



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Máster en Ingeniería de Montes

Proyecto:

**FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y
EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES
AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON
EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus
deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO
(COSTA RICA).**

Alumno: Víctor López Perales

Tutor: Dr. Felipe Bravo Oviedo

Profesor del departamento: Producción Vegetal y Recursos Forestales,
Universidad de Valladolid (UVA)

Director: Dr. Ronnie de Camino Velozo

Profesor del departamento: Programa de Producción y Conservación de Bosques,
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Junio de 2017

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Dedicatoria

A mis abuelas Angelita y Clara por transmitirme la pasión por el mundo rural y natural.

A mis padres Santiago y Teresa y mi hermano Antonio por el apoyo que me han dado durante todos estos años de estudio.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma han colaborado en la elaboración de este Trabajo Fin de Máster.

A la Universidad de Valladolid y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) que han sido las instituciones que me han permitido realizar este proyecto en Costa Rica.

A la empresa Juan Viñas S.A. por prestar sus parcelas para realizar el estudio, y más especialmente a D. Rolando y D. Oscar Ortiz quienes han facilitado mi trabajo y por los datos aportados para poder realizar el proyecto.

A mi tutor D. Felipe Bravo y D. Ronnie de Camino quienes me han guiado en mi proyecto, así como por la ayuda prestada para diferentes aspectos dentro de mi pasantía en Costa Rica.

A D. Leonel Coto trabajador de CATIE por acompañarme y realizar mi trabajo de campo, así como Mainor trabajador de la empresa de Juan Viñas S.A.

A D. Christian Brenes por su ayuda en los temas cartográficos.

A D. Jean Pierre quien guio y coordino mi proyecto.

A los compañeros del departamento de Programa de Producción y Conservación de Bosques.

A los trabajadores de CATIE por las labores prestadas y su amabilidad.

A Dña. Isabella Quatrochi por la ayuda prestada para conseguir diferente información.

A mis compañeros y amigos que conocí durante mi estancia en el CATIE, con los que compartí vivencias y experiencias inolvidables.

A mi familia y amigos de España, que me visitaron durante mi estancia o me apoyaron desde casa.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

RESUMEN

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

Resumen

En este proyecto se pretende evaluar si el sistema de gestión forestal denominado Forestería de Ingreso Sostenible (FIS) en Costa Rica, aplicado en sistemas agroforestales es rentable, evaluando las prácticas realizadas en dicho sistema y observando los resultados financieros. Con ello se pretende incentivar la inversión de pequeños productores e inversionistas en plantaciones agroforestales que colaboren con los objetivos de autoabastecimiento de madera y carbono neutralidad del país.

Se analizan dos tipos de plantaciones, una primera agrícola de monocultivo de café (*Coffea arabica*) con Poro (*Erythrina poeppigiana*) y una segunda plantación agroforestal de café (*Coffea arabica*) y eucalipto (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*).

En ambas plantaciones se analizan los costos y los ingresos, con el fin de obtener el flujo neto de cada sistema y de esta manera poder realizar comparaciones y sacar las conclusiones de ambas plantaciones.

El trabajo comienza con la reunión con Jean Pierre economista especializado en el sector forestal, quien comenta que realice un estudio bibliográfico a cerca del trabajo que se va a realizar, ya que en Costa Rica apenas hay experiencia relacionada con la producción de madera de eucalipto y solo se centran en las producciones de café.

Una vez realizado el estudio fijé unos objetivos y realice un pequeño resumen de lo que pensaba que sería mi trabajo

Finalmente me reuní con mi tutor y director de proyecto D. Ronnie de Camino Velozo y se definieron los objetivos del proyecto y la forma en la que se debía trabajar para realizar una valoración de los eucaliptos que se encontraban en las parcelas que se pretendían estudiar.

Se concretó una reunión con el dueño de la empresa Juan Viñas S.A. D. Rolando y el encargado de la sección forestal D. Oscar Ortiz, en donde se trataron los diferentes temas y objetivos que queríamos conseguir en el proyecto. Después de dar su aprobación para que se trabajase en sus fincas se eligieron las dos parcelas en las que se realizaría el proyecto compuestas por las dos especies (café y eucalipto) que fueron las parcelas de "Caledonia" con una superficie de 6 ha y la parcela de "Poro de Abajo" con una superficie de 13,38 ha.

Una vez que se tuvo el lugar de trabajo aprobado me reuní con D. Luis Diego encargado del banco de semillas de CATIE, y con D. Leonel Coto operario de CATIE, para hablar sobre cómo debía realizar el muestreo y el porcentaje de la masa total que debía de medir para obtener unos resultados válidos para poder hacer una valoración correcta.

Elabore una hoja para trabajar en el campo en donde se incluían la especie, perímetro total a la altura del pecho, altura total y altura comercial, además del índice de forma. Una vez realizada esa hoja realicé unas prácticas en las plantaciones de CATIE, con D. Luis Diego y D. Leonel Coto en donde aprendí a medir alturas y como realizar la toma de datos con árboles de diferentes especies incluidos eucaliptos.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Viajé para conocer las parcelas en las que iba a trabajar, realice diferentes videos y fotos y reconocí el terreno, ya que son un tipo de plantaciones que no se ven en España ni en Europa, y observe el porte de los eucaliptos plantados hace 23 años que es mucho mayor de los que se encuentran en España con esa edad.

Se concretaron unas fechas de trabajo para ir a realizar las mediciones en las plantaciones con la empresa, la cual ofreció la colaboración de un operario para realizar las mediciones y que nos guiase por las dos fincas. Me reuní con D. Leonel Coto y estuvimos realizando mediciones en esas parcelas alrededor de 2 semanas con la ayuda del operario D. Mainor quien fue realmente útil debido a su conocimiento de las parcelas y de los cultivos que estábamos midiendo.

Con los datos obtenidos pasé las mediciones a formato digital y empecé a redactar el proyecto, justificación del proyecto, en donde se ubica la zona de estudio, las especies con las que se va a trabajar, problemática de las especies, etc.

Busqué información sobre el Pago por Servicios Ambientales, ya que es uno de los factores que se analiza a la hora de realizar el supuesto de una plantación agroforestal, y los requisitos que deben de cumplir las plantaciones para recibir el pago por dichos Servicios Ambientales.

Me reuní de nuevo con D. Oscar Ortiz en la empresa Juan Viñas, para que me facilitase información acerca de los costos que tiene la producción de café y me diese alguna información referida a las parcelas que iban a ser analizadas, y además me proporciono los datos de producción de la finca en la que se encuentran las dos parcelas de estudio y los datos de producción de una parcela con monocultivo de café, para poder realizar el flujo de caja con de una plantación de ese tipo.

Elaboré un modelo selvícola que se adaptase al FIS con las plantaciones agroforestales, en donde se incluían los turnos de corta, los PSA y los modos de manejo de ambas especies tanto agrícola como forestal.

Continué redactando mi proyecto y empecé el análisis económico con la información facilitada por D. Oscar, y a continuación seguí buscando información del costo de implantación del café y el costo de implantación del eucalipto.

Con el costo de implantación del café, el costo anual de una plantación de café incluida la recolección y realizando los cálculos de los beneficios que se obtienen derivados de los datos de producción que me facilito D. Oscar, puedo realizar el flujo de caja de una plantación de café sin eucalipto.

El problema encontrado fue para tasar la madera que habíamos medido en campo, ya que no encontramos tarifas de cubicación para esas especies de eucaliptos, y realice los cálculos con diferentes fórmulas, hasta que tuve una reunión con Eliecer, quien tampoco encontró ninguna tarifa de cubicación para esas especies, y finalmente pudimos realizar la cubicación de esos árboles con el programa "Cubica", un programa que permitía trabajar con la especie *Eucalyptus grandis*. En el programa se debían de meter los valores de DAP y altura total, así como poner unos límites para el diámetro mínimo aprovechable.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Una vez realizada la cubicación y obtenidos todos los volúmenes se realizó una valoración de la madera que se encontraba en las plantaciones, con el precio de mercado actual, dato interesante para la empresa, ya que no realizan aprovechamiento maderero y con el valor obtenido les compensaría hacerlo.

Con los datos anteriores se calculó los m³/ha/año que se producían en las parcelas de café, y siguiendo las restricciones que ponen los Pagos por Servicios Ambientales, se realizó una hipótesis con un determinado número de árboles/ha que cumplieren esas restricciones y que fuesen compatibles con una plantación de café. Se calcularon los ingresos que se obtendrían de los diferentes aclareos y cortas.

Con los datos del costo de implantación de los eucaliptos, el costos de implantación del café, los costos anuales de una plantación de café incluida la recolección, los ingresos de la producción de café bajo eucalipto (obtenidos de las producciones de café en la finca "La María" (que es donde se encontraban las parcelas de estudio) por el valor de mercado actual), los ingresos obtenidos de los eucaliptos y los ingresos por Pago por Servicios Ambientales, se realizó el flujo de caja de este tipo de plantación agroforestal que se pretende incentivar en este proyecto.

Una vez finalizados los flujos de caja se procedió a realizar el cálculo con el programa Excel 2016 del Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la relación Costo Beneficio (B/C) y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PIR) que son parámetros utilizados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto. El VAN y el TIR son conceptos se basan en lo mismo, y es la estimación de los flujos de caja que tenga la empresa (simplificando, ingresos menos gastos netos). VAN es calculado a partir del flujo de caja anual, trayendo todas las cantidades futuras (flujos negativos y positivos) al presente. Y la Tasa Interna de Retorno es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que se lee a mayor TIR, mayor rentabilidad. Mientras que la relación Beneficio Coste (B/C), indica la ganancia neta generada por el proyecto por unidad monetaria, y el Periodo de Recuperación de la Inversión es el tiempo que se tarda en recuperar la inversión realizada como indica su nombre.

Estos datos citados anteriormente se son utilizados para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

Obtenidos estos datos se comprueba que ambos sistemas son rentables y que se tratan de dos proyectos viables, por lo que se puede cambiar de un sistema totalmente agrícola a un sistema forestal, que era la función principal de dicho proyecto.

Se muestran los aspectos que benefician de los eucaliptos y los aspectos que perjudican y se realizan diferentes conclusiones teniendo en cuenta también el análisis económico realizado.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

ÍNDICE

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

INDICE

1	Introducción	1
2	Antecedentes Y Justificación	3
3	Objetivos.....	7
4	Material Y Métodos.....	9
4.1	Área de estudio	9
4.1.1	Localización.....	9
4.1.2	Clima	11
4.1.3	Hidrografía.....	12
4.1.4	Relieve y edafología	12
4.1.5	Vegetación y fauna.....	13
4.1.6	Estado socioeconómico.....	14
4.2	Análisis de las fincas	16
4.2.1	Comunicación.....	16
4.2.2	Personal	17
4.2.3	Descripción de superficies	17
4.2.4	Caracterización de las parcelas.....	18
4.3	Sistema Forestal.....	20
4.3.1	Descripción de las especies forestales	20
4.3.1.1	<i>Eucalyptus deglupta</i>	20
4.3.1.1.1	Descripción	20
4.3.1.1.2	Usos.....	21
4.3.1.1.3	Distribución	21
4.3.1.2	<i>Eucalyptus grandis</i>	22
4.3.1.2.1	Descripción	23
4.3.1.2.2	Usos.....	23
4.3.1.2.3	Distribución	25
4.3.1.2.4	Plagas Asociadas al eucalipto	25
4.3.1.2.5	Mercado del eucalipto en Costa Rica	28
4.3.1.2.6	Estado actual.....	29
4.4	Pago Por Servicios Ambientales (PSA)	31
4.4.1	Marco legal.....	31
4.4.2	Financiamiento	32
4.4.3	Monitoreo y evaluación.....	32

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

4.4.4	Características de los proyectos de PSA	33
4.5	Sistema Agrícola	35
4.5.1	Antecedentes De La Finca.....	35
4.5.2	Caracterización De La Especie Agrícola.....	35
4.5.2.1	<i>Caffe arabica</i>	35
4.5.2.1.1	Plagas Y Enfermedades Del Café	36
4.5.3	Estado Actual	38
4.5.4	Mercado Del Café.....	39
5	Modelo Selvícola De Forestería De Ingreso Sostenible	41
6	Resultados y Discusión.....	45
6.1	Determinación del periodo de análisis	46
6.2	Estructura de Costos	47
6.3	Estructura de ingresos.....	52
6.4	Flujo de Caja	56
6.5	Estimación de los indicadores financieros	59
7	Conclusiones	63
7.1	Identificación de la problemática de los eucaliptos en las plantaciones de café 63	
7.2	Beneficios de las plantaciones de eucaliptos.....	63
7.3	Acciones propuestas	64
8	Bibliografía.....	67
9	Anejo 1: Metodo De Inventario Para Plantaciones Pequeñas	75
10	Anejo 2: Inventario forestal.....	83
11	Anejo 3: Anejo fotográfico	89
12	Anejo 4 Cubicación De Los Eucaliptos De Las Parcelas De Estudio.....	101
13	Índice de Mapas.....	109

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Precios del Eucalipto en Costa Rica (CRC)	28
Tabla 2 Cambio entre CRC-USD-EUR	45
Tabla 3 Tabla de costos anuales de una plantación de café \$/ha/año (incluyendo la cosecha)	47
Tabla 4 Costo de implantación de una plantación de café (CRC/ha)	48
Tabla 5 Costos de implantación de Eucalipto en un sistema agroforestal (CRC/ha) ...	50
Tabla 6 Tabla de producción/ha en la finca "María" que incluye las parcelas de "Caledonia" y "Poro de abajo" (plantaciones con eucalipto).	52
Tabla 7 Tabla de producción de fanegas/ha en la finca "El sitio" (plantaciones con poro)	53
Tabla 8 Ingresos forestales m ³ /ha/año.....	54
Tabla 9 Flujo de caja sin eucalipto de la finca "el Sitio" (USD/ha)	56
Tabla 10 Flujo de caja de la finca "la María" (plantación con eucalipto) (USD/ha)	57
Tabla 11 Indicadores financieros de la finca la "El Sitio" (plantación con café)	60
Tabla 12 Indicadores financieros de la finca "La María" (plantaciones con eucalipto) .	60
Tabla 13 Cubicación en m ³ de la parcela "Caledonia".....	101
Tabla 14 Cubicación en m ³ de la parcela "Poro de abajo"	102

1 Introducción

En el presente proyecto se pretende frenar la deforestación que se sufre en los países Latinoamericanos, de unos cuatro millones de hectáreas anuales de bosques nativos, y que poseen una evolución negativa, ya que esas cifras están aumentando con los años debido a los intereses económicos, afectando de esta manera a los factores ambientales y sociales dentro de dichos países.

Como contrapartida a esta situación desde el CATIE se pretende incentivar a los pequeños y medianos productores, a utilizar especies forestales en sus diferentes terrenos de manera que se puedan frenar esas cifras de deforestación e incrementar el desarrollo rural, y al mismo tiempo supongan un ingreso económico cuando se realice su aprovechamiento, de manera que puedan obtener varios beneficios de sus terrenos y no solo lo utilicen para monocultivos, con lo que se consigue también aumentar la diversidad tanto en flora como en fauna, ya que muchas de las especies forestales contribuyen al enriquecimiento de la biodiversidad.

Existen diversidad de experiencias que demuestran que la reforestación y el manejo forestal con criterios de sostenibilidad es alcanzable y representa una opción altamente competitiva en los diferentes contextos en que se desarrollan (Sabogal y Casaza 2010).

