>Propósito de la gira: Práctica de hoyado y siembra de árboles</p>	<p>Estudiantes: Estudiantes del grupo I del curso de Laboratorio de Introducción a la Ingeniería Forestal y estudiantes del Colegio Técnico Profesional Agustiniano</p>

Detalle de las actividades realizadas:

La gira fue supervisada por el extensionista del proyecto Ing Gustavo Torres, y contó con el apoyo de los profesores del curso “Introducción a la Ingeniería Forestal”: María Rodríguez Solís y Edwin Esquivel Segura, Además nos acompañó el profesor Leonardo Gómez quien imparte lecciones en la especialidad de Agropecuaria en el Colegio Técnico Profesional Agustiniano, ubicado en la Ciudad de los Niños. El objetivo principal de la gira fue finalizar el hoyado del terreno y continuar con la siembra de los árboles maderables en este sitio.

En esta oportunidad se contó con el apoyo de 19 estudiantes del curso de “Laboratorio de Introducción a la Ingeniería Forestal”, el Profesor Leonardo Gómez Fernández y 14 estudiantes de la especialidad de Agropecuaria del Colegio Técnico Profesional Agustiniano. Al tratarse éstos últimos de estudiantes de la especialidad de agropecuaria y al no tener conocimiento en actividades relacionadas al sector forestal, los extensionistas han realizado una gran labor de capacitación a estudiantes que van desde primer año (séptimo nivel), hasta cuarto año (especialidad). Estos estudiantes han colaborado activamente en el ordenamiento de los recursos

forestales que el proyecto está realizando en la Ciudad de los Niños, y han sido capacitados para continuar con las labores forestales una vez que el proyecto finalice, lo mismo que los profesores encargados de estos muchachos. Por su parte, los estudiantes de la escuela de Ingeniería Forestal del TEC, han podido poner en práctica los conocimientos técnicos adquiridos a lo largo del primer semestre de clases.

Las actividades ejecutadas por ambos grupos de estudiantes se describen a continuación:

- Se organizó el trabajo de campo a realizar y se hizo una demostración de la forma correcta de plantar árboles y de realizar el hoyado con palín y hoyadora mecánica.
- Se distribuyeron los árboles en el terreno, garantizando un árbol en cada punto del trazado.
- Se efectuó la plantación de 75 árboles de Nogal (*Juglans neotropica*), siguiendo la disposición de las filas del trazado establecido en las prácticas anteriores.
- En cada hoyo se aplicó de 25g a 30 g de fertilizante químico granulado (en su fórmula 10-30-10). Se colocó a un lado del árbol plantado la estaca de bambú, usada en el trazado, para identificarlo y para labores posteriores de mantenimiento a cada árbol plantado.
- Se efectuó el hoyado, de forma manual con palín y con hoyadora mecánica en el resto del lote a reforestar. Esta actividad se hizo en conjunto entre los estudiantes del curso de Laboratorio de Ingeniería Forestal (medio grupo), como los de la especialidad de Agropecuaria del Colegio Técnico Profesional Agustiniiano.
- La actividad inició a las 7:30 am y finalizó a las 10:30 am.

Esta gira se realizó siguiendo todos los protocolos de salud, distanciamiento social y prevención ante la pandemia del COVID-19, establecidos por nuestra institución y por la Ciudad de los Niños.

Productos:

- ✓ El alumnado del curso de Laboratorio de Ingeniería Forestal aprendió y puso en práctica los métodos de hoyado, distribución de árboles, fertilización y plantación en el terreno a ser reforestado.
- ✓ El alumnado del Colegio Técnico Profesional Agustiniiano aprendió y puso en práctica el método de hoyado en el terreno a ser reforestado.

A1. Lista de estudiantes del curso de Laboratorio de Introducción a la Ingeniería Forestal y estudiantes de la especialidad de Agropecuaria del Colegio Técnico Profesional Agustiniiano.

Lista de estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal

Carné	Nombre
2021120095	ANGULO CRUZ NATHALY SOFIA

2021062085	BARQUERO MATA JOSSELINE VANESSA
2021120147	BARRANTES BARBOZA KATHERINE SAMANTHA
2021551310	BONILLA FERNANDEZ ARIANNA DE LOS ANGEL
2021010723	CARRERA BEJARANO VIVIENE MITZITI
2021582155	CISNEROS PACHECO MIGUEL ANGEL
2021024482	GONZALEZ SANCHEZ LUIS ALFREDO
2021114907	GUTIERREZ VARGAS JESUS DARIO
2021138201	HERNANDEZ GARCIA ANDRES JAVIER
2021067566	MORALES CORDERO VALERY NOELIA
2021473041	NAJERA MORALES JOSUE
2021123302	ORTIZ ORTIZ BRATSHEL
2021026357	PADILLA CASTRO MELANIE NATALIA
2021075275	ROSALES BARQUERO MARIA PAULA
2021125383	ROSES PEÑARANDA ANDRES JOSUE
2021483631	SALAS MARTINEZ CASANDRA PAOLA
2021012760	SALAS MORA OLGER JORDANY
2021079342	SANCHEZ PEREZ BIANCA NATALIA
2021138246	SERRANO BARRANTES KATERIN TATIANA