Como ejemplo de dichas experiencias es el siguiente proyecto, en el que se analizan la situación económica de dos fincas pertenecientes a la Hacienda de Juan Viñas, situado en el cantón de Jiménez, en la República de Costa Rica. Las plantaciones de café (*Coffea arabica*) se establecieron en dichas fincas en el año 1994, al igual modo que los eucaliptos (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) utilizados en la plantación para dar sombra al cafetal. En el siguiente análisis se estudiarán los diferentes sistemas (forestal y agrícola) que intervienen, con el objetivo de poder documentar y evaluar financieramente dicho manejo, planteando propuestas de mejora para orientar al productor hacia una gestión más eficiente y sostenible.

2 Antecedentes Y Justificación

El proyecto fue promovido por una de las líneas de investigación de la unidad de trabajo de la Cátedra de Gestión Forestal Territorial, incluida en el Programa de Producción y Conservación de Bosques que se desarrolla en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), cuya sede se localiza en el cantón de Turrialba, provincia de Cartago, Costa Rica. La línea de investigación que se pretende desarrollar por esta Cátedra es la estrategia de gestión forestal denominada “Forestería de Ingreso Sostenible (FIS)”.

Este concepto puede parecer similar al de “agroforestería”, impulsado por la FAO en 1977, con la creación de Consejo Internacional para la Investigación en Agroforestería (ICRAF, por sus siglas en inglés), actualmente denominado Centro Mundial de Agroforestería. Esta institución definió la agroforestería como un “sistema sustentable de manejo de cultivos y de tierra que procura aumentar los rendimientos en forma continua, combinando la producción de cultivos forestales arbolados (que abarcan frutales y otros cultivos arbóreos) con cultivos de campo o arables y/o animales de manera simultánea o secuencial sobre la misma unidad de tierra, aplicando además prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local” (Consejo Internacional para la Investigación en la Agroforestería 1982). En nuestras latitudes, el ejemplo más claro de agroforestería son los sistemas silvopastoriles de las dehesas españolas y portuguesas.

Sin embargo, la FIS va más allá que la agroforestería y, otorga mayor importancia al sistema forestal, el cual se complementa o enriquece con los otros elementos productivos. Además de fomentar la multifuncionalidad de los sistemas forestales y optimizar los efectos benéficos de las interacciones de sus componentes (forestal, animal, agrícola etc.), la FIS pretende estudiar el sistema desde el punto de vista económico y mejorar su rentabilidad en el corto plazo, es decir, en los primeros años de la inversión, en la que ésta más pesada. Su fin último, es el de mejorar los flujos de caja de cada periodo, entendidos como diferencia entre ingresos y costos, para facilitar el desahogo económico de los pequeños productores e inversionistas y ayudarlos en sus decisiones.

Entre los elementos estratégicos para formalizar la aplicación de FIS están la identificación e investigación de casos que apliquen esta estrategia de manejo forestal para promover su disseminación y facilitar su asistencia técnica (De Camino et al., 2013). En esta línea, se encuentra el trabajo desarrollado por Álvarez (2014) sobre FIS en plantaciones de caoba (*Swietenia macrophylla*) y cedro (*Cedrela odorata*) con cultivo agrícola de culantro coyote (*Eryngium foetidum*) y ganado en Tres Equis, provincia de Cartago. Otros ejemplos de este sistema de manejo en Costa Rica son los de plantaciones a tres niveles en la región norte, dominadas por gallinazo (*Schizolobium parahiba*) y caoba, un dosel medio con especies como laurel (*Cordia alliodora*), roble sabana (*Tabebuia rosea*) y caobilla (*Carapa guianensis*) y, en el estrato más bajo, cacao, las cuales ofrecen beneficios, de la misma forma, estratificados. También pueden incluirse otros sistemas como los frecuentes en la región central de eucalipto con café (De Camino et al., 2013).

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

En este estudio, se encuentra un sistema de FIS de plantaciones de eucaliptos (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) junto con plantaciones de café (*coffea arabica*), en la que los árboles fueron plantados en el año 1994 y se ha ido reduciendo la densidad regulándola según la sombra que necesitaba el café. Por ello se encuentran en la finca unos individuos de un gran porte de los cuales realmente no se está obteniendo beneficio, simplemente los árboles que se caen o se tiran son utilizados para la producción de leña de los vecinos del lugar, y utilizando el método de FIS se podrá sacar un buen rendimiento a las especies forestales plantadas en la finca.

Las fincas Poro de abajo y Caledonia, en el cantón de Jiménez en la provincia de Cartago presentan un claro ejemplo de plantaciones de café junto con plantaciones de eucalipto utilizado como un recurso únicamente para dar sombra en la producción de café y sin obtener unos beneficios económicos de dichos árboles, así como los beneficios que puede obtener por PSA ya que la captación de CO₂ por esta especie en los primeros años es elevada en comparación con otras especies.

En este estudio se basa en un sistema de FIS de plantación de café con eucalipto (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*).

Los sistemas agroforestales son aquellos donde hay una gran variedad de cultivos. En el caso del café se agrega un componente arbóreo para diversificar el área cultivada.

“Así se procura sombra para generar beneficios ecológicos en mayor diversidad, control de erosión; reducción en aplicación de herbicidas; contenido de materia orgánica del suelo, entre otros aspectos”, aseguró Nicolás Frank Berguer, director del Centro de Estudios de Zonas Áridas de la Universidad de Chile.

Actualmente, como ocurre en Colombia y otros países, el café se cultiva a pleno sol y como monocultivo –plantación de una sola especie-, pero la intención es motivar a sistemas agroforestales que contribuyan con ventajas tanto económicas como ecológicas.

Frank Berguer explica que dicho valor se puede alcanzar con experiencias como las de países de Centroamérica, donde se involucraba un estrato arbóreo de frutales en el que, además de café, había plantaciones de banano, guayabo y especies forestales como eucalipto. Se sumaban otras que producen madera que podría aumentar el valor de la cosecha en su mercado de destino, por tratarse de producción con sello verde o medioambientalmente sostenible.

Otra de las ventajas es que al dejar de ser plantaciones de un solo cultivo se atrae biodiversidad como pájaros e insectos sobre el ecosistema y, además, se ayuda a que la lluvia no impacte tan fuerte sobre el suelo, que las raíces de los árboles retengan tierra en caso de estar en pendiente, entre otras bondades.

Si bien, en la agricultura la luz es esencial para el crecimiento de las plantas por la fotosíntesis, se cree que cultivos a la sombra serían sinónimo de menor producción, pero el experto chileno sostiene que “el café es una planta que está diseñada para trabajar con menor luz y obtener rendimientos potencialmente comparables en sombra o sol, lo que significa estabilidad interanual”.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Desde la UN se vienen adelantando iniciativas a partir de este tipo de fórmulas con una especie forestal como la melina, que crece en Colombia. Estos modelos podrían ser de mucho valor en su producción.

Asimismo, el experto dice que en zonas como el Eje Cafetero ya hay personas interesadas en implementar sistemas agroforestales para potenciar el importante cultivo de exportación colombiano.

3 Objetivos

El objetivo principal de este estudio es documentar, analizar y evaluar los efectos del manejo diversificado, de la unidad forestal en las fincas para la generación de un ingreso sostenible al productor de acuerdo al concepto planteado por De Camino *et al.* (2017) conocido como FIS. Se puede afirmar que el proyecto conjuga los intereses científicos, productivos y medioambientales.

- Crear un modelo selvícola que se adapte a el sistema de Forestería de Ingreso Sostenible de una plantación agroforestal café-*Eucalyptus* para turnos de aprovechamiento y manejo de ambas especies, así como los PSA.
- Comparación del rendimiento económico de dos tipos de plantación de café, que son una masa mixta de café y *Eucalyptus*, y un monocultivo de café.
- Análisis económico de las diferentes plantaciones, en los que se deben tener en cuenta los costos e ingresos de las diferentes producciones para poder realizar una comparación de los diferentes sistemas y ver cuál es el más rentable.
- Comprobación de los beneficios y riesgos ecológicos en mayor diversidad, control de erosión, reducción en aplicación de herbicidas, contenido de materia orgánica del suelo, reducción de la cosecha de café, posibilidades de plagas para el café aportados por la introducción de una plantación de *Eucalyptus*.
- Elaborar los flujos de caja de cada escenario y calcular los beneficios netos y beneficios acumulados en cada año del proyecto.
- Determinar los indicadores clásicos de viabilidad económica de proyectos de inversión: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), relación Beneficio/Coste (B/C) y Periodo de Recuperación de la Inversión (PIR).
- Con los indicadores calculados comprobar la rentabilidad y viabilidad del proyecto.

4 Material Y Métodos

4.1 Área de estudio

4.1.1 Localización

La República Democrática de Costa Rica, cuya capital es San José, se encuentra situada en el istmo o parte central del continente americano. Se localiza en el centro de las coordenadas geográficas: 8° y 11°15', de latitud norte, y 82° y 85°, de longitud oeste y ocupa una superficie de 51.000 Km². Limita al norte con Nicaragua, al sur con Panamá, al este con el Mar Caribe y al oeste con el Océano Pacífico (Figura 1).

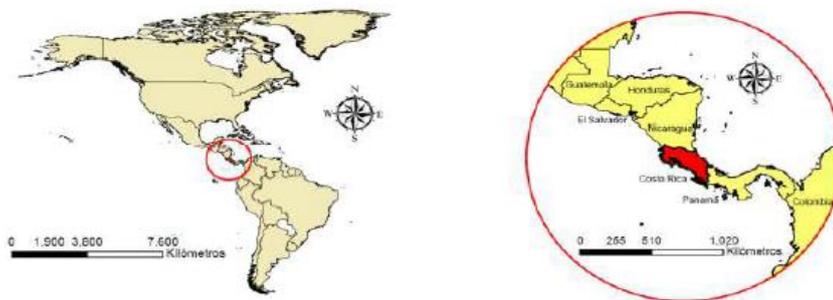


Figura 1. Localización de Costa Rica en América (Izda.) y América Central (Dcha.).

Fuente. Elaboración propia con capas de GADM (Global Administrative Areas).

Administrativamente, Costa Rica se divide en siete provincias: San José, Alajuela, Heredia, Cartago, Puntarenas, Guanacaste y Limón. Estas provincias se subdividen en 81 cantones y éstos a su vez en 463 distritos. Juan Viñas es la ciudad donde se localiza la zona de este estudio, cabecera del distrito primero del cantón de Jiménez, en la provincia de Cartago localizándose al noroeste de dicha provincia.



Figura 2. Localización del cantón de Abangares en el mapa provincial de Costa Rica, Sistema de proyección CRTM05.

Fuente. Elaboración propia con información cartográfica del Atlas Digital de Costa Rica 2014 (TEC).

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Jiménez es el cantón número 4 de la provincia de Cartago, donde se encuentran situadas las fincas de estudio. Se encuentra al este de la ciudad de Cartago, en los límites del Valle del Guarco. Su ciudad cabecera es Juan Viñas.

El cantón es esencialmente montañoso y despoblado, dominado por la gran cuenca hidrográfica del Río Reventazón-Parismina y sus afluentes.

Su superficie es de 286,43 km² y su población estimada es de 13.816 habitantes (2010), por lo que presenta una de las menores densidades demográficas del país, e incluso, con una tasa de crecimiento negativo con respecto al censo de 2000 (que indicó 14.046 habitantes)

La gran diferencia de altitudes crea en el cantón una multiplicidad de climas que van desde el denominado Tropical Húmedo hasta el de Montaña; sin embargo, una característica muy peculiar que sí se puede adjudicar a todo el territorio es que, dada su ubicación entre el Caribe y el valle central, no hay estaciones definidas; por lo general las lluvias son constantes todo el año y los días soleados están también distribuidos. En los valles (con una altitud promedio de 700 metros sobre el nivel del mar) la temperatura máxima no suele pasar los 27 y por lo general la mínima no baja de 13.



Figura 3 Localización de la zona de estudio dentro de la provincia de Cartago

Fuente Elaboración propia con información cartográfica del Atlas Digital de Costa Rica 2014 (TEC).

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

4.1.2 *Clima*

El clima aquí es tropical. Juan Viñas tiene una cantidad significativa de lluvia durante el año. Esto es cierto incluso para el mes más seco. Este clima es considerado Af según la clasificación climática de Köppen-Geiger. En Juan Viñas, la temperatura media anual es de 20.0 ° C. Precipitaciones aquí promedios 3117 mm.

El mes más seco es marzo, con 147 mm de lluvia. Con un promedio de 358 mm, la mayor precipitación cae en diciembre.

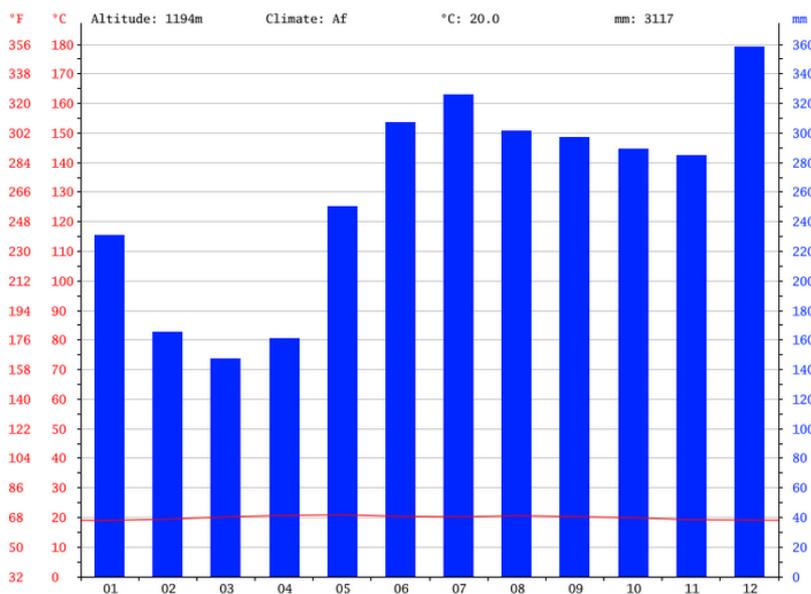


Figura 4 Climodiagrama representativo de las temperaturas y las precipitaciones de la provincia de Cartago.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología de Costa Rica.

Mayo es el mes más cálido del año. La temperatura en mayo promedios 20.9 ° C. enero tiene la temperatura promedio más baja del año. Es 19.0 ° C.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	19	19.4	20.2	20.7	20.9	20.4	20.2	20.6	20.3	19.9	19.2	19.1
Temperatura min. (°C)	14.1	14.1	14.7	15.6	15.9	15.7	15.7	15.7	15.3	15.1	14.7	14.3
Temperatura máx. (°C)	24	24.7	25.7	25.9	26	25.2	24.8	25.5	25.4	24.8	23.8	23.9
Temperatura media (°F)	66.2	66.9	68.4	69.3	69.6	68.7	68.4	69.1	68.5	67.8	66.6	66.4
Temperatura min. (°F)	57.4	57.4	58.5	60.1	60.6	60.3	60.3	60.3	59.5	59.2	58.5	57.7
Temperatura máx. (°F)	75.2	76.5	78.3	78.6	78.8	77.4	76.6	77.9	77.7	76.6	74.8	75.0
Precipitación (mm)	231	165	147	161	250	307	326	301	297	289	285	358

Figura 5 Tabla de las temperaturas de la provincia de Cartago.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología de Costa Rica.