Lista de estudiantes del Colegio Técnico Profesional Agustiniano

#	Nombre del estudiante
1	ALFARO HERNÁNDEZ JOSÉ EMANUEL
2	FALAS RAMÍREZ JENNYER LISANDRO
3	GUTIÉRREZ GUTIÉRREZ WILSON
4	HERNÁNDEZ MARÍN YEIKEL FABIÁN
5	JARA VÁSQUEZ ESTIBEN
6	LIRA PORRAS LESTER JOSÉ
7	MEDINA MARÍN KEILOR KENET

8	MOLINA GALAGARZA DORIAN DANIEL
9	MORA UGALDE JORGE MARIO
10	PÉREZ LACAYO ENRIQUE
11	QUIRÓS RODRÍGUEZ YORGO DAVID
12	VALERÍN GÓMEZ AXEL GERARD
13	VALE OBREGÓN ERICK JESÚS
14	VILLAGRA MATARRITA WILMAN

A2. Evidencia de las actividades realizadas





Anexo 4. Informe de Gira 15 de junio 2021, curso Laboratorio de Introducción a la Ingeniería Forestal.

<p>Proyecto: “Construcción conjunta de un plan de ordenación de los recursos forestales de la Ciudad de los Niños para mejorar los beneficios socioeconómicos de esta comunidad”</p>	<p>Extensionistas que participaron en la gira: ⇒ Gustavo Torres Córdoba</p>
<p>Fecha de salida: 15 de junio de 2021</p>	<p>Fecha de regreso: 15 de junio de 2021</p>
<p>Propósito de la gira: Práctica de hoyado y siembra de árboles</p>	<p>Estudiantes: Estudiantes del grupo II del curso de Laboratorio de Introducción a la Ingeniería Forestal</p>

Detalle de las actividades realizadas:

La gira fue supervisada por el extensionista del proyecto Ing Gustavo Torres, y contó con el apoyo de los profesores del curso “Introducción a la Ingeniería Forestal”: María Rodríguez Solís y Edwin Esquivel Segura. El objetivo de la gira fue llevar a cabo la práctica de campo docente sobre hoyado y plantación de un terreno para el establecimiento de reforestación productiva en la Ciudad de Los Niños.

Como parte de las actividades de capacitación que se han llevado a cabo en temas de reforestación, los extensionistas apartaron un lado del terreno seleccionado para reforestaciones productivas, para que el otro grupo de estudiantes del curso de “Laboratorio de Introducción a la Ingeniería Forestal” del TEC pudieran poner en práctica todo lo aprendido a lo largo del primer semestre de clases.

Una vez en el campo, los estudiantes recibieron capacitación acerca de la técnica correcta de establecer plantaciones forestales, lo que incluye: preparación del terreno, manera correcta de realizar el hoyado, fertilización y mejor técnica de siembra. Luego de esto, pudieron ejecutar, por sí mismos, algunas de las actividades que se describen a continuación:

- Hoyado, de forma manual con palín al resto del lote a reforestar.
- Distribución de los árboles en el terreno, garantizando un árbol en cada punto del trazado.
- Plantación de 75 árboles de Nogal (*Juglans neotropica*) siguiendo la disposición de las filas del trazado establecido en prácticas anteriores.
- Aplicación de 25 a 30 grs de fertilizante químico granulado en su fórmula 10-30-10 en cada uno de los hoyos.

Esta gira se realizó siguiendo todos los protocolos de salud, distanciamiento social y prevención ante la pandemia del COVID-19, establecidos por nuestra institución y por la Ciudad de los Niños.

Productos:

- ✓ El alumnado del curso de Laboratorio de Introducción a la Ing. Forestal conoció y puso en práctica el sistema organizativo de trabajo de campo, así como la ejecución del hoyado y plantación forestal con fines comerciales.
- ✓ Se plantó, al final de esta práctica docente, un total de 600 árboles de Nogal (*Juglans neotropica*)

A1. Lista de estudiantes del curso de Laboratorio de Introducción a la Ingeniería Forestal

Carné	Nombre	Carné	Nombre
2021148612	ACUÑA ARAYA FIAMA YULIETH	2021075084	MIRANDA JARQUIN ANDRES
2021544323	ANCHIA JIMENEZ MARIA FERNANDA	2021483787	NUÑEZ BLANCO KEVIN GERARDO
2021008304	BALADARES ESPINOZA HAYZEL NOELIA	2021031131	RAMIREZ VIALES YESLYN ALEXA
2021509910	BARQUERO GONZALEZ EMANUEL FABRICIO	2021579441	RIVERA RAMIREZ MARIANA
2021579440	BRENES PIEDRA KEVIN ALBERTO	2021123319	ROJAS SABORIO KATHERINE SUSANA
2021141269	CAMPOS RIVERA HILLARY DANIELA	2021467441	SANDI VELASQUEZ KRYSLA ARIANA

2021091370	CHACON MUÑOZ ANGEL DAVID	2021071902	SOLANO TORUÑO ANTHONY JOSUE
2020146693	ELIZONDO VARGAS KRISTEL MARIANA	2020034586	VALVERDE ROJAS SEBASTIAN
2021117459	FERNANDEZ HERNANDEZ KEILYN DANIELA	2021023053	VILLEGAS CHAVES MAREYA DE LOS ANGELE
2021156471	JARA HERNANDEZ HILLARY NATASHA	2021141070	VINDAS CHINCHILLA JAIKEL DIONICIO
2021039516	JIMENEZ BRENES SHARON LIZETH	2021437161	MENDEZ VILLEGAS DAYELI
2021086258	MENA QUIROS LAURA		

A2. Evidencia de las actividades realizadas



Anexo 5. Informe de Gira 15 de junio 2021, curso Laboratorio de Introducción a la Ingeniería Forestal.

PROYECTO: Construcción conjunta de un plan de ordenación de los recursos forestales de la Ciudad de los Niños para mejorar los beneficios socioeconómicos de esta comunidad”

PRÁCTICA DE CAMPO DE

HOYADO Y PLANTACIÓN EN UN TERRENO A REFORESTAR

- FECHA:** Martes 15 de junio del 2021
- PARTICIPANTES:** Profesores María Rodríguez Solís , Edwin Esquivel Segura (Profesores del curso Laboratorio de Ingeniería Forestal **(lista adjunta)**).
- OBJETIVO:** Ejecución de práctica de campo docente sobre hoyado y plantación de un terreno para el establecimiento de reforestación productiva en la Ciudad de Los Niños. Cartago.
- ACTIVIDADES:** Se organizó el trabajo de campo a realizar.
- Se hizo una demostración de la forma de plantación de los árboles.
- Se efectuó el hoyado, de forma manual con palín al resto del lote a reforestar.
- Se distribuyeron los árboles en el terreno, garantizando un árbol en cada punto del trazado.
- Se efectuó la plantación de 75 árboles de Nogal (*Juglans neotropica*), siguiendo la disposición de las filas del trazado establecido en prácticas anteriores.
- En cada hoyo se aplicó de 25 a 30 grs de fertilizante químico granulado en su fórmula 10-30-10. Se recolocó a un lado del árbol plantado, la estaca de bambú usada en el trazado, para identificar cada árbol, y para labores posteriores de mantenimiento.
- La actividad inició a la 1:00 pm y finalizó a las 2:30 pm
- PRODUCTOS:** El alumnado del curso de Laboratorio de Introducción a la Ing. Forestal conoció y puso en práctica el sistema organizativo de trabajo de campo, así como la ejecución del hoyado y plantación forestal con fines comerciales.
- Se plantó, al final de esta práctica docente, un total de 600 árboles de Nogal (*Juglans neotropica*)

A1: Lista de estudiantes del curso de Laboratorio de
Introducción a la Ing. Forestal.

Carné	Nombre
2021148612	ACUÑA ARAYA FIAMA YULIETH
2021544323	ANCHIA JIMENEZ MARIA FERNANDA
2021008304	BALADARES ESPINOZA HAYZEL NOELIA
2021509910	BARQUERO GONZALEZ EMANUEL FABRICIO
2021579440	BRENES PIEDRA KEVIN ALBERTO
2021141269	CAMPOS RIVERA HILLARY DANIELA
2021091370	CHACON MUÑOZ ANGEL DAVID
2020146693	ELIZONDO VARGAS KRISTEL MARIANA
2021117459	FERNANDEZ HERNANDEZ KEILYN DANIELA
2021156471	JARA HERNANDEZ HILLARY NATASHA
2021039516	JIMENEZ BRENES SHARON LIZETH
2021086258	MENA QUIROS LAURA
2021437161	MENDEZ VILLEGAS DAYELI
2021075084	MIRANDA JARQUIN ANDRES
2021483787	NUÑEZ BLANCO KEVIN GERARDO
2021031131	RAMIREZ VIALES YESLYN ALEXA
2021579441	RIVERA RAMIREZ MARIANA
2021123319	ROJAS SABORIO KATHERINE SUSANA
2021467441	SANDI VELASQUEZ KRYSLA ARIANA
2021071902	SOLANO TORUÑO ANTHONY JOSUE
2020034586	VALVERDE ROJAS SEBASTIAN
2021023053	VILLEGAS CHAVES MAREYA DE LOS ANGELE
2021141070	VINDAS CHINCHILLA JAIKEL DIONICIO

Anexo 6. Informe de Gira 16 de junio 2021, capacitación de estudiantes del Colegio Técnico Profesional Agustiniiano, Ciudad de los Niños.

Proyecto: “Construcción conjunta de un plan de ordenación de los recursos forestales de la Ciudad de los Niños para mejorar los beneficios socioeconómicos de esta comunidad”	Extensionistas que participaron en la gira: ⇒ Gustavo Torres Córdoba
Fecha de salida: 16 de junio de 2021	Fecha de regreso: 16 de junio de 2021
Propósito de la gira: Actividades de capacitación en temas relacionados con la siembra de árboles.	Estudiantes: Estudiantes del Colegio Técnico Profesional Agustiniiano, Ciudad de los Niños Sergio González, EIFO

La gira fue supervisada por los extensionistas Ing Gustavo Torres e Ing Verónica Villalobos, y contó con el apoyo de los compañeros Carlos Hernández, Carlos Ballestero y Juan Quirós (funcionarios de la EIFO) y del profesor Leonardo Gómez y 16 estudiantes de séptimo año del Colegio Técnico Profesional Agustiniiano. El objetivo principal de la gira fue realizar el diseño, trazado, hoyado e iniciar con la siembra de un terreno seleccionado para el establecimiento de árboles frutales.