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Hay una diferencia de 211 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. Durante el año, las temperaturas medias varían en 1.9 ° C.

Para el territorio, en términos de precipitación, resulta difícil establecer una estación seca definida. Sus niveles de precipitación abarcan desde 2100 mm/año (en sus zonas moderadamente secas), hasta los 5889 mm/año (en sus zonas muy húmedas), ubicadas al sur del territorio. Además, Jiménez destaca como uno de los cantones más lluviosos del país.

4.1.3 Hidrografía

El área de Jiménez es drenada por el río Reventazón al que se le unen el río Atirro y su afluente Oro; el Chiz y su tributario Maravilla; el Pejibaye con sus afluentes de los ríos Pejibayito, Tepemachin, Vueltas, Cacao, Humito y Taus. También el río Escopeta y su tributario Palmita, el Gato y su afluente Marta, y las quebradas Hondas y Hamaca. Estos cursos de agua, excepto los ríos Reventazón y Atirro, nacen en el cantón; los cuales presentan un rumbo en diversas direcciones. Los ríos Reventazón, Turrialba, Colorado, Atirro, Maravilla, Pejibaye, Taus, Tausito y las quebradas Honda, Hamacas y Esmeralda son límites cantonales, los cuatro primeros y la quebrada Esmeralda con Turrialba; el quinto con Alvarado y los otros con Paraiso.

4.1.4 Relieve y edafología

La zona es considerablemente montañosa. Según el Atlas Cantonal (ITCR, 2008), el territorio Turrialba-Jiménez muestra el punto de menor altitud a 40 msnm y el de mayor altitud a 3733 msnm, ambos puntos posicionados en el cantón Turrialba. El cantón Jiménez también posee topografía accidentada, su altitud varía entre los 750 y los 1950 msnm

Los valles posicionados en la parte norte del territorio albergan a la mayor parte de la población, allí se ubican los principales poblados de ambos cantones. Su posicionamiento en zonas de poca altura y bajas pendientes, permite el uso de suelo para actividades agropecuarias, comerciales y asentamientos humanos. Según los datos del Atlas de Costa Rica (ITCR, 2008), los niveles de pendientes registrados para el territorio van desde 0% hasta 51%, esto significa que existen zonas planas y también desniveles de hasta 51 metros por cada 100 metros de área

Las zonas de alta elevación y fuertes pendientes albergan en su mayoría zonas boscosas bastante densas, muchas bajo regímenes de protección debido a la importancia de los servicios ecosistémicos que brindan al territorio y al país en general. Gran parte de esta zona se gestiona a través de formas y categorías de manejo para la conservación, no solo estatales, sino también de modalidad privada y plataformas de integración público-privada, entre ellas: parques nacionales, sitios arqueológicos, reservas forestales, zonas de protección, refugios de vida silvestre, corredores biológicos, territorios indígenas, entre las más importantes.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

En general, los suelos que se encuentran en la zona son de desarrollo in situ de los órdenes Entisoles, Inceptisoles y Ultisoles. Corresponden con suelos de áreas montañosas, especialmente con relieves pronunciados y fuertes pendientes. Estos suelos se han desarrollado bajo intensas precipitaciones y altas temperaturas que los han sujetado a una intensa erosión laminar de la capa fértil (Brenes et al. 1999).

Según observaciones de campo realizadas durante las visitas realizadas a la finca los suelos en el área son frecuentemente surcados por drenajes profundos que crecen en épocas lluviosas, causando erosión del suelo.

La textura es media a finas desde franco arenoso a arcillosos. En general hay poca presencia de piedras o rocas, exceptuando zonas de cerros y altos que se excluyeron de las áreas a reforestar.

4.1.5 Vegetación y fauna

Especies de flora identificadas

Como especies emblemáticas podemos citar el helecho macho (*Cyathea fulva*) y la sombrilla de pobre (*Gunnera insignes*). Se pueden encontrar árboles como roble, almendro, cedro, cristóbal, quina, aguacatillos, el Burío (*Heliocarpus papayensi*), Burío Blanco (*Heliocarpus appendiculatus*), Cantarillo (*Canestegia bersiediana*), Guayaba (*Psidium guayaba*), Caragra (*Lippia myriocephala*) y Guarumo (*Cecropia obtusifolia*) y el rabo de mico (*Cyathea* sp.)

Especies de fauna identificadas

- Mamíferos: Abundan perezosos, mapaches, coyotes, así como cauceles, manigordos, pumas y jaguares. Tolomuco (*Bira Barbara*), armadillo (*Dasyopus novencintus*), pizote (*Nasura narica*), guatusa (*Dasyprocta punctata*), pericas (*Bradypus griseus* y *Choeloepus hoffmanni*), perro de agua o nutria (*Lutra longicaudas*), mapache (*Procyon lotor*), león breñero (*Felis yaguaroundi*), oso hormiguero (*Tamandua tetradactyla*) y zorro de balsa (*Caluromys derolanus*).
- Reptiles: terciopelo (*Bothrops asper*), bocaracá (*Bothrops schelegellii*), coral falsa (*Lampropeltis cegthrilateralis*) y lora (*Bothrops laterales*), entre otras.
- Aves: la chachalaca (*Ortalis cinereiceps*), cuco ardilla (*Playa cayana*), lechuza café (*Ciccaba virgata*), trogón violáceo (*Trogón Violaceus*), momoto o pájaro bobo (*Momotus momota*), tucán pico arco iris (*Ramphastos sulfuratus*), oropéndula (*Gymnostinops montezuma*). Quetzal, pájaro sombrilla

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

4.1.6 Estado socioeconómico

El cantón es esencialmente montañoso y despoblado, dominado por la gran cuenca hidrográfica del Río Reventazón-Parismina y sus afluentes.

Su superficie es de 286,43 km² y su población estimada es de 14.669 habitantes (2011), por lo que presenta una de las menores densidades demográficas del país, e incluso, con una tasa de crecimiento negativo con respecto al censo de 2000 (que indicó 14.046 habitantes)

	2000	2011
Población total	14.046	14.669
Superficie (km ²)	286,4	286,4
Densidad de población <i>Personas por km²</i>	49	51
Porcentaje de población urbana <i>Personas que viven en zona urbana por cada 100</i>	45,3	52,6
Relación hombres-mujeres <i>Hombres por cada 100 mujeres</i>	105,5	98,9
Relación de dependencia demográfica <i>Personas dependientes (menores de 15 años o de 65 y más) por cada 100 personas en edad productiva (15 a 64 años)</i>	63,3	46,8

Figura 6 Población de la provincia de Cartago.

Fuente: Instituto Nacional de empleo de Costa Rica

Como se puede observar en la pirámide poblacional el mayor número de habitantes se encuentran en el rango entre 15 y 44 años.

Población por sexo y edad

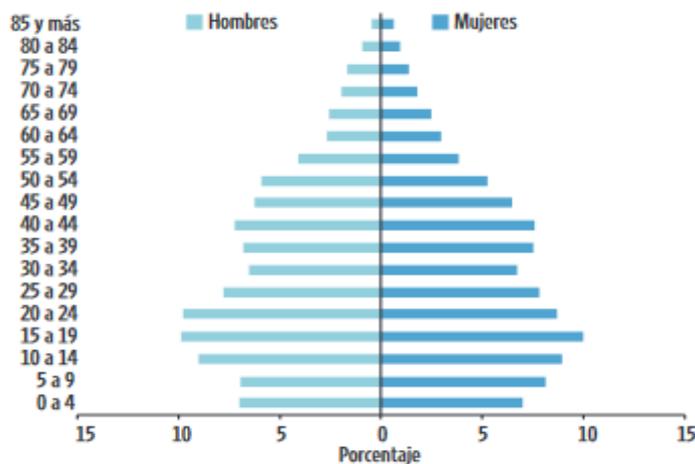


Figura 7 Pirámide de población de la provincia de Cartago.

Fuente: Instituto Nacional de empleo de Costa Rica

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

En las siguientes tablas se puede apreciar que más de la mitad de la población tiene trabajo, y dentro de ese 70% de la población que tiene trabajo el 50,9% se dedica al sector terciario.

Características económicas

	2000	2011
Personas fuera de la fuerza de trabajo (15 años y más)	49,2	52,9
Tasa neta de participación	50,8	47,1
<i>Personas en la fuerza de trabajo (ocupadas y desocupadas) por cada 100 personas de 15 años y más</i>		
Hombres	77,8	70,3
Mujeres	22,0	23,8
Porcentaje de población ocupada no asegurada	11,4	12,7

Población ocupada por sector económico

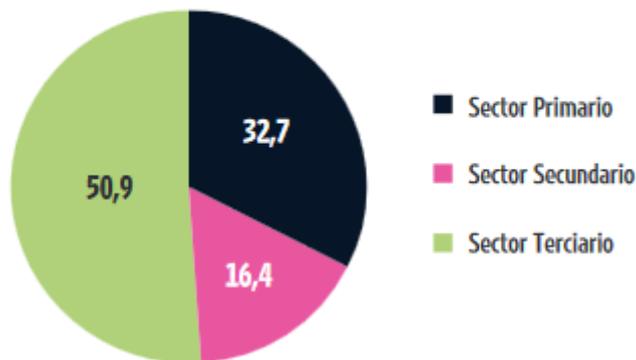


Figura 8 Personas activas en la provincia de Cartago y Sector económicos

Fuente: Instituto Nacional de empleo de Costa Rica

4.2 Análisis de las fincas

Hace más de cien años, Don Cecilio Lindo vino a Costa Rica y compró una granja en la región de Juan Viñas. Para 1912 había comprado varias fincas situadas entre el Volcán Irazú y el Volcán Turrialba, zona conocida por su excelente producción de caña de azúcar y café. Luego consolidó las fincas en lo que él denominó “The Juan Viñas Sugar and Coffee Estates”.

En 1945, un grupo de inversionistas costarricenses liderados por don Manuel Jiménez de la Guardia, adquirieron la finca y fundaron Hacienda Juan Viñas S.A. Desde hace más de 50 años, tres generaciones de esta familia han sido los gestores de esta operación.

Desde entonces se han dedicado al cultivo de café, caña de azúcar, y recientemente macadamia. Su café es reconocido por su grano Arábica de excelente cuerpo, acidez media y gran aroma.

4.2.1 Comunicación

La hacienda de Juan Viñas S.A se localiza en el mismo pueblo de Juan Viñas (cabecera del cantón de Jiménez) y las fincas en las que se realiza el estudio se encuentran a unos 4 kilómetros de Juan Viñas en el pueblo de Naranjo, dirección a la capital San José.

Para acceder a las dos parcelas se debe ir por la carretera nº 10 desde Juan Viñas en dirección San José, y dichas parcelas se encuentran divididas por la vía quedando la finca “Caledonia” en la parte superior de la vía y la finca “Poro de abajo” en la parte inferior de la carretera.

Ambas parcelas poseen caminos internos por los cuales se puede caminar y desplazarse por dentro de la finca.



Figura 9 Comunicación de las parcelas de estudio.

Fuente: Google Earth

4.2.2 Personal

En la actualidad los trabajadores que se encuentran la empresa de Juan Viñas S.A. depende de la temporada en la que se encuentren la empresa ya que si se trata de la recolección del café y la recogida de la caña son trabajos temporales y aumenta considerablemente el número de operarios que trabajan para dicha empresa.

Para el café cuentan con un personal de 120 operarios fijos, los cuales se encargan de las diferentes labores como pueden ser la aplicación de productos fitosanitarios o la limpieza de las plantaciones. El número de operarios llega a aumentar su número durante la recolección hasta unos 800 trabajadores.

A todo ello se debe de añadir el personal que se encuentra en las oficinas realizando los diferentes temas administrativos, así como los operarios que hay en la zona industrial donde se procesan la caña, la macadamia y el café, que son los productos que comercializa esta empresa.

4.2.3 Descripción de superficies

La empresa Juan Viñas disponen en propiedad alrededor de una 4000 ha que se distribuyen de la siguiente manera:

- 2000 ha dedicadas a la producción de caña, siendo esta la que más superficie ocupa de toda la hacienda.
- 610 ha de café, las cuales todas se encuentran bajo una cobertura arbórea tanto de eucalipto como de Poro, siendo esta última especie la más abundante en todas las plantaciones, para dar la sombra necesaria para la producción de dicho fruto.
- 80 ha de macadamia cuya plantación es más reciente.
- El resto de hectáreas se encuentran en compuestas por áreas de conservación de montes donde podemos encontrar diferentes tipos de especies arbóreas naturales, así como plantaciones de cipreses. Además del conjunto de pueblos situados dentro de la hacienda Juan Viñas.
- Las dos fincas en las que se desarrolla el estudio se encuentran dentro de las 610 ha de café bajo una cubierta arbórea de eucalipto.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)



Figura 10 Localización del pueblo de Juan Viñas.

Fuente: Elaboración propia, Google Earth.

4.2.4 Caracterización de las parcelas

Las dos fincas en las que se desarrolló el proyecto se denominan “Caledonia” y “Poro de abajo”.

Las dos fincas eran utilizadas para la producción de caña, pero debido a la topografía se decidió cambiar hace 25 años, el tipo de plantación para café, ya que se trata de plantaciones que tienen un manejo más sencillo y la producción de caña era muy elevada en dichas parcelas debido a su pendiente, no siendo rentable dicha producción.

En las dos fincas se realizó un inventario en el cual se tomaron diferentes datos de los árboles que se utilizaban para dar sombra a las plantaciones de café y poder sacar el valor de la madera que se encuentra en pie, así como a la vez realizar un estudio económico de ambas plantaciones.

Se tratan de dos fincas que están situadas junto a la carretera N°10, que es la que las separa. Las dos fincas poseen café como especie principal de producción y ambas también poseen una plantación de eucaliptos plantados en el año 1994 para dar sombra a esas plantaciones de café. Hay dos variedades de eucalipto que son *Eucalyptus deglupta* y *Eucalyptus grandis* sobre una sola especie de café que es el *Coffea arabica* o café arábico. Estas plantaciones se realizaron al mismo tiempo ya que esas tierras como se comenta anteriormente eran utilizadas para plantaciones de caña y debido a la topografía se cambió el uso del suelo por el manejo más fácil y cómodo del café en esa orografía.

Estas plantaciones pertenecen a un lote denominado “La María” que tiene una superficie total de 72 ha, de las cuales la parcela de “Caledonia” son 6 ha y la parcela de “Poro de abajo” son 13,38 ha dentro de ese lote de producción.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)



Figura 11 Finca "Caledonia" lugar de trabajo

Fuente: Elaboración propia (Foto).

4.3 Sistema Forestal

4.3.1 Descripción de las especies forestales

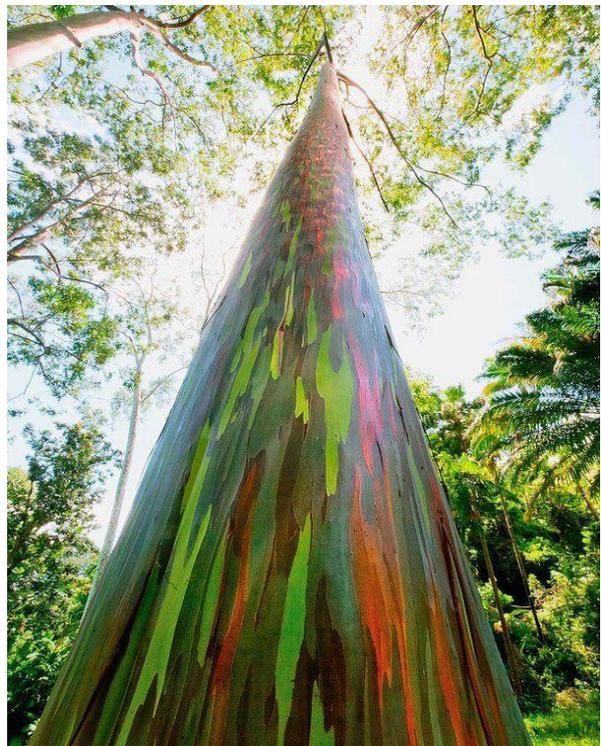
4.3.1.1 *Eucalyptus deglupta*

Es la única especie de eucalipto que se encuentra de forma natural en el hemisferio norte. Su distribución natural se extiende por Nueva Bretaña, Nueva Guinea, Seram, Sulawesi y Mindanao.

4.3.1.1.1 Descripción

La corteza multicolor única es la característica más distintiva del árbol. Parches del exterior de la corteza se caen anualmente en diferentes momentos, lo que muestra una corteza interior de color verde brillante. Esta luego se oscurece y madura para quedar azul, púrpura, naranja y luego tonos granates.

Son árboles, que alcanzan un tamaño de hasta 75 m de alto, la corteza exfoliante en forma de cintas papiráceas, con superficie expuesta verde tornándose rojo ladrillo; las ramas jóvenes glabras. Hojas juveniles prevaecientes, subopuestas a alternas, anchamente lanceoladas, 8–13 cm de largo y 4–6 cm de ancho, ápice acuminado, base cuneada a obtusa, glabras, pecíolo torcido. Inflorescencias en panículas de umbelas, terminales o axilares, 6–8 flores por umbela. El fruto es una cápsula cupuliforme, 3–4 mm de largo, disco deprimido, valvas 4.



4.3.1.1.2 Usos

En Costa Rica, los granjeros de café utilizan la sombra de este árbol para cultivar con eficacia su café. Los agricultores tropicales utilizan árboles de crecimiento rápido y presumiblemente competitivos en asociaciones de cultivos arbóreos. No hubo evidencia de un efecto negativo de los árboles sobre el crecimiento del café, los rendimientos y la nutrición mineral a pesar del rápido crecimiento arbóreo (Schaller 95). "Los agricultores costarricenses han encontrado que *Eucalyptus deglupta* es un árbol de sombra adecuado para el café en sitios con alta precipitación y fertilidad del suelo, lo que confirma experiencias de los productores de café en otras regiones tropicales. En estas condiciones, el crecimiento de los árboles es rápido, lo que conduce a los primeros resultados económicos a través de la producción de madera, sin evidencia de aumento simultáneo de la competencia con el café para los recursos del suelo. La compatibilidad del café con los árboles de sombra de crecimiento rápido se debe a la combinación de alta disponibilidad de recursos del suelo, su explotación complementaria por árboles y cultivos, especialmente a través de una distribución horizontal y, en menor medida, vertical del suelo entre el café y las raíces de los árboles, y la alta competitividad del propio sistema de raíces del café (Schaller 214). "

En la actualidad este árbol también se cultiva ampliamente en todo el mundo en plantaciones, principalmente de madera para pulpa que se utiliza en la fabricación de papel. Es la especie dominante utilizada para las plantaciones de madera para pulpa en Filipinas.

4.3.1.1.3 Distribución

Se encuentra de forma nativa en las regiones del sudeste asiático de Indonesia, Papua Nueva Guinea y Filipinas. Creció predominantemente en el área de Mindanao de las Filipinas y fue introducido allí en el 1900, que hace este espécimen del árbol un relativo recién llegado como especie de la plantación. Además de las regiones del sudeste asiático, el *E. deglupta* también se puede encontrar en las regiones ecuatoriales de América Central y del Sur, así como el centro de África. Ha ganado mucha popularidad por su ubicación en la mayoría de las islas hawaianas y es allí que la mayoría de la gente toma un interés real en este árbol. En Estados Unidos se ha introducido en los estados meridionales de la Florida, Tejas, y las regiones meridionales del golfo en las plantaciones.

Como se puede observar en el siguiente mapa se encuentran en áreas las áreas grises de Australia, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Indonesia, Liberia, México, Nicaragua, Níger, Nigeria, Panamá, Papua Nueva Guinea, Filipinas, San Marino, Trinidad y Tobago y Estados Unidos.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)



Figura 12 Distribución del *E. deglupta* a nivel mundial.

Fuente: Wikipedia

4.3.1.2 *Eucalyptus grandis*

Comúnmente conocido como eucalipto rosado, es un árbol de corteza suave, áspero en la base fibrosa o escamosa, de color gris a gris-marrón. En la madurez, alcanza los 50 metros de altura, aunque los especímenes más altos pueden exceder los 80 metros. Habita naturalmente cerca de las costas y cordones montañosos subcosteros de Australia, entre el norte de Newcastle, en Nueva Gales del Sur, y el este de Daintree, en Queensland, principalmente en terrenos planos y pendientes más bajas, donde es el árbol dominante de los bosques húmedos, y en los márgenes de las selvas tropicales. Taxonomía.

Fue descrito por primera vez por Walter Hill en 1862. El nombre de la especie, *grandis*, "grande" alude al gran tamaño del árbol. Es comúnmente conocido como eucalipto rosado o eucalipto inundado en Queensland. Fue clasificado en el subgénero *Symphomyrtus*, sección *Latoangulatae*, serie *Transversae* (eucaliptos azules orientales) por Brooker y Kleinig. Sus dos parientes más cercanos son el eucalipto saligna (*Eucalyptus saligna*) y el eucalipto azul de montaña (*E. deanei*).

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

4.3.1.2.1 Descripción

Porción inferior del tronco, mostrando su base marrón más áspera.

El *Eucalyptus grandis* crece como un árbol recto y alto, alcanzando alrededor de 50 m de altura, con un diámetro de 1.2 a 2 m. Los árboles más grandes pueden alcanzar los 75 m de altura y los 3 m de diámetro, siendo el árbol más alto del cual se tiene registro uno conocido como "The Grandis" cerca de Bulahdelah, con una altura de 86 m y un diámetro de 8.5 m. El tronco es recto y constituye entre dos tercios a tres cuartas partes de la altura del árbol. La corteza es suave y quebradiza, de color pálido o gris azulado a blanco, con la corteza más rugosa y de color marrón en la parte inferior del tronco del árbol. Las lustrosas hojas verde oscuras son pecioladas, lanceoladas, y más pálidas en su parte inferior, de 10 a 16 cm de largo y 2-3 cm de ancho. Están dispuestas alternadamente a lo largo de las ramas. Las flores blancas aparecen a partir de mediados de otoño hasta finales de invierno, y están dispuestas en grupos de siete a once capítulos. Las flores son seguidas por pequeños frutos en forma de cono o de pera que miden 8.5 mm de largo y 7.4 mm de ancho.



Los científicos han analizado el genoma de esta especie y han identificado genes que codifican a metabolitos secundarios especializados los cuales juegan un papel importante en su defensa y contribuye a la producción de aceites esenciales utilizados en la industria.

4.3.1.2.2 Usos

Se puede decir que la producción de eucaliptos tiene múltiples usos. Su madera es una de las fuentes principales de materia prima para la industria papelera. Gracias su fibra corta, es usada para la fabricación de papeles blancos de alta calidad.

También es utilizada para obtener carbón vegetal o en proyectos de reforestación; siendo éste uno de los motivos de su amplia distribución a nivel mundial, pese a que, en algunas zonas, por desconocimiento, se ha convertido en un agente invasor, resultado de su sistema radicular superficial que afecta el crecimiento de otras especies arbóreas a su alrededor.

Este grupo arbóreo, es empleado también como medicina natural en los tratamientos terapéuticos contra enfermedades respiratorias, como antiséptico para tratar enfermedades de la piel o como antiinflamatorio muscular; hechos que lo convierten en uno de los recursos forestales más solicitados para la elaboración de medicamentos y productos de higiene personal.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

En lo referente a la utilidad de su madera, pese a que es considerada de baja calidad, algunas de las especies tienen propiedades especiales para ser utilizadas en la elaboración de estructuras arquitectónicas y para la fabricación de postes para comunicaciones, suelos de parquet, puntales para minas, materiales avícolas, mueblería, instalaciones ganaderas, tableros de fibra, entre los más importantes

El eucalipto rosado es un árbol atractivo y de tronco fuerte muy demandado fuera de Australia por su madera y celulosa, existiendo plantaciones extensivas en Sudáfrica, Brasil y Sri Lanka. Dentro de Australia, hay plantaciones en el norte de Nueva Gales del Sur, donde las plántulas pueden alcanzar 7 metros de crecimiento en su primer año. La madera tiene un color rosado y se utiliza en carpintería, suelos, construcción de barcos, paneles y contrachapados. Tiene una fibra recta, moderada durabilidad y fuerza, y es resistente a las carcomas. Los híbridos con el eucalipto rojo (*Eucalyptus camaldulensis*) se utilizan para combatir la salinidad.

El árbol es demasiado grande para la mayoría de los jardines, pero es un árbol atractivo para los grandes parques y granjas, y se puede utilizar en la estabilización de los terrenos a orillas de un río.

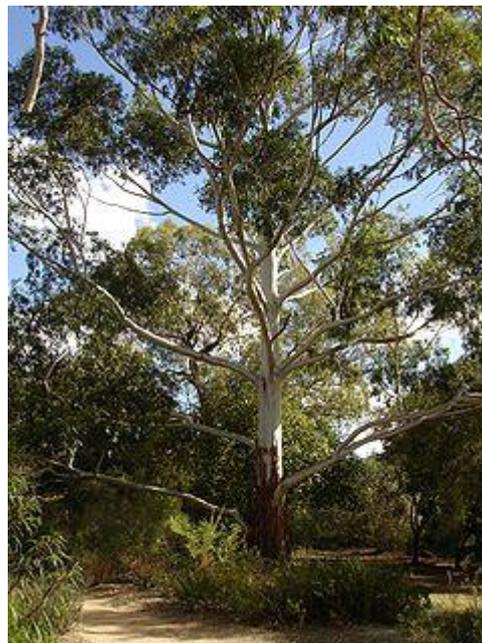


Figura 13 : *E. grandis*

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2.3 Distribución

E. grandis se encuentra naturalmente en zonas costeras y montes subcosteros entre Newcastle en Nueva Gales del Sur en dirección al norte hacia Bundaberg en Queensland central con poblaciones discontinuas más al norte, cerca de Mackay, Townsville y Daintree en el norte de Queensland, principalmente en terrenos planos y pendientes más bajas. Los suelos corresponden a limos aluviales muy fértiles. La precipitación anual varía de 1100 a 3500 mm. Es el árbol dominante en los bosques húmedos y en los márgenes de las selvas tropicales, creciendo en conjuntos forestales únicos o mezclado con árboles como *E. pilularis*, *E. microcorys*, *E. resinifera*, *E. saligna*, *Corymbia intermedia*, *Syncarpia glomulifera*, *Lophostemon confertus*) y *Allocasuarina torulosa*.

4.3.1.2.4 Plagas Asociadas al eucalipto

Como todas las especies vegetales, los eucaliptos pueden verse afectados por diferentes organismos, algunos de los cuales pueden ser plagas de insectos y otros son considerados como agentes patógenos que causan enfermedades. Dentro de los organismos comúnmente asociados a las plantaciones de eucalipto se encuentran:

LA HORMIGA ARRIERA O CORTADORA (*Atta cephalotes*) (Hymenoptera:Formicidae)

Es considerada una de las peores plagas del eucalipto en los primeros años de la plantación y está catalogada en América como la quinta plaga en orden de importancia económica. La acción del insecto se basa en el corte de fragmentos de hojas y brotes de los árboles, lo cual provoca el retraso del crecimiento y produce malformaciones de la planta al cortar el meristemo apical. Cuando su ataque es permanente causa defoliaciones sucesivas y el árbol muere. El material cortado es y almacenado en sus nidos, y posteriormente se fermenta para formar un mantillo sobre el cual cultivan un hongo pequenísimo llamado *Attamyces bromatificus*, el cual les sirve de alimento.

Datos recientes han podido comprobar que además del hongo, las hormigas arrieras, consumen líquidos de las plantas que cortan. Formación, tamaño y duración del hormiguero. La formación del hormiguero se inicia en la época de lluvias, momento en el cual hembras y machos realizan el vuelo nupcial. Cuando la hembra es fecundada corta sus alas y busca un lugar adecuado para el establecimiento del hormiguero, generalmente a orillas de caminos, claros de vegetación o taludes, en los cuales la tierra está blanda y la reina puede excavar una pequeña galería de 8 a 25 cm de profundidad. Luego tapa el orificio de entrada y regurgita una pequeña bola del hongo que colectó en su hormiguero de origen. Cuatro a seis días después inicia la puesta de huevos, que darán origen a las primeras obreras y otros individuos que servirán de alimento para la reina y las primeras larvas. 80 a 100 días después, las primeras obreras retiran la tierra que sellaba la salida, salen y comienzan su labor. Un hormiguero puede alcanzar su máximo desarrollo en 10 años aproximadamente y puede ocupar una superficie de 100 m² y 3,5 m de profundidad.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

- Manejo:
- Control mecánico.

El objetivo es la eliminación de la reina que por lo general se ubica en las cámaras más profundas. La eliminación de obreras o soldados sólo disminuye la acción de las hormigas en una o dos semanas. El mejor momento para localizar la reina es tres meses después del vuelo nupcial, cuando las primeras obreras están abriendo el primer orificio al exterior y la única cámara se encuentra a unos 20 cm de profundidad. La captura de la reina puede hacerse con un regatón, palín o una barra. La labranza del suelo cada vez que se va a establecer un cultivo, elimina los hormigueros iniciales y expone la reina a la acción de predadores como garzas y otras aves. Igualmente, pueden utilizarse los cultivos trampa.
- Control químico.

Los productos químicos que mejor resultado han mostrado para control de hormiga son los siguientes: diflubenzuron (Dimilin® 4L, Dimilin® 2F, Formilin) y clorpirifos (Lorsban 48% EC). Para una mayor eficacia el producto debe aplicarse con insufladora, para ello 24 a 48 horas antes de su aplicación debe removerse la tierra suelta ubicada en la superficie de los nidos, para identificar los canales activos y garantizar que el suelo esté seco hasta unos 30 cm de profundidad. La dosis recomendada es 10 g de ingrediente activo por m² de hormiguero.

Otros tipos de plagas y enfermedades son:

DEFOLIADOR DEL EUCALIPTO (*Chrysomima semilutearia* Felder & Rohenhofer)
(Lepidoptera: Geometridae)

El daño lo producen las larvas, las cuales se comen las hojas del borde hacia adentro. La acción del insecto produce defoliación total de las plantaciones, las cuales pueden morir al cabo de varias defoliaciones sucesivas.