Como parte del ordenamiento de los recursos forestales de esta comunidad, en conjunto extensionistas del TEC con las autoridades de la Ciudad de los Niños, habían seleccionado, en una etapa previa, algunos terrenos con características especiales para ser reforestados, tanto con árboles maderables como con árboles frutales. En esta ocasión se inició con el establecimiento de los árboles de guayaba, fruta con la que los estudiantes de la especialidad de agroindustria podrán hacer sus prácticas en un futuro.

Las actividades de trazado, hoyado y siembra de árboles fueron realizadas con la ayuda de 16 estudiantes de séptimo año del Colegio Técnico Profesional Agustiniiano, quienes tuvieron la oportunidad de aprender sobre las técnicas empleadas a la hora de establecer plantaciones o huertos frutales. Los estudiantes fueron capacitados en temas relacionados al hoyado del terreno, fertilización, importancia de la preparación del terreno y siembra de árboles.

Esta gira se realizó siguiendo todos los protocolos de salud, distanciamiento social y prevención ante la pandemia del COVID-19, establecidos por nuestra institución y por la Ciudad de los Niños.

Productos:

- ✓ El alumnado de séptimo año del Colegio Técnico Profesional Agustiniano aprendió y puso en práctica el método de hoyado en el terreno a ser plantado.
- ✓ Trazado, bajo el diseño de tresbolillo, del total del terreno a plantar
- ✓ Hoyado de 2/3 del terreno a plantar.
- ✓ Plantación de 2/3 del terreno a razón de 260 árboles establecidos de guayaba (*Psidium guajaba*).

A1. Lista de estudiantes de séptimo año del Colegio Técnico Profesional Agustiniano.

Lista de estudiantes del Colegio Técnico Profesional Agustiniano

#	Nombre Estudiante
1	BLANDÓN OCHOA CARLOS ELIAM
2	BONILLA HURTADO ALEXANDER
3	DURÁN UGALDE BRAYAN MANUEL
4	ESTRADA CARVAJAL ALONSO
5	FAJARDO CRUZ JOSHUA ALONSO
6	GALEANO SUÁREZ ANTHONY
7	LEAL GODÍNEZ AXEL ANNGEIL
8	LEDEZMA NÚÑEZ EDUARDO
9	LIRA OCAMPO JEAN CARLO
10	LÓPEZ QUESADA MANUEL ALEJANDRO
11	MESÉN ALEMÁN ALEJANDRO
12	MIRANDA ARTOLA TAYLOR
13	RIVERA OBANDO JIMMY ALEJANDRO
14	SÁNCHEZ ALVARADO KERVIN ALEXANDER
15	VADO DUARTE FABRICIO ANDRÉS
16	VADO DUARTE MAURICIO ADRIÁN

A2. Evidencia de las actividades



Anexo 7. Informe técnico 25 de marzo 2021, capacitación de estudiantes de Ingeniería Forestal sobre la ejecución de las podas como actividad de mantenimiento forestal, Ciudad de los Niños.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

Proyecto de extensión: “Construcción conjunta de un plan de ordenación de los recursos forestales de la Ciudad de los Niños para mejorar los beneficios socioeconómicos de esta comunidad”

Día de campo: Capacitación y ejecución de poda forestal en árboles de ciprés (*Cupressus lusitanica*) en la Ciudad de Los Niños.

Fecha 25 de marzo de 2022.

Resumen

El día viernes 25 de marzo se llevó a cabo la poda de los árboles de ciprés (*Cupressus lusitanica*) ubicados al costado norte de la plantación de cedro dulce (*Cedrela tonduzii*) recién establecida. A la actividad asistieron estudiantes de primer y segundo año de la carrera de Ingeniería Forestal del TEC y los extensionistas del proyecto. También asistió Fray Jesús María Ramos, Director de la Ciudad de los Niños.

La actividad se desarrolló en dos etapas: la primera fue una charla sobre la importancia de realizar esta actividad silvicultural y la segunda fue la ejecución de la poda.

Temas del día de campo:

a. Importancia de ejecutar las actividades de manejo y mantenimiento: el caso de la poda

La charla estuvo a cargo del estudiante Sergio González quien actualmente se encuentra desarrollando su trabajo final de graduación (TFG) en la Ciudad de los Niños. Explicó la importancia del manejo silvicultural, las ventajas y desventajas de la ejecución (o no) de esta actividad, las técnicas correctas y las herramientas utilizadas para podar los árboles.

Por otra parte, se detalla sobre la diferencia en la calidad de la madera que ha sido manejada silviculturalmente y la diferencia entre los precios en el mercado de maderas con o sin defectos como los producidos por los nudos de las ramas. Esta sección de la actividad estuvo a cargo por el extensionista Gustavo Torres quien amplió la explicación de los temas mencionados.

Se aclararon dudas por parte de los estudiantes y de Fray Jesús respecto al manejo silvicultural de las plantaciones forestales.