- Manejo:

Por la dinámica del insecto se recomienda hacer un programa de manejo integrado del insecto involucrando las siguientes actividades de manejo:

- Control físico:
 - Los adultos son atraídos por trampas de luz blanca o ultravioleta, por tanto, con el uso de ellas se concentran las poblaciones y se evita su dispersión a otras áreas, además se facilita el control de las posturas.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

- Control biológico.
 - Los huevos son parasitados por una avispa de la especie *Telenomus alsophilae*
 - (Hymenoptera: Scelionidae), que puede ser multiplicada en forma masiva para ejercer actividades de control biológico.

MANCHA FOLIAR DEL EUCALIPTO (*Cylindrocladium spathulatum*)

El hongo *Cylindrocladium* representa un importante grupo de patógenos asociados con diversos hospedantes alrededor del mundo e incluye una variedad de síntomas como damping-off, pudriciones radicales y de plántulas en viveros, manchas foliares y lesiones en tallos, entre otros.

- Manejo:

Desarrollo de programas de mejoramiento genético que permitan seleccionar material con altos niveles de resistencia o tolerancia a la enfermedad causada por *C.spathulatum*.

CHANCRO DEL EUCALIPTO (*Chrysoporthe cubensis*)

La enfermedad conocida como “cáncer basal del eucalipto” o “chancro del eucalipto”, causada por el hongo *Chrysoporthe cubensis*, es una de las más importantes en las plantaciones comerciales del eucalipto en zonas del trópico y subtrópico. Fue reportada por primera vez en Cuba en 1917, y desde entonces son muchos los reportes en otras partes en el mundo donde causa cuantiosas pérdidas económicas.

- Manejo:

Las estrategias deben enfocarse en la realización de pruebas de patogenicidad para identificar los microorganismos más agresivos y estudios de campo, con el fin de seleccionar los clones tolerantes a *Chrysoporthe cubensis*. En campo hacer selección de clones tolerantes a *Chrysoporthe cubensis*.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

4.3.1.2.5 Mercado del eucalipto en Costa Rica

Desde 2005, la Oficina Nacional Forestal (ONF) realiza estudios del comportamiento de los precios de madera en pie, en patio de la industria y de madera aserrada en pulgadas madereras ticas (pmt) a nivel nacional.

Durante el primer semestre del 2017, se realizó la consulta de precios a los encargados de 95 industrias y productores; quienes cuentan con información confiable sobre la madera en pie, en troza puesta en el patio del aserradero y aserrada.

Los precios obtenidos para el eucalipto son de referencia promedio para madera en pie, en troza puesta en patio de aserradero y aserrada expresada en colones por pulgada maderera tica (¢/pmt) para el primer semestre del 2017.

Tabla 1 Precios del Eucalipto en Costa Rica (CRC)

Especie	En pie	En troza <8pulg	En troza 8-10pulg	En troza >10pulg	Aserrada
	(CRC/pmt) (CRC/m ³)				
Eucalipto	78 28236	135 48870	174 62988	185 66970	368 170016

Notas:

- Una pulgada maderera tica (pmt) equivale a una pieza de 1" x 1" x 4 varas (2.54cm x 2.54cm x 3.36m).
- En madera en rollo (en pie y en troza): 1m³ equivale a 362pmt.
- En madera aserrada: 1m³ equivale a 462pmt.

El mercado del eucalipto en Costa Rica no está muy avanzado puesto que no existen muchas fábricas que procesen esta especie que principalmente es utilizada para la obtención de pasta de papel. Por ello no existen grandes plantaciones como en países vecinos grandes productores de eucalipto como Brasil o Colombia.

No obstante, con los crecimientos que poseen aquí los arboles puede ser una forma bastante aceptable de poseer un sobresuelo para algunos agricultores.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

4.3.1.2.6 Estado actual

En la actualidad se encuentran en las parcelas de estudio alrededor de unos 60 pies/ha transcurridos 23 años de su plantación y habiendo sido reducida su densidad inicial de 156 pies/ha debido a las necesidades de sombra que necesita el café.

Se encuentra arboles con un gran porte de las dos especies tanto E. grandis como E. deglupta, pero realmente no se aprovecha el valor comercial de la madera, sino que simplemente lo utilizan como leña los habitantes cercanos a la plantación cuando los arboles caen al suelo, o es utilizado en algunos casos por la empresa Juan Viñas S.A. para el secado del café.

De esta manera se puede observar que no se les saca un partido a dichas plantaciones, y no están cumpliendo con su objetivo inicial que era con los beneficios obtenidos de la venta de los eucaliptos realizar una nueva plantación de los cafetales en los cuales proporcionaban sombra dichos eucaliptos.

Por ello con este proyecto se pretende realizar una evaluación económica en la cual se vea si es rentable disminuir un poco la producción de café, pero obtener beneficios con la venta de la madera de eucalipto.

4.4 Pago Por Servicios Ambientales (PSA)

El PSA es un reconocimiento financiero que otorga el Estado, a través del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (Fonafifo), por los Servicios Ambientales generados en las actividades de conservación y manejo de bosque, reforestación, regeneración natural y sistemas agroforestales

Servicios Ambientales

La Ley Forestal reconoce cuatro servicios ambientales que proveen los bosques y las plantaciones forestales:

- Mitigación de los gases de efecto invernadero (fijación, reducción y almacenamiento de CO₂).
- Protección del recurso hídrico.
- Protección de la biodiversidad.
- Protección de la belleza escénica.



4.4.1 Marco legal

Durante la década de 1990, Costa Rica experimentó un cambio en el área ambiental, con una legislación que favorece la conservación y protección de los recursos naturales, la creación de instituciones que fortalecen el sector y un cambio significativo en la forma en que la sociedad percibe el manejo, la conservación y el desarrollo sostenible de los recursos naturales.

Las iniciativas mundiales de principios y mediados de esa década, tales como la Cumbre y la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la Agenda 21, las convenciones internacionales sobre cambio climático, la Lucha Contra la Desertificación y Diversidad Biológica, el Protocolo de Kyoto, los Principios Forestales y, más recientemente, las Metas del Milenio y la Cumbre de Johannesburgo, han incidido en la definición de la ruta que el país ha decidido seguir.

Asimismo, en Costa Rica se incluyeron las previsiones legales necesarias para salvaguardar el derecho de todos los habitantes al disfrute de un ambiente sano y equilibrado y se ratificaron varios convenios sub regionales, tales como el Convenio Regional para el Manejo y Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y Desarrollo de Plantaciones Forestales, además de la promulgación de nuevas leyes, tales como: Ley Forestal No. 7575, Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, Ley Orgánica del Ambiente, Ley de Conservación de Suelos y Ley de Biodiversidad, las cuales, en conjunto, constituyen el marco dentro del cual se realiza la ejecución del Programa de PSA.

También, el marco legal vigente establece el ámbito de aplicación y reconocimiento de los servicios ambientales, las fuentes de financiamiento y el mecanismo de gobierno del FONAFIFO, de esta manera se garantiza la sostenibilidad institucional del citado Programa.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

El Área PSA del FONAFIFO está encargada de garantizar el buen funcionamiento del Programa de PSA. Desde allí, se coordinan todas las actividades relacionadas con los lineamientos (decretos, manuales de procedimiento de PSA), procedimientos técnicos, estadísticas, trámite de pago a beneficiarios (as) de contratos PSA, evaluación y monitoreo del Programa de PSA.

4.4.2 *Financiamiento*

Inicialmente, la principal fuente de financiamiento del Programa por Pago de Servicios Ambientales (PPSA) consistió en destinar un tercio de los recursos generados por el impuesto de consumo a los combustibles, de conformidad con el artículo 69 de la Ley 7575. Posteriormente, este impuesto fue modificado por la Ley de Simplificación Tributaria, creándose el impuesto único a los combustibles, del cual un 3,5% es destinado PPSA. Esta determinación refleja una clara visión del legislador, al establecer una fuente de financiamiento que garantice la sostenibilidad del Programa.

El mismo marco legal vigente (Ley Forestal) establece en su artículo 47, otras fuentes potenciales de recursos para fortalecer los programas que desarrolla la institución, tales como: Aportes financieros recibidos del Estado, mediante presupuestos ordinarios y extraordinarios de la República u otros mecanismos. Donaciones o créditos que reciba de organismos nacionales e internacionales. Créditos que el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal obtenga, así como recursos captados mediante la emisión y colocación de títulos de crédito. Entre otros.

Adicionalmente el FONAFIFO ha propiciado la participación de entes internacionales como el Banco Mundial y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, por medio del Proyecto Ecomercados y del Gobierno Alemán, a través del KfW que aporta recursos para el Programa Forestal Huetar Norte. Sin embargo, hasta la fecha los recursos disponibles para la inversión no han sido suficientes para abastecer la creciente demanda. Ante esto, el FONAFIFO ha desarrollado mecanismos y convenios con la empresa privada local para generar fuentes alternas de financiamiento para el Programa de PSA, los cuales han resultado sumamente exitosos y han permitido que más productores se beneficien con los recursos movilizados mediante la aplicación de este instrumento. La inversión que la empresa privada ha realizado es de aproximadamente US\$7 millones durante los últimos años.

4.4.3 *Monitoreo y evaluación*

El FONAFIFO diseñó un esquema de monitoreo y evaluación apoyado por moderna tecnología y personal calificado. A través de esta herramienta, se realizan las labores necesarias para garantizar que los recursos invertidos se empleen eficientemente y lleguen a quienes efectivamente brindan los servicios ambientales.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Este monitoreo se realiza mediante varias actividades: la visita del personal del Área PSA y de las Oficinas Regionales a fincas sometidas al PSA, la revisión de informes de regencias aportados por los Regentes Forestales, las auditorías a las que es sujeto el FONAFIFO y el Programa PSA, acompañado del SIG y SIAP como herramientas en el seguimiento y monitoreo, que permite, en conjunto con la plataforma informática, manejar toda la información de los contratos PSA, combinando diferentes elementos, tales como criterios técnicos, aspectos legales, geográficos y financieros, de esta manera, se brinda la transparencia y el respaldo del Programa de PSA.

El programa de PSA ha permitido alcanzar objetivos, en combinación con otras acciones del Gobierno de la República, que han impactado positivamente en:

- Reducción de la tasa de deforestación.
- Recuperación de la cobertura forestal y tierras degradadas.
- Mecanismo eficaz de lucha contra la tala ilegal.
- Promoción de la producción y las exportaciones no tradicionales y aprovechamiento de mercados potenciales.
- Promoción de la industria forestal.
- Contribución al desarrollo rural.
- Contribución a las estrategias nacionales de lucha contra la pobreza.
- Contribución al cumplimiento de las metas ambientales globales.

4.4.4 Características de los proyectos de PSA

El PSA es reconocido por área y número de árboles, según las siguientes modalidades:

Proyectos de reforestación:

- Área mínima: 1 ha/año.
- Área máxima: 300 has/año.
- En proyectos con pago por adelantado el área máxima es 50 has/año.

Proyectos de regeneración natural:

- Área mínima: 2 ha/año.
- Área máxima: 300 has/año.

Proyectos de protección de bosque, protección de recurso hídrico y protección de bosque en vacíos de conservación:

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

- Área mínima: 2 ha/año.
- Área máxima: 300 has/año.

Proyectos de sistemas agroforestales (SAF):

- Cantidad de árboles mínima: 350 árboles/año.
- Cantidad de árboles máxima: 10.000 árboles/año.

Características y Distribución de los Pagos de los Servicios Ambientales del periodo 2008-2009								
Modalidades	Cantidades percibidas	Año					Sup/arb min	Sup/arb max
		1º	2º	3º	4º	5º		
Protección de Bosque	\$ 320 /ha	20%	20%	20%	20%	20%	2 ha/año	300 ha/año
Regeneración natural	\$ 205 /ha	20%	20%	20%	20%	20%	2 ha/año	300 ha/año
Reforestación	\$ 980 /ha	50%	20%	15%	10%	5%	1 ha/año	300 ha/año
Sistemas Agroforestales	\$1.3 /árbol	65%	20%	15%	-	-	350 arboles	3500 arboles

Figura 14: Requisitos de PSA.

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Sistema Agrícola

4.5.1 Antecedentes De La Finca

Las dos fincas en las que se desarrolló el proyecto se denominan “Caledonia” y “Porode abajo”.

Las dos fincas eran utilizadas para la producción de caña, pero debido a la topografía se decidió cambiar hace 25 años, el tipo de plantación para café, ya que se trata de plantaciones que tienen un manejo más sencillo y la producción de caña era muy elevada en dichas parcelas debido a su pendiente, no siendo rentable dicha producción.

En las dos fincas se realizó un inventario en el cual se tomaron diferentes datos de los árboles que se utilizaban para dar sombra a las plantaciones de café y poder sacar el valor de la madera que se encuentra en pie, así como a la vez realizar un estudio económico de ambas plantaciones.

4.5.2 Caracterización De La Especie Agrícola

4.5.2.1 Caffe arabica

Existe gran variedad en cuanto a tipos de plantas de café y cada especie y variedad ofrece un fruto diferente. Aunque se calcula que hay más de sesenta especies de café en el mundo, las especies arábica y robusta suman el 98% de la producción mundial, siendo por lo tanto las más comunes del mercado.

La variedad arábica se cultiva en terrenos de mayor altitud, siendo la recolección mucho más costosa y su nivel de cafeína menor. Todo esto hace que su precio sea más elevado.



Figura 15: *Caffe arabica*

Fuente: Elaboración propia (Foto)

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

La variedad arábica, cultivada en Centroamérica, Sudamérica, Asia y Este de África, es la más apreciada, y representa entre el 70 y 75% de la producción mundial de café. Originaria de las regiones montañosas de Etiopía, sensible al calor y la humedad, crece en altitudes superiores a los 800 metros y cuanto más alta sea la cota, mejor suelen ser las cualidades del grano de café. El café arábica comprende un gran número de variedades dependiendo de su lugar de cultivo: diferentes suelos, altitudes, climas, etc. Algunas de ellas son typica o bourbon.

Entre sus características podemos destacar que los cafés Arábica son muy perfumados, dulces, ligeramente ácidos y con grandes matices de sabor, con una crema color avellana claro que tiende al rojizo y un agradable toque amargo. El café del arábica está considerado de mayor calidad que el de robusta.

Las variedades más conocidas de este tipo de café son las siguientes:

Typica, también conocida como Criollo: Descendiente de la variedad original de África, es la que mejor se adaptó al terreno, y por fortuna ya que es una de las mejores variedades. Es un café de porte alto que otorga en la taza un sabor excelente. De producción baja, no es muy resistente a los vientos fuertes, siendo su mejor entorno el cosecharlo bajo sombra.

Bourbón: También es un café de porte alto y proviene de la isla Reunión, antes llamada Bourbon. Variedad muy apreciada por ser más resistente a los vientos, adaptable a cualquier altura y tener una mayor producción que la Criolla. Su producción más fuerte proviene de Chiapas (México), quienes la trajeron de Guatemala.

Otra de sus características interesantes, que pueden permitir además diferenciar los distintos tipos, consiste en reconocer ambos granos a simple vista.

- Antes de ser tostados, los arábica tienen un tono verdoso, mientras que en la variedad robusta los granos tienden a ser más pálidos.
- Los arábica son más planos y alargados (aunque hay excepciones), mientras que los robusta suelen ser más abombados, más convexos.
- Los granos del café arábica son más grandes.

4.5.2.1.1 Plagas Y Enfermedades Del Café

Las enfermedades y plagas de las plantas de café, conducen en el método de cultivo convencional, al uso de pesticidas y plaguicidas inorgánicos, que no sólo dañan el medio ambiente, sino que, además, pueden afectar seriamente la salud de los consumidores. Por tal motivo, el cultivo orgánico de café y la comercialización de café orgánico se están incrementando paulatinamente, a partir de la toma de conciencia ecológica de productores y consumidores.