Finalmente, se entregó un desplegable con información sobre la poda como una importante operación silvicultural.

b. Ejecución de la poda

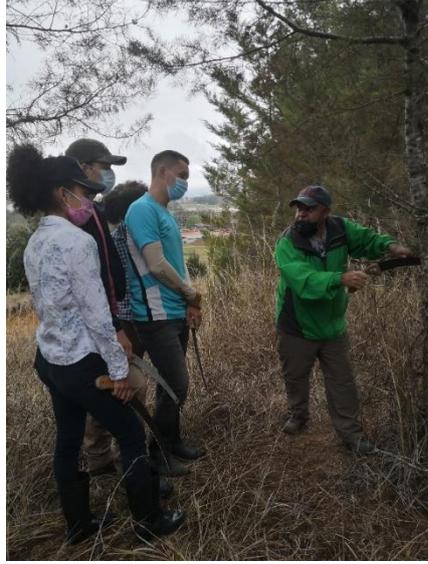
Posterior a la charla, se llevó a cabo la ejecución de la poda en el rodal de ciprés. Cada participante contó con un serrucho manual conocido como “rabo de zorro” el cual es la herramienta de trabajo más común utilizada para esta actividad. Se inició desde la parte superior de la plantación y se fueron podando uno a uno los árboles ubicados dentro del rodal. Los participantes tuvieron la oportunidad de utilizar la podadora mecánica de extensión para alcanzar las ramas más gruesas y altas de cada árbol, logrando una poda adecuada según la altura de los individuos.

Al final de la actividad se brindó un refrigerio en el que se hizo una reflexión sobre el día de trabajo, se aclararon dudas y los participantes pudieron compartir sus puntos de vista y su experiencia en la actividad.

La actividad se realizó siguiendo todos los protocolos de salud, distanciamiento social y prevención ante la pandemia del COVID-19, establecidos por nuestra institución y por la Ciudad de los Niños.

c. A1. Evidencia de imágenes de las actividades realizadas





Anexo 8. Manual de Inventarios Forestales facilitado a los principales autores encargados de los recursos forestales dentro de la Ciudad de los Niños.

Manual de componentes, conceptos y tipos de inventarios forestales.

**Sergio Gonzalez Arroyo.
Verónica Villalobos Barquero.
Alejandro Meza Montoya.**

Las instrucciones generadas en este instrumento les permitirán a los miembros de la Unidad Productiva de la Ciudad de los Niños establecer y definir el inventario apropiado para lograr medir el recurso forestal correspondiente a los rodales de plantaciones forestales. Para un mayor entendimiento de la metodología a utilizar, se recomienda consultar a Murillo y Camacho (1997): “Metodología para la evaluación de la calidad de las plantaciones forestales recién establecidas” y Murillo O; Badilla Y (2004): “

¿Por qué hacer un inventario forestal?

Su importancia se debe a 3 factores

- a) **Recurso:** Se refiere a la cantidad de madera o árboles que se tiene en una propiedad, pueden ser plantaciones forestales, bosques, árboles en potrero o individuales.
- b) **Información:** Los inventarios permiten conocer la cantidad de madera, cantidad y tamaño de los árboles, para generar información importante en la toma de decisiones, se encarga de brindar información sobre las características de los individuos.
- c) **Decisiones:** Los inventarios permiten capturar información para diseñar y tomar decisiones efectivas para el aprovechamiento de los recursos, por ejemplo, definir la edad corta de bloques de plantaciones, conocer los tiempos productivos, generar tasas de crecimiento, estimar los ingresos futuros, entre otros muchos aspectos.

a. Instrumentos necesarios:

Cinta diamétrica: Se utiliza para medir el diámetro a la altura de pecho (DAP) 1.30 m aproximadamente, su unidad es centímetros, pero para calcular el volumen, este dato debe convertirse a metros.

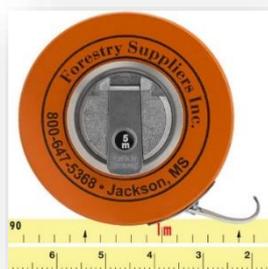


Figura 1. Cinta Métrica. (Fuente: Inversiones Rigüero S.A.)

Cinta Métrica: Se utiliza para la medición de distancias lineales, es decir de un punto a otro, en los inventarios se utiliza para medir el límite o los bordes de las parcelas, en parcelas circulares de 500 m² se utiliza para medir y rectificar la distancia de 12.64 m correspondiente al radio de estas parcelas.



Figura 2. Cinta diamétrica. (Fuente: EPA.)

Hipsómetro: Instrumento utilizado para obtener las alturas totales de los árboles, la altura se obtiene restando el valor que se obtiene al apuntar la base del árbol, contra el valor que se obtiene al medir la copa, la diferencia entre estos dos datos corresponde a la altura del árbol.



Figura 3. Hipsómetro Suunto (Fuente: Mediciones Forestales, 2022)

Clinómetro: Instrumento que se utiliza para medir pendientes y alturas, tiene dos escalas, pero se utiliza la escala ubicada en “derecha” del instrumento para medir las alturas. La altura se obtiene de la diferencia que se obtiene de los porcentajes obtenidos en la base y la copa y se multiplica por la distancia horizontal desde el punto de observación. La ecuación 1 amplifica la formula por utilizar:

$$h = (\% / 100) * D \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

h= altura del árbol.

%= suma o resta de porcentajes de pendiente medidos a base y altura elegida.

D= distancia horizontal del árbol al punto de observación.



Figura 4. Clinómetro Suunto (Fuente: Mediciones Forestales, 2022).

Brújula: Se utiliza para medir direcciones o ángulos horizontales, permiten seguir un rumbo franco y son útiles para levantar parcelas en plantaciones homogéneas, donde se ha planificado montar parcelas a una determinada distancia.



Figura 5. Brújula Suunto (Fuente: GAFMEX, 2020).

GPS: Instrumento muy útil para capturar información sirve para realizar: levantamientos topográficos, levantar carriles o caminos, ubicar árboles o cualquier otro punto importante que amerite localización geográfica, para el caso de inventarios forestales, permite guardar la ubicación de las parcelas, para ver su distribución en un mapa, o sirve para la ubicación y encontrar de una forma más rápida las parcelas en el campo, en caso que se cuenten con parcelas permanentes o remediación de parcelas.



Figura 6. Partes y funcionamiento de un GPS marca GARMIN

Otros materiales de importancia:

Existen otros materiales de importancia como la pintura en aerosol, ya que ayuda a marcar los árboles que pertenecen a la parcela o que ya se han medido; se recomienda el uso de colores como rojo o azul que son más visibles en el campo. Otros materiales de importancia corresponden a : libreta de campo, lápiz, cinta topográfica, y cuchillo o machete.

b. Variables por medir:

Diámetro/d: Corresponde al diámetro medido a la altura de 1.30 metros , se utiliza la cinta métrica y sus unidades son centímetros (cm).

Altura total/h_t: La altura total corresponde a la altura desde la base a la copa del árbol, se mide en metros (m) y se pueden utilizar distintos instrumentos para medirla entre los más comunes están: el hipsómetro, clinómetro y vara telescópica.

Calidad: Es una calificación que se le otorga a las trozas, se consideran trozas de 2.5 m de largo, en muchas ocasiones la cantidad de trozas calificadas es la misma altura comercial del árbol. La calificación va del 1 al 4 donde 1 es la mejor calidad y 4 la peor, para asignar cada calificación de debe utilizar la metodología de Murillo-Gamboa,1991 y Murillo & Camacho,1997 que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Cuadro con metodología para evaluar la calidad de las trozas. (Fuente: Murillo-Gamboa,1991 y Murillo & Camacho,1997)

Calidad	Descripción
1	Troza completamente recta o muy levemente torcida. Ausencia de plagas y enfermedades, heridas, nudos grandes, grano en espiral, rabo de zorro. En especies. La troza de calidad 1 es únicamente aquella que presenta no menos de 25 cm de diámetro con corteza en su cara menor y se presenta absolutamente libre de ramas.
2	Troza con el fuste aceptablemente recto o aserrable, con ramas que se insertan en el fuste en ángulo de 60°. Presencia de ramas gruesas, presencia de muchas ramas y fuste levemente inclinado. En plantaciones maduras, se incluyen en esta categoría también, todas aquellas trozas que no alcanzan un diámetro de 20 cm., (valor relacionado con niveles más altos de productividad y rentabilidad en el procesamiento de la madera).
3	Troza que presenta al menos una de las siguientes características o condiciones que le permiten un aserrío de tan solo un 50% del fuste: torceduras severas, grano o hilo en espiral, árbol muy inclinado, con bifurcaciones, ramas muy gruesas, abundantes o insertando en ángulo de menor de 45°; heridas importantes en el fuste por podas, presencia de ramas viejas, o daños por plagas y enfermedades; con un diámetro sin corteza en su cara menor cercano o ligeramente inferior a los 10 cm.
4	Su utilidad es exclusiva para leña, en postes rollizos o biomasa.

Altura comercial/ h_c : Corresponde a la altura de la base del árbol hasta la altura donde se encuentre una rama gruesa, horqueta o bifurcación, en muchas ocasiones la altura comercial es igual a la cantidad de trozas multiplicado 2.5m del largo de cada una, por la tanto la unidad de medida son metros (m).

Área basal/g: El área basal corresponde a la cantidad de metros cuadrados (m^2) que corresponde a una parcela o bloque completo, para estimar esta variable se utiliza la fórmula matemática del círculo, ver ecuación 2

$$G (m^2) = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{d (cm)}{100}\right)^2 \quad \text{Ecuación 2}$$

d= Diámetro de la troza

Volumen/V: Corresponde al volumen en metros cúbicos (m³) que se puede obtener de un árbol, parcela o bloque, en la mayoría de los casos se utiliza la ecuación 2 multiplicando por la altura comercial mencionada anteriormente y además para obtener un dato más real, se multiplica por un factor de forma (f_r) según la especie que se encuentra en el inventario la ecuación 3 es conocida como la ecuación de Smalian.

$$V (m^3) = \left(\frac{d (cm)}{100}\right)^2 * L * \frac{\pi}{4} * Ff \quad \text{Ecuación 3}$$

V= Volumen de la madera en troza.

D= Diámetro de la troza

L= Largo, en este caso la altura comercial (hc)

Ff: Factor de

A continuación se adjunta el formato de una plantilla de campo para la recolección de datos en la libreta.