BROCA DEL CAFÉ

Hypothenemus hampei es una especie de coleóptero curculiónido de la subfamilia Scolytinae originario de África, del tamaño de la cabeza de un alfiler. Es conocido por ser la plaga que más daño causa a los cultivos de café a nivel mundial (70 países).

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

El hospedador principal de *H. hampei* es *Coffea arabica*, pero se han encontrado casos de afección en otras especies de este género. Las hembras adultas atacan los frutos del café en un período que va desde ocho semanas tras la floración hasta 32 semanas (cuando se realiza la cosecha). Estas prefieren atacar drupas maduras cuando están disponibles. Luego que una hembra entra al fruto construye galerías y coloca unos huevos ovoides en depósitos verdes, marrones o grises en el endosperma, que sólo sólido puede ser adecuado para el desarrollo de la prole. Si la hembra ataca un fruto que tiene un endosperma líquido e inmaduro, penetra sólo hasta el mesodermo y espera varias semanas hasta que el fruto madure

- Control

Esta plaga puede causar la pérdida de toda una cosecha si no se toman medidas adecuadas de control. Es difícil tomar medidas de control después de la recolección, por lo cual lo más prudente es prevenir el ataque. El control se ve dificultado debido a la poca predictibilidad del clima, los patrones de floración y los procesos migratorios del barrenador. La aplicación de un determinado control de manera conjunta y cronometrada es difícil debido a que el café es un árbol perenne, con varias floraciones y con un largo período de floración y fruto.

- Control preventivo

A pequeña escala, el control preventivo se realiza inspeccionando rigurosamente las salidas y entradas de frutos contaminados a las fincas cafeteras con el objeto de evitar el comienzo de una epidemia. A gran escala, es esencial la implementación de políticas fronterizas que supervisen la entrada de la broca en países donde se cultiva café.

- Variedades resistentes

Existen especies de *Coffea* resistentes (antibiosis) a la broca. Si bien la especie *C. kapakata* parece ser una de las más resistentes, otras variedades tales como *C. arabica* y *C. canephora* también han mostrado resistencia. Con estas variedades se intenta hacer híbridos y/o cafetales mezclados como medida de control.

- Control químico

Parece ser que los insecticidas son efectivos justo cuando la hembra entra en el endospermo, no obstante su efecto se minimiza a medida que la infección se desarrolla. Los insecticidas clorpirifós (O, O-dietyl O-3,5,6-tricloro-2-pyridyl fosforotioato) y endosulfán (6,9-metano-2,4,3-benzodioxatiepín) son los más usados para el control de la broca. El endosulfán causa una alta mortalidad, pero se han encontrado organismos resistentes en Nueva Caledonia. Son comunes los casos de envenenamiento, por lo que hoy se intenta recurrir a agentes más inocuos tales como fenitrothion, fenthion y pirimiphos methyl. No obstante, en general cualquier insecticida es peligroso para la salud del ser humano y dañino para el ambiente.

LA ROYA DEL CAFÉ

La *Hemileia vastatrix* es un hongo del orden Pucciniales que causa la roya en las hojas de café, una enfermedad que está devastando a las plantaciones de café.

Es una enfermedad que está presente en todo el país y durante la mayor parte del año. Su importancia es mayor en zonas cafetaleras de altura media y baja. La enfermedad se ve favorecida por las temperaturas cálidas y ambientes húmedos y lluviosos.

Los síntomas consisten en la formación de manchas con apariencia amarillenta en la parte superior de la hoja y la formación de un polvo anaranjado en la parte inferior (envés). Las lesiones viejas pueden mostrar un color negro con borde amarillento, sobre todo al inicio de la época lluviosa.

En ataques severos, el daño principal es provocado por la caída de gran cantidad de hojas, que causan un debilitamiento general de la planta, una maduración muy irregular de la cosecha y una reducción de la producción para el siguiente año, alrededor de un 20%.

- Control:

El adecuado control de esta enfermedad se ve favorecido mediante la puesta en práctica de las siguientes recomendaciones:

- Establecer distancias de siembras adecuadas según la variedad y región cafetalera.
- Podar las plantas agotadas o enfermas.
- Deshijar dos veces al año, dejando 2 ejes por punto de siembra.
- Hacer un control eficiente de las malezas.
- Hacer uno o dos arreglos de sombra por año, manteniendo alrededor del 40% del sombrío.
- Realizar una buena fertilización de acuerdo con los resultados del análisis de suelos.
- Aplicar los fungicidas recomendados en los momentos y dosis establecidos.

4.5.3 Estado Actual

En la actualidad las dos parcelas analizadas, siguen con la producción de café como lo han hecho desde que se cambiaron la caña de azúcar por el café arabica en esas plantaciones debido a la pendiente principalmente en ambas parcelas, que dificultaba el manejo de la caña de azúcar y con la producción de café es más sencillo, ya que se trabaja siguiendo las curvas de nivel tanto para la preparación de terreno, implantación y recolección.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

4.5.4 Mercado Del Café

En Costa Rica la comercialización de café se encuentra totalmente en manos del sector privado, pero el Estado mantiene la supervisión y el control de la misma a través del Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE), donde están representados todos los sectores que intervienen en la actividad: Productores, Beneficiadores, Exportadores y Torrefactores.

Las relaciones entre estos cuatro sectores, están reguladas por las disposiciones contempladas en la Ley N° 2762 del 21 de junio de 1961 y sus reformas, así mismo por el Reglamento a la citada Ley. Esto con el propósito de garantizar una participación justa para cada ente participante en la actividad cafetalera.

En la siguiente tabla se puede apreciar la estructura del sector cafetalero para la cosecha 2015-2016, en comparación con la situación que existía hace diez años atrás, en la cosecha 2005-2006.

Sector Cafetalero	Cosecha		Diferencia
	2005-2006	2015-2016	
Productores ^a	55 247	45 445	-9 802
Firmas Beneficiadoras	113	239	126
Firmas Exportadoras ^b	59	72	13
Firmas Torrefactoras	53	80	27

Costa Rica: Producción de café cae 15%

El clima y el comportamiento cíclico bianual explican la reducción en la cosecha 2016/2017 respecto a la anterior, pasando de 2,23 millones de sacos de 46 kilos a 1,89 millones.

Aunque respecto a la cosecha 2015/16 se registró una baja de 15%, el resultado final de la producción cafetalera fue un 6,4% superior a lo que se había estimado en Octubre de 2015.

La alta cotización del café y los buenos premios que está pagando el mercado internacional por el grano de alta calidad están generando confianza entre los productores costarricenses y, de paso, impulsando nuevas inversiones.

En el último año, la cotización del café se ha duplicado en la bolsa de Nueva York y los caficultores locales creen que esos precios no son pasajeros. Al cierre de mayo, el costo promedio del quintal (46 kilos) se cotizaba en \$275.

No obstante, el premio que se paga por el grano de alta calidad oscila entre los \$10 y \$40 por encima de la cotización de Nueva York, según confirmaron varios productores.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Eso los ha motivado a acelerar algunas inversiones enfocadas en la renovación, mejora y ampliación de sus plantaciones.

Darle mayor atención a la finca, el uso de fertilizantes, la adquisición de almácigos para ampliar y renovar cafetales, y hasta la capacitación intensiva a los caficultores son parte de las acciones que están aplicando.

La industria de café de alta calidad se siente optimista dado que la cosecha 2011-2012 ya se está vendiendo y se negocia sobre la base de un precio bastante alto.

“Se va disfrutar de un valor mucho mayor. La expectativa es muy optimista”, comentó Rafael Hernández, presidente de la Asociación de Café Finos de Costa Rica.

En el país, existen 48.256 productores de café registrados en el Instituto del Café de Costa Rica (Icafe), pero se desconoce cuántos se dedican exclusivamente a la producción de alta calidad.

La Asociación calcula que sus agremiados son responsables del 75% de las exportaciones de café del país.

Las ventas al exterior del grano alcanzaron los \$174 millones en el primer cuatrimestre del año, un 43% más que al mismo periodo del 2010. Ese monto ya presenta casi el 70% de todo lo exportado el año pasado.

En la actualidad el precio del café es de 132.60 USD/fanega.

1 fanega = saco de 46 kg.

5 Modelo Selvícola De Forestería De Ingreso Sostenible

Con la información anterior y siguiendo el concepto de Forestería de Ingreso Sostenible, que va más allá que la agroforestería y, otorga mayor importancia al sistema forestal en este caso con los eucaliptos, el cual se complementa o enriquece con los otros elementos productivos en el caso de este modelo con café. Además de fomentar la multifuncionalidad de los sistemas forestales y optimizar los efectos benéficos de las interacciones de sus componentes (forestal, animal, agrícola etc.), la FIS pretende estudiar el sistema desde el punto de vista económico y mejorar su rentabilidad en el corto plazo, es decir, en los primeros años de la inversión, en la que ésta más pesada. Su fin último, es el de mejorar los flujos de caja de cada periodo, entendidos como diferencia entre ingresos y costos, para facilitar el desahogo económico de los pequeños productores e inversionistas y ayudarlos en sus decisiones.

Con lo descrito anteriormente se realiza un modelo en el que se otorga mayor importancia a la especie forestal, ya que el problema que se encuentra en las fincas de café con eucalipto es que está en desuso, debido a que la producción de café disminuye notablemente bajo la sombra de eucalipto, y la madera producida por estas especies, así como los PSA no se contemplan para obtener un beneficio en el sistema.

El modelo selvícola tiene que tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Cumplir con los requisitos que se exigen para los PSA.
2. Que la especie forestal, en este caso el eucalipto, no perjudique la producción ni el sistema agrícola, en este caso el café.
3. Obtener un beneficio de la especie forestal, que cumpla con el concepto de FIS.

El modelo definido en este caso tiene un turno o periodo de rotación de 16 años, porque es el turno en donde se obtiene mayor beneficio de los eucaliptos y la producción de café disminuye a partir de esa edad.

En primer lugar, se define la densidad de árboles que habrá en el modelo, que en este caso para que cumpla los requisitos del PSA y la coexistencia del sistema forestal con el agrícola, se propone tener una densidad de 350 árboles/ha, que es el mínimo exigible para cobrar el PSA y es una densidad que, aunque es un poco elevada puede coexistir con el café y ser utilizado para dar sombra, que es la función principal del eucalipto en este sistema de FIS.

Se realiza la plantación de ambas especies agrícola y forestales al mismo tiempo, para de un modo aprovechar las labores realizadas para la plantación del café, y de esa manera abaratar gastos de implantación.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

A continuación, para cumplir con los requisitos del PSA se deja la misma densidad de pies/ha durante tres años en los cuales los eucaliptos realizan una gran captación de CO₂ (ya que se trata de una especie que en los primeros años es cuando mayor captación realizan, debido a su crecimiento) y cumplen con las diferentes funciones tanto ecológicas, biológicas, de diversidad, etc. Y el único tratamiento que se realiza en la masa son las podas si fuesen necesarias para regular la sombra que precisan las plantas de café, ya que con esa densidad se pueden ver afectadas con el crecimiento de los eucaliptos y reducir considerablemente su producción.

El sistema agrícola y los PSA producen beneficios durante los tres primeros años, y eso hace que el flujo de caja sea positivo.

Al finalizar el tercer año se realiza una disminución de la densidad de los 350 árboles/ha, se reducen a 150 árboles/ha, esta reducción se debe a que se ha comprobado que demasiada sombra a las plantas de café no les beneficia ni en el tema fitosanitario ni en la producción. Por ello al cumplir con los requisitos del PSA para sistemas agroforestales y obtener los ingresos de dichos PSA, se realiza el primer raleo en donde se empieza a obtener beneficio de la especie forestal, ya que al tratarse de una especie que tiene un gran crecimiento en este lugar, se obtiene beneficio en la venta para biomasa.

Todas las labores realizadas a la hora de la extracción de la madera, deben de respetar en la medida de lo posible el cultivo agrícola, es decir:

- Se realizará la extracción de la madera cuando finalice el periodo de recolección del café.
- Los árboles se apearán siempre que sea posible entre las calles que se encuentran entre hilera de café e hilera de café.
- A la hora de la extracción se hará con cuidado de no dañar las plantas de café, hasta las pistas que se encuentran en la parcela.
- Si se hace un gran daño en el apeo de la madera sobre el café, se repondrán las marras que se ocasionen.

Una vez regulada la densidad al finalizar el tercer año, se deja la masa sin tocar durante un periodo de dos años en los que el ingreso que se obtiene es de la producción de café. Y al finalizar el quinto año se realiza el segundo raleo para controlar la sombra de nuevo, y se reduce la densidad de 150 árboles/ha a 90 árboles/ha, con unos fines para biomasa la madera obtenida.

El crecimiento anual de los eucaliptos en estas latitudes es mayor con respecto a otros lugares debido a las condiciones climáticas principalmente que se encuentran en la zona de estudio, por lo que se obtiene un beneficio mayor, que hace que el flujo de caja siga siendo positivo con este sistema.

Al finalizar el séptimo se vuelve a reducir la densidad atendiendo a las condiciones de sombra para la producción de café, reduciendo dicha densidad de 90 árboles/ha a 70 árboles/ha, la madera obtenida en este caso puede ser utilizada para biomasa o para la producción de celulosa de papel, lo que incrementaría los ingresos obtenidos de la madera.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Siguiendo con el modelo planteado de reducir la densidad para controlar la sombra que necesita el café, se realiza el último aclareo al finalizar el onceavo año en donde se reduce la densidad de 70 árboles/ha a 50 árboles/ha que pueden tener la misma finalidad que los árboles apeados en el anterior aclareo es decir para la producción de celulosa de papel (que se obtiene mayor beneficio con ello), o para biomasa (que nos es recomendable, debido a que se obtendría menor beneficio).

La última labor que se realiza es la corta final a los 16 años, en donde se hace la última recolección de café y se aprovecha para hacer la extracción de las plantas de café y cortar los árboles que se encuentran en la parcela.

De esta manera se cierra el ciclo y se vuelven a realizar las labores de implantación de las especies forestales y agrícola, siendo todo ello financiado con el dinero obtenido de la corta final, que da un ingreso superior a los gastos de implantación, por lo que deja un beneficio final también para el dueño, beneficiándose este del modelo de FIS planteado, ya que el flujo de caja siempre va a ser positivo.

6 Resultados y Discusión.

Para poder aplicar la estrategia de Forestería de Ingreso Sostenible se debe de explicar el concepto de Flujo de caja en una empresa, que es el conjunto de ingresos y costos o gastos que existen en una empresa en un periodo determinado.

Con este sistema se pretende que el flujo de caja siempre sea positivo o nulo, pero no negativo de manera que el empresario no posea perdidas en los primeros años de su actividad y pueda obtener un beneficio o al menos se encuentre en una situación neutral con respecto a su actividad comercial.

Conocer el flujo de caja es importante a la hora de organizar una empresa, ya que se trata de un informe financiero en donde se puede visualizar de una manera rápida la situación de la empresa, así como su liquidez, una información precisa para poder tomar decisiones sobre la viabilidad del proyecto que se pretende desarrollar o se está desarrollando.