Fecha: _____		Nombre Cuadrilla: _____		Calidad de Trozas				Observaciones	
Bloque	Parcela	# árbol	Diámetro (cm)						Altura total (ht)

Figura 7. Plantilla de campo para la recopilación de variables para cualquier tipo de inventario forestal.

c. Tipos de inventarios

El tipo de inventario según el objetivo corresponde a Inventarios para el Manejo de Plantaciones, por lo tanto existen dos tipos de inventarios más usados en estas condiciones y corresponde al Inventario 100% (censo), Muestreo al azar (condiciones homogéneas como plantaciones forestales) y otro método es el de árboles individuales. Para una buena planificación de inventarios forestales se tiene que tomar en cuenta las siguientes variables:

- Objetivos, tipo de cobertura, tiempo, presupuesto, tamaño del área, condiciones topográficas, pendiente, distribución de los individuos.
- Minimizar costos y maximizar precisión.
- Establecer intensidad de muestreo correcta y nivel de confiabilidad
- Calcular el tamaño de la muestra
- Definir tipo de muestreo al azar o sistemático
- Definir procedimiento para ubicar unidades de muestreo.

Censo o inventario al 100%: Corresponde al inventario que mide TODOS los individuos de la plantación o rodal. Este inventario brinda información confiable y segura ya que se tiene

una cantidad exacta de individuos, alturas, diámetros, volumen, entre otras variables. Entre las desventajas que tiene es que se necesita mucho tiempo e implica un gran costo de personal.

Muestreo de árboles individuales: Se utiliza en bloques pequeños, cuando no hay filas ni líneas claras de establecimiento y donde es imposible establecer parcelas rectangulares o circulares. Este tipo de inventario pretende generar datos representativos, es decir, que demuestre realmente lo que hay en el bloque. Con este tipo de muestreo definimos la intensidad de muestreo que queremos y lo dividimos entre 100. El resultado nos indica cada cuanto debemos medir los árboles. Por ejemplo, si quiero una intensidad de muestreo de 4%, divido $100/4 = 25$. Esto quiere decir que mido un 1 árbol cada 25 árboles. La selección del punto de partida debe seleccionarse al azar.

Muestreo al azar: Se utiliza mucho en plantaciones homogéneas ya que es muy eficiente y sencillo, además genera resultados confiables e imparciales. Debe considerarse que con este método hay una pequeña dificultad de localizar los puntos exactos donde montar las parcelas y en algunas ocasiones pueden quedar áreas sin valorar. La forma de seleccionar la ubicación de las parcelas se realiza dividiendo el área de la plantación entre el área que corresponde al tamaño de la parcela, a cada división del terreno se le otorga un número a cada zona y se comienzan a generar números al azar para seleccionar la cantidad de parcelas necesarias en el muestreo.

Para definir el diseño, distribución y tamaño de un inventario se debe considerar:

I) Tamaño de las parcelas:

Antes de establecer las parcelas, se debe definir el tamaño de las parcelas, siempre se tienen que considerar variables como: estratificación del sitio por especie, edad, finca, o cualquier otro aspecto relevante que vaya a afectar el muestreo. El tamaño de parcela más común corresponde a 500 m^2 para las plantaciones forestales. En casos excepcionales y a decisión del encargado se podrá realizar un censo, midiendo todos los árboles individuales que se encuentran en un determinado lote o rodal.

II) Forma de la Parcela:

La forma de la parcela debe seleccionar acorde las condiciones del sitio (tamaño del rodal, distribución de los árboles, topografía, pendiente, entre otros), las formas más comunes son las parcelas rectangulares y circulares. Las parcelas rectangulares casi siempre se realizan a $50 \times 10 \text{ m}$ y las parcelas circulares se utiliza un radio de 12.64 m para obtener un área de la parcela de 500 m^2 , la figura 7 presenta un diagrama de la diferencia entre estas parcelas. Estadísticamente no existen diferencias entre el uso de las parcelas rectangulares y circulares, sin embargo, por un tema de tiempo y costos económicos, en plantaciones, se utiliza más la circular por ser más fácil de establecer.

III) Intensidad de muestreo.

La intensidad de muestreo y el número de parcelas a establecer se determinarán según la figura 8, siguiendo la metodología propuesta por Murillo y Badilla (2004); esto dependerá en gran medida de los estratos definidos en el apartado anterior.

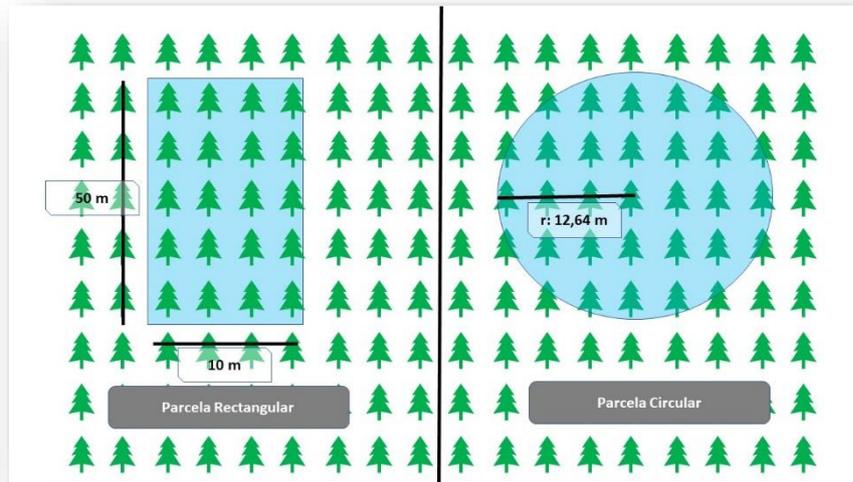


Figura 7. Diagrama para la forma de parcelas circulares y rectangulares.