La importancia de conocer el comportamiento del flujo de caja de una empresa radica en que se trata de un informe financiero que nos permite conocer de forma rápida la liquidez de la empresa, información clave para tomar decisiones sobre si es viable o no continuar con la idea de proyecto (Apaza 2009). Para ello se calculan los indicadores más utilizados en el análisis de proyectos como son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), Relación Beneficio Coste (*B/C*): Indica la ganancia neta generada por el proyecto por cada unidad monetaria invertida y el Periodo de Retorno de Inversión.

Para elaborar un flujo de caja se debe contar con la información sobre todos los ingresos y gastos generados en el transcurso de un periodo de tiempo de todas las actividades desarrolladas en el proceso de explotación. Como ya se ha descrito anteriormente las actividades desarrolladas en la finca y que se van a tener en cuenta en el análisis financiero son tres: forestal, agrícola y ganadera. La recopilación de la gran cantidad de información necesaria de los tres sistemas, ha provenido de diferentes fuentes de información: entrevistas al personal de la finca, llamadas a proveedores, fuentes bibliográficas o trabajos anteriores realizados dentro de la cátedra de Gestión Forestal Territorial del CATIE como el análisis financiero del parte forestal realizado por Justine Kent, economista forestal.

La moneda oficial de Costa Rica es el Colón, por lo que la mayoría de información recogida provenía en esta moneda. En ocasiones, sobre todo cuando se habla de cantidades grandes o de precios internacionales se utiliza el dólar americano, que es con la moneda que trabaja la empresa, por lo que los datos aparecen en dólares americanos (USD) y colones costarricenses (CRC):

Tabla 2 Cambio entre CRC-USD-EUR

1 DÓLAR = 570 CRC	1 CRC = 0,00175302 USD
1 EUR = 637,079CRC	1 CRC = 0,00156966 EUR

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

La escala o unidad de análisis utilizada es la hectárea, por lo que todos los precios y rendimientos utilizados son referidos a esta unidad de superficie.

El análisis económico solo se ha tenido en cuenta la especie eucalipto por ser la única especie forestal plantada en la finca.

6.1 Determinación del periodo de análisis

Uno de los aspectos importantes a la hora de realizar un análisis financiero es determinar el periodo de tiempo a estudiar. La duración es un factor determinante en la rentabilidad de todo proyecto ya que el tiempo tiene un costo.

A la hora de determinar el periodo de análisis se han tenido en cuenta dos aspectos principalmente, que son los turnos de las especies cultivadas el café y el eucalipto. Como los turnos de renovación son relativamente parecidos se decidió analizar el flujo de caja en un periodo de 16 años, ya que es una edad en la que se obtienen unos individuos de buen porte en los que se refiere a los eucaliptos y la plantación de café puede ser renovada, ya que su producción empieza a descender aproximadamente en ese periodo.

6.2 Estructura de Costos

Los costos de las plantaciones se obtuvieron de la información facilitada por la empresa Juan Viñas S.A., por los datos tomados en campo e información obtenida en el CATIE.

Se estudian dos tipos de plantación para realizar la comparación con lo cual se hace referencia a diferentes costos en función de la plantación que se está analizando.

Los costos anuales por hectárea de una plantación de café fueron facilitados por la empresa, pero debido a políticas de privacidad no se presenta el desglose de dichos costos que son los siguientes:

Tabla 3 Tabla de costos anuales de una plantación de café \$/ha/año (incluyendo la cosecha)

Actividad	USD /ha/año
Salarios	598,9
Materiales	556,6
Otros gastos	310
Cosecha	793
Salarios de operarios en cosecha	62,6
Resiembra	117
TOTAL	2869

La estructura de costos de implantación de café recomendación técnica nacional cosecha (CRC/ha) se obtuvo de los datos aportados por el CATIE.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Tabla 4 Costo de implantación de una plantación de café (CRC/ha)

Rubro de costo	Coficiente técnico	Unidad técnica	Costo unitario	Unidad costo	Costo total (CRC)	Porc.
1 Mano de obra:					1367279.88	52.6%
Labores de cultivo	786.5	hh/ha	1210.61	CRC/hh	952144.77	36.6%
Cargas sociales	43.00	%			415135.12	16.0%
2 Insumos agrícolas:					1126703.29	43.3%
Almácigo (siembra)	5200	ptas/ha	152.58	CRC/pta	793392.58	30.5%
Insecticida-Nematicida	28.2	kg/ha	2652.83	CRC/kg	74809.81	2.9%
Fórmula de siembra	225.3	kg/ha	350.10	CRC/kg	78 877.53	3.0%
Fórmula completa	271.2	kg/ha	336. 17	CRC/kg	91 169.30	3.5%
Fórmula nitrogenada	150.2	kg/ha	269.66	CRC/kg	40 502.93	1.6%
Ferbam	0.79	kg/ha	7 415.86	CRC/kg5	5858.53	0.2%
Clorotalonil	0.74	(L-kg) /ha	7238.20	CRC/(L-kg)	5 356.27	0.2%
Coadyuvante	1.22	L/ha	4 162.76	CRC/L	5 078.57	0.2%
Foliar: Zinc	1.49	L/ha	6 176.72	CRC/L	9 203.31	0.4%
Foliar: Boro	0.77	kg/ha	1 561.29	CRC/kg	1 202.19	0.0%
Foliar General	1.51	L/ha	6 147.85	CRC/L	9 283.25	0.4%
Glifosato	3.92	L/ha	3 053.32	CRC/L	11 969.01	0.5%
3 Transporte de insumos:					37 489.14	1.4%
Transporte de Abonos	646.7	kg/ha	9.04	CRC/kg	5 847.66	0.2%
Transporte de Almácigo	5 200	ptas/ha	6.08	CRC/pta	31 641.48	1.2%
Costos Directos + Transporte (CRC):					2 531 472.31	97.4%

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

4 Otros costos indirectos:				68 204.38	2.6%
<u>Depreciación</u>				11 705.91	0.5%
Construcciones			CRC/ha	2 180.61	0.1%
Equipo Agrícola			CRC/ha	9 525.30	0.4%
<u>Mantenimiento</u>				40 086.73	1.5%
Construcciones			CRC/ha	1 692.15	0.1%
Medios de Transporte			CRC/ha	36 669.25	1.4%
Equipo Agrícola			CRC/ha	1 485.95	0.1%
Herramientas Agrícolas			CRC/ha	239.38	0.0%
<u>Gastos administrativos</u>				16 411.74	0.6%
			TOTAL	2599676.68	100%
			TOTAL/ha	4564,51 USD/ha	

Al igual que los costos de implantación de café, los costos de implantación de eucalipto se obtuvieron del CATIE y son los siguientes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Tabla 5 Costos de implantación de Eucalipto en un sistema agroforestal (CRC/ha)

CONCEPTO	AÑO	Unidad técnica	CANTIDAD	Costo unitario (CRC)	Costo total (CRC)
Costos de implantación					209751,434
Insumos técnicos					100632,582
Plantines (plantación)	0	Unidad	350	179,303279	62756,1475
Herbicidas (Pre y Pos emergente)	0	lts.	1,5	3176,22951	4764,34426
Insecticida	0	Kg.	1	3073,77049	3073,77049
Fertilizantes	0	Kg.	33,6	355,020492	11928,6885
Cal agrícola	0	Kg.	350	33,8114754	11834,0164
Plantines (reposición)	0	Unidad	35	179,303279	6275,61475
Insumos físicos					109118,852
Subsolado	0	Hora	1	39959,0164	39959,0164
Control de hormiga	0	Jornal	1	7684,42623	7684,42623
Control Preemergente	0	Jornal	1,5	7684,42623	11526,6393
Plantación	0	Jornal	2,5	7684,42623	19211,0656
Control de Malezas	0	Jornal	1,5	7684,42623	11526,6393
Fertilización	0	Jornal	1,5	7684,42623	11526,6393
Reposición de plantines	0	Jornal	1	7684,42623	7684,42623
Costo de manejo silvicultural					158010,861

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Insumos Técnicos					23533,4016
Herbidas	1 a 8	lts. (3 x Há)	1,5	3176,22951	4764,34426
Insecticida	1 a 4	Kg.	1	3073,77049	3073,77049
Fertilizantes	3	Kg.	20,4	355,020492	7242,41803
Cal Agrícola	3	Kg.	250	33,8114754	8452,86885
Insumos Físicos					134477,459
Control de malezas	1 a 8	Jornal	2,5	7684,42623	19211,0656
Control de hormigas	1 a 4	Jornal	1	7684,42623	7684,42623
Fertilización	3	Jornal	1	7684,42623	7684,42623
1ra poda	1	Jornal	2	7684,42623	15368,8525
2da poda	1	Jornal	2	7684,42623	15368,8525
3ra poda	2	Jornal	3	7684,42623	23053,2787
4ta poda	2	Jornal	3	7684,42623	23053,2787
1er Raleo	2	Jornal	1	7684,42623	7684,42623
2do Raleo	5	Jornal	2	7684,42623	15368,8525
				TOTAL	367762,295
				TOTAL/ha	645,72 USD/ha

6.3 Estructura de ingresos

Los ingresos obtenidos reflejan la producción por hectárea de cada parcela analizada con el valor del producto obtenido en el mercado. (132.60 USD/ha)

Las producciones de café fueron facilitadas por la empresa Juan Viñas S.A. dando los siguientes ingresos reflejados en las tablas.

Tabla 6 Tabla de producción/ha en la finca “María” que incluye las parcelas de “Caledonia” y “Poro de abajo” (plantaciones con eucalipto).

Año	Fanegas (saco de 46kg)/ha	Valor de mercado (USD/ha)
2001-2002	23,34	3094,884
2002-2003	23,12	3065,712
2003-2004	27,93	3703,518
2004-2005	21,31	2825,706
2005-2006	24,04	3187,704
2006-2007	22,26	2951,676
2007-2008	38,13	5056,038
2008-2009	26,69	3539,094
2009-2010	20,31	2693,106
2010-2011	23,54	3121,404
2011-2012	25,5	3381,3
2012-2013	22,58	2994,108
2013-2014	11,9	1577,94
2014-2015	36	4773,6
2015-2016	8	1060,8
2016-2017	24,57	3257,982

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Tabla 7 Tabla de producción de fanegas/ha en la finca “El sitio” (plantaciones con poro)

Año	Fanegas/ha	Valor de mercado (USD/ha)
2001-2002	36,42	4829,292
2002-2003	31,93	4233,918
2003-2004	35,42	4696,692
2004-2005	21,01	2785,926
2005-2006	20,77	2754,102
2006-2007	27,78	3683,628
2007-2008	29,15	3865,29
2008-2009	33,23	4406,298
2009-2010	23,1	3063,06
2010-2011	23,72	3145,272
2011-2012	21,6	2864,16
2012-2013	22,2	2943,72
2013-2014	19,36	2567,136
2014-2015	42	5569,2
2015-2016	20	2652
2016-2017	27,32	3622,632

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Los ingresos forestales se obtienen de los raleos realizados en los años 3, 5 y 7, y las cortas de del año 11 y la corta final de año 16.

Los datos utilizados para el análisis económico de los eucaliptos son derivados de los datos recogidos en campo de los eucaliptos que se encuentran en la zona de estudio y cubicados mediante el programa “Cubica” en el cual se ha utilizada una tarifa de cubicación de *Eucalyptus grandis*, sacando con ello el volumen total de las parcelas, y suponiendo los que tienen un crecimiento constante se obtienen los m³/ha/año. Los precios utilizados para calcular el valor son los citados anteriormente en el mercado del eucalipto en Costa Rica.

La densidad que se utiliza es de 350 árboles /ha para poder cumplir el pago por servicios ambientales, y concluidos los tres años que se deben de cumplir, se reduce esa densidad a una densidad más adecuada para la producción del café y a medida que los árboles van creciendo, se reducen las densidades en función de la sombra que demande el café.

Tabla 8 Ingresos forestales m³/ha/año

AÑO	Nº DE ÁRBOLES	INCREMENTAL ANUAL (m ³ /ha/año)	VOLUMEN COMERCIAL (m ³)	VALOR (CRC)	VALOR (USD)
0	350	40,376805	0	0	0
1	280	80,75361	0	0	0
2	350	121,130415	0	0	0
3	350	28,840575	92,28984	4510204,48	7919,01703
4	150	69,21738	0	0	0
5	150	80,369069	29,225116	1428231,42	2507,68873
6	90	120,745874	0	0	0
7	90	93,913459	26,832415	1690120,16	2967,51297
8	70	134,290264	0	0	0

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

AÑO	Nº DE ÁRBOLES	INCREMENTAL ANUAL (m ³ /ha/año)	VOLUMEN COMERCIAL (m ³)	VALOR (CRC)	VALOR (USD)
9	70	174,667069	0	0	0
10	70	215,043874	0	0	0
11	70	153,602774	61,4411	3870052,01	6795,03731
12	50	193,979579	0	0	0
13	50	234,356384	0	0	0
14	50	274,733189	0	0	0
15	50	315,109994	0	0	0
16	50	355,486799	355,4868	23806951	41800,2446
		TOTAL	565,275271	35305559,1	61989,5006

6.4 Flujo de Caja

Con la información anterior de costos e ingresos se realizan las siguientes tablas que representan el flujo de caja en donde aparecen los datos anteriores más el beneficio neto que es la diferencia anual entre los ingresos y los costos, durante un periodo de 16 años y una inversión inicial en el primer caso de 4564,51 USD/ha, al tratarse de la plantación sin eucalipto.

Tabla 9 Flujo de caja sin eucalipto de la finca “el Sitio” (USD/ha)

AÑO	INGRESO (I)	COSTO (C)	BENEFICIO NETO (I-C)
K		4564,51	
1	4829,292	2869	1960,292
2	4233,918	2869	1364,918
3	4696,692	2869	1827,692
4	2785,926	2869	-83,074
5	2754,102	2869	-114,898
6	3683,628	2869	814,628
7	3865,29	2869	996,29
8	4406,298	2869	1537,298
9	3063,06	2869	194,06
10	3145,272	2869	276,272
11	2864,16	2869	-4,84
12	2943,72	2869	74,72
13	2567,136	2869	-301,864
14	5569,2	2869	2700,2
15	2652	2869	-217
16	3622,632	2869	753,632

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Para el flujo de caja del café con eucalipto se han utilizado los datos de los ingresos obtenidos por la producción de madera, la producción de café y el pago por servicios ambientales. Y para los costos se han utilizado los que provienen de la implantación de café más eucalipto, que es de 5210,23 dólares, y además un gasto anual derivado de la actividad cafetalera incluida la cosecha de 2869 dólares.

Tabla 10 Flujo de caja de la finca "la María" (plantación con eucalipto) (USD/ha)

AÑO	INGRESO (I)	COSTO (C)	BENEFICIO NETO (I-C)
K		-5210,23	
1	3390,634	2869	521,634
2	3156,712	2869	287,712
3	11690,785	2869	8821,785
4	2825,706	2869	-43,294
5	5695,3927	2869	2826,3927
6	2951,676	2869	82,676
7	8023,551	2869	5154,551
8	3539,094	2869	670,094
9	2693,106	2869	-175,894
10	3121,404	2869	252,404
11	10176,337	2869	7307,3373
12	2994,108	2869	125,108
13	1577,94	2869	-1291,06
14	4779,6	2869	1910,6
15	1060,8	2869	-1808,2
16	45058,227	2869	42189,227

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

En ambos flujos de caja se puede observar que la inversión es mayor en el primer año, pero gracias a la producción de café se observa que los beneficios netos son positivos por lo que ninguna de las dos plantaciones da pérdidas hasta el 4º año debido a una mala época en la producción de café.