Tamaño efectivo del estrato o plantación (ha)	Intensidad de muestreo (% del área total)	Número de parcela por ha
1 a 3	2.5	0.62 = 1
3.1 a 6	2	0.5 = 1 cada 2 ha
6.1 a 10	1.5	0.37 = 1 cada 3 ha
10.1 a 20	1	0.25 = 1 cada 4 ha
20.1 a 50	0.75	0.19 = 1 cada 5.5 ha
> 51	0.5	0.12 = 1 cada 8 ha

Fuente: Murillo O, Badilla Y. 2004.

Figura 8 Cuadro con un numero de parcelas según el tamaño de terreno y la intensidad requerida.

Referencias

- Murillo-Gamboa, O. (1991). Metodología para el control de calidad en plantaciones forestales. *Tecnología En Marcha*, 11(1), 19-30.
- Murillo, O., & Badilla, Y. (2004). Calidad y valoración de plantaciones forestales. *Manual. Taler de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica.*
- Murillo, O., & Camacho, P. (1997). Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía Costarricense*, 21(2), 189-206. Disponible en https://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n02_189.pdf

Anexo 9. Informe, capacitación visitas y reuniones con los principales encargados de la Ciudad de los Niños.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

Proyecto de extensión: “Construcción conjunta de un plan de ordenación de los recursos forestales de la Ciudad de los Niños para mejorar los beneficios socioeconómicos de esta comunidad”

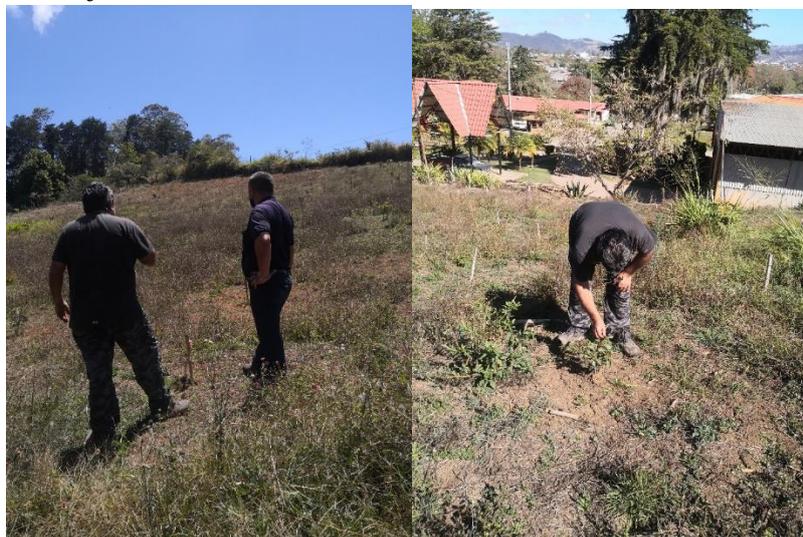
Informe de visita de campo a la CDN.

Fecha 08 de marzo de 2022.

Visita a las áreas reforestadas:

Se realizó un recorrido por las plantaciones establecidas en el año 2021 con el objetivo principal de evaluar su estado actual. Durante el recorrido se observó el estado de los individuos, la presencia de maleza, el estado fitosanitario de los árboles, entre otros. Con base en los resultados de la observación se plantearon las actividades de mantenimiento que las plantaciones requieren para su óptimo crecimiento.

Durante la gira se coordinó el inicio de las actividades de mantenimiento de las plantaciones iniciando por la de guayaba. La primera actividad de mantenimiento que se realizará será la ejecución de las rodajas de manera manual.



Reunión con el Ing Federico Conejo

Los extensionistas mantuvieron una reunión con el Ing a cargo de la finca, Federico Conejo en la que se conversó sobre temas relacionados al manejo y mantenimiento de las plantaciones y próximas actividades a ejecutar. Los acuerdos tomados se muestran en el cuadro 1, así como la institución encargada de su ejecución.

Cuadro 1. Actividades pendientes de ejecutar.

Actividad pendiente	Responsable	
	CDN	ITCR
Solicitar, descargar y compartir datos de la estación meteorológica ubicada en la CDN		X
Mantenimiento de la plantación de guayaba: rodajas		X
Mantenimiento de la plantación de guayaba: podar ápices/partes secas		X
Mantenimiento de la plantación de cedro: rodajas		X
Mantenimiento de la plantación de cedro: Atomizar		X
Mantenimiento de la plantación de nogal: rodajas		X
Ejecutar chapia de Charral (lote ubicado cerca del área de prácticas Apro I)		X
Coordinar la resiembra de las plantaciones establecidas	X	X
Ejecutar diseño y estaquillado en lote de Nogal y cedro		X
Ejecutar diseño y estaquillado en lote que se plantará este año 2022		X
Coordinar riego en la plantación de Guayaba	X	
Tomar muestras de suelo en la plantación de guayaba		X
Coordinar voluntariado para ejecutar podas en Ciprés viejo	X	X
Venta de madera. Nuevo cartel de venta	X	X
Contactar ladrilleras. Nuevo comprador de leña		X
Coordinar prueba cercas vivas	X	X

Anexos



A1