Citar también que el Pago por Servicios Ambientales durante los tres primeros años ayuda a que el beneficio neto en la plantación con eucalipto, sea positivo, aunque no llega a generar los mismos ingresos que la plantación sin eucalipto, debido a que la producción de café se ve favorecida por el estrés hídrico que con la densidad de eucaliptos que se encuentran en la otra plantación no se produce de la misma manera y hace que la producción de café sea menor.

La evolución de ambas plantaciones es parecida, pero se nota significativamente el incremento del beneficio neto los años en los que se realiza el aprovechamiento maderero, tanto en los raleos como en las cortas y la más significativa es la corta final en donde se obtiene el mayor beneficio de la madera, dejando en un segundo plano la producción de café ya que el volumen de los árboles apeados tiene un valor mayor que el obtenido de la actividad agrícola.

6.5 Estimación de los indicadores financieros

Una vez finalizados los flujos de caja se procede a realizar el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) que son dos parámetros utilizados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto.

Ambos conceptos se basan en lo mismo, y es la estimación de los flujos de caja que tenga la empresa (simplificando, ingresos menos gastos netos).

VAN es calculado a partir del flujo de caja anual, trayendo todas las cantidades futuras (flujos negativos y positivos) al presente.

$$VAN = \sum_{j=0}^n \frac{B_j}{(1-i)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1-i)^j}$$

Dónde: B_j: beneficio en el periodo j.

C_j: costos en el periodo j.

i: tasa de descuento.

j: periodo de tiempo.

Y la Tasa Interna de Retorno es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que se lee a mayor TIR, mayor rentabilidad.

Indica el tiempo de interés que hace el VAN igual a cero.

$$\sum_{j=0}^n \frac{B_j}{(1-i)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1-i)^j} = 0$$

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Relación Beneficio Coste (B/C): Indica la ganancia neta generada por el proyecto por cada unidad monetaria invertida.

$$B/C = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{B_i}{(1-i)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1-i)^i}}$$

En Costa Rica la tasa de interés a la que ha trabajado el crédito en actividades forestales es del 8%, por lo que se utiliza esta cifra para el cálculo de dichos indicadores.

Con el programa de Excel 2016 se introdujeron los datos obtenidos del análisis económico de ambas plantaciones y los resultados son los reflejados en las tablas que se muestran a continuación:

Tabla 11 Indicadores financieros de la finca la "El Sitio" (plantación con café)

VAN	2.870,16 USD
TIR	21%
B/C	4,41569749USD
PIR	2,68 Años

Tabla 12 Indicadores financieros de la finca "La María" (plantaciones con eucalipto)

VAN	22.968,96 USD
TIR	40%
B/C	1,901182098USD
PIR	2,56 Años

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Según estas dos tablas se puede observar que ambas estrategias de negocio son rentables.

Del mismo modo se demuestra también que la estrategia de Forestería de Ingreso Sostenible, es rentable ya que el VAN es mayor que cero, la Relación B/C mayor que uno y la TIR mayor que el costo de oportunidad del capital.

El Valor Actual Neto (VAN) refleja la ganancia neta en valor actual (año 2017) que se obtiene durante el periodo de rotación de 16 años que se cita en el apartado anterior 5.2. Ello indica que se obtendrá una ganancia neta de **22.968,96 USD**, un valor mayor que el obtenido con las plantaciones solo con cultivo de café, siendo el proyecto rentable desde el punto de vista financiero.

La TIR es un indicador del rendimiento financiero de la inversión analizada, que se puede comparar con el costo de oportunidad del dinero o con el rendimiento financiero promedio de otras alternativas de inversión a las que se tiene acceso. El valor obtenido es mayor a la tasa exigida al proyecto con una rentabilidad alta y en este caso el valor obtenido en las plantaciones con eucaliptos es mayor que el obtenido en las plantaciones sin eucalipto siendo ambos respectivamente del **40%** y el **21%**.

La relación B/C refleja los beneficios brutos y netos obtenidos por cada unidad monetaria de que se invierte en ambos proyectos, en este caso se observa que esta relación es mayor en las plantaciones exclusivas de café, aunque el resultado de las plantaciones con eucaliptos casi obtiene el doble de su valor inicial por los invertido, siendo los resultados obtenidos respectivamente de **4,41569749 USD** y **1,901182098 USD**.

Por último, se calculó el Periodo de Retorno de la Inversión que en ambos casos es similar ya que se produce entre el año 2 y el año 3.

En resumen, los resultados del análisis financiero muestran que el modelo de gestión evaluado es rentable desde el punto de vista financiero.

7 Conclusiones

Para dar respuesta al último objetivo del presente trabajo se proponen a continuación una serie de actuaciones a los problemas que se han identificado en las visitas realizadas a la finca para la redacción del presente estudio.

7.1 Identificación de la problemática de los eucaliptos en las plantaciones de café

Según la información facilitada por la empresa Juan Viñas S.A. los problemas que se encuentran en las plantaciones en donde se utilizan los eucaliptos para dar sombra a las plantaciones de café son los siguientes:

- Aparecen los problemas fitosanitarios debido a que los eucaliptos no dejan entrar bien la luz y aparecen diferentes hongos que dañan las plantas de café.
- Por otra parte, las plantas de café no reciben el suficiente estrés hídrico para la floración.
- Disminución de la productividad.
- Competencia por los nutrientes y el agua en el suelo que hace que las plantas de café no crezcan adecuadamente.

7.2 Beneficios de las plantaciones de eucaliptos

Los beneficios que se obtienen de los eucaliptos refiriéndose a los aspectos ambientales son los siguientes:

- Por su mayor tasa de crecimiento y la densidad de su madera, el eucalipto es muy eficiente en la captura de CO₂, fijación de carbono y generación de oxígeno.
- El efecto masa hace que las plantaciones forestales actúen como pulmones de reserva del planeta.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

- Su velocidad de crecimiento y su renovación cada 10 a 15 años hacen que fije más cantidad de carbono.
- El eucalipto promueve la biodiversidad y su plantación crea nuevos espacios naturales.
- El eucalipto recupera suelos degradados, no utilizados o inservibles.
- El eucalipto protege el bosque natural. Una plantación puede ejercer las funciones de área protectora frente a la contaminación.

Los beneficios industriales y sociales son los siguientes:

- Las plantaciones de eucalipto generan empleo y riqueza en el medio rural. Son las familias las propietarias de los terrenos donde se cultiva madera.
- El eucalipto destaca por sus múltiples aplicaciones industriales, rentables y sostenibles.
- Su producción forestal y el rendimiento de la madera hacen del eucalipto blanco el árbol más indicado para la fabricación de celulosa y energía renovable.
- El potencial energético de la biomasa de eucalipto es una oportunidad de desarrollo económico y social.

7.3 Acciones propuestas

- Después del análisis financiero y de las ventajas y beneficios citados anteriormente se obtienen las siguientes conclusiones:
- Se demuestra la rentabilidad de las plantaciones de café con eucalipto, por lo tanto, se recomienda el uso de estas especies en esos cultivos agrícolas.
- Pese a dañar las plantas de café, los eucaliptos tienen un beneficio si se utiliza la madera producida de ellos, y por lo tanto en vez de tener pérdidas se obtendrían ganancias.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

- Al utilizar el eucalipto en las plantaciones de café se frenaría la escorrentía de muchas de las parcelas situadas en lugares con fuertes pendientes y de esta manera hay una menor pérdida de nutrientes.
- Se aumentaría la biodiversidad de las plantaciones de café, siendo un beneficio mutuo y dotando por ello de un sello de calidad para las plantaciones.
- Utilizando los eucaliptos se reduciría la huella de CO₂, ya que se tratan de una de las especies que más CO₂ capta durante los primeros años.
- Se frenaría la deforestación que se está sufriendo en los países latinoamericanos, que cada vez tiene una mayor importancia e impacto en dichos países.
- Se fomentará la implantación de especies forestales en los cafetales y diferentes plantaciones agrícolas con el fin de reducir esos problemas causados por la deforestación.
- En las plantaciones que existen ejemplares de eucalipto, promover que se sigan utilizando y se saque rentabilidad de los árboles existentes, ya que en la mayoría de las plantaciones simplemente no se utilizan.

8 Bibliografía

Apaza, A. 2009: Determinación de la rentabilidad de la producción de madera en la finca forestal del CATIE. Plan de manejo forestal para caoba (*Swietenia macrophylla*). CATIE. Turrialba.

Álvarez González D. 2014: Evaluación de la gestión forestal y propuestas de actuación en una finca tipo de Tres Equis (Costa Rica).

Brenes, G., Solano, F., Mchugh, A., Segura, S., Retana, G. 1999: Diagnóstico del Sistema Socio-ambiental que caracteriza a las Regiones de Turrialba y Jiménez. San José.

Centro Virtual De Noticias De La Educación (CVNE), 2013: Plantaciones de café con eucalipto, Nicolás Frank Bergue experto sobre el tema. Medellín, Colombia. Disponible en : <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-322183.html>

De Camino, R., Morales, J.P., Ordoñez, Y., Vinicio, M., Villalobos., R. 2013: Forestería de Ingreso Sostenible para valorar los bosques y las tierras de vocación forestal. Tercer Congreso Latinoamericano IUFROLAT. San José.

FAO. 2007: Tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina y El Caribe. Roma.

FAO 2017: State of the World's Forests. Chapter 2. Rome. Italy. Disponible en:

<http://www.fao.org/3/a-i3710e.pdf>.

Farfán Valencia F. 2017: Sistema Agroforestal con Café – SAFC. San José, Costa Rica. Disponible en : <https://agroforesteriaycaficultura.jimdo.com/saf-con-caf%C3%A9/>

Farfán Valencia F. 2017: Sistema Agroforestal (SAF). San José, Costa Rica. Disponible en: <https://agroforesteriaycaficultura.jimdo.com/saf/>

Farfán Valencia F. 2012: Producción de café en sistemas agroforestales. Capítulo 8. San José, Costa Rica. Disponible en: <http://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo8.pdf>

Fundación Hondureña De Investigación Agrícola (FHIA), 2004: Producción de café con sombra de maderables. Cortes, Honduras. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/gpcafeconsombramaderables.pdf

González, G.A., Gallegos, A., Hernandez, E., Morales, M.E., 2006: Evaluación del tamaño y forma de sitio de muestreo para inventarios forestales en bosques tropicales. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA). México.

Guariguata, M.R. 2013: Avances y perspectivas del manejo forestal para uso múltiple en el trópico húmedo. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor, Indonesia.

Günter, S., Weber, M., Stimm, B. 2011 Silviculture in the Tropics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Nueva York.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Guthrie J., 2008: *Eucalyptus deglupta*. Disponible en:

<http://pbio209.pbworks.com/w/page/11342400/Guthrie%2C%20J%20-%20Eucalyptus%20deglupta>

Instituto Del Café De Costa Rica (ICAFFE) 2017: Historia del Café de Costa Rica. San José, Costa Rica. Disponible en: <http://www.icafe.cr/nuestro-cafe/historia/>

Instituto Del Café De Costa Rica (Icafe) 2016: Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. Costa Rica. Disponible en: http://www.icafe.cr/wpcontent/uploads/informacion_mercado/informes_actividad/actual/InformeActividadCafetalera.pdf.pdf

Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica (INDER), 2014: Informe de Caracterización Integral Básica Territorio Turrialba-Jiménez. San José, Costa Rica. Disponible en: http://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_central/caracterizaciones/Caracterizacion-Turrialba-Jimenez.pdf

Janzen, D., 1991: Historia natural de Costa Rica. Universidad de Costa Rica. San Jose.

Lecegui Pereperez A. 2015: Forestería de ingreso sostenible, aportes de carbono y evaluación financiera en plantaciones forestales de teca (*tectona grandis* L.f.) con ganado y PSA en la provincia de Guanacaste, Costa Rica.

Martínez HERNÁNDEZ H., 2014 : Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), 2014: Forest Monitoring System for REDD+ Costa Rica, Preselección de especies en la consultoría "Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las reservas de carbono". Disponible en: http://www.fonafifo.go.cr/documentacion/biblioteca/consultorias_investigaciones/FF_5_reforestacion.pdf

Miguel Leiva J., 1997: Estudio Regional de los Sistemas Agroforestales con café, definición de políticas y mecanismos de promoción. Disponible en: https://books.google.co.cr/books?id=Px4OAQAIAAJ&pg=PA27&lpg=PA27&dq=plantaciones+de+caf%C3%A9+con+eucalipto&source=bl&ots=9BGW9wRYAF&sig=ZltnSX4zNYhm7E6SLz6gom6BYQ&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=plantaciones%20de%20caf%C3%A9%20con%20eucalipto&f=false

Oficina Nacional Forestal (ONF), 2017: Listado de precios de la madera en pie, en patio de aserradero y de madera aserrada sin cepillar a nivel nacional en pulgadas madereras ticas (pmt). San José, Costa Rica. Disponible en: <https://www.onfcr.org/article/precios-de-madera/>

Oficina Nacional Forestal (ONF), 2017: Pago por Servicios Ambientales (PSA). San José, Costa Rica. Disponible en: <https://www.onfcr.org/category/productos-y-servicios/>

Restrepo Orozco H.I. 2010: Estimación del rendimiento forestal con información espacialmente explícita y análisis financiero de plantaciones forestales en Colombia. Medellín, Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/48699/1/15534142.2010.pdf>

Sabogal, C., Casaza, J., 2010: Casos ejemplares de manejo forestal sostenible en América Latina y el Caribe. FAO. Roma.

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Sands Dpa, M.S., 2001: Prospects for biological control of *Hypsipyla* spp. with insect agents. *Floyd RB*: 121-130.

Slon Campos D., 2013: Contribución a la fase inicial de la planificación del desarrollo territorial del territorio clave Inder: Turrialba-Jiménez, Costa Rica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A10811e/A10811e.pdf>

Ugalde S., 2012: Precios de la madera en Costa Rica: tendencias de las principales especies comercializadas. Costa Rica Disponible en: http://onfcr.org/media/uploads/documents/precios_de_la_madera_en_cr_y_principales_tendencias_junio_2012.pdf

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

ANEJOS

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Anejo 1

Método de inventario para plantaciones pequeñas

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

73

9 Anejo 1: Metodo De Inventario Para Plantaciones Pequeñas

Las plantaciones pequeñas, los lotes pequeños dentro de fincas y los sistemas agroforestales generan un problema de muestreo, débilmente atendido dentro del esquema del inventario forestal tradicional. Por tanto, la unidad muestral debe ser redefinida, de modo que permita capturar información representativa de la masa forestal, a bajo costo y con un error de muestreo bajo. Con base en plantaciones censadas de distintos tipos, con y sin raleo, de edad avanzada y con grandes claros internos, se validó el método de muestreo basado en árboles individuales. Se construyó un programa que permitió simular 1000 posibles inicios aleatorios de muestreo en plantaciones censadas, donde se determinó la calidad del inventario con una intensidad de 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, 4%, 4,5%, 5% de los árboles en pie. La calidad del inventario se determinó con base en el desvío o error en porcentaje del valor conocido poblacional. Como parámetros se evaluó la magnitud del error en la estimación del promedio, desviación estándar y el error máximo de estimación del DAP, G, mortalidad y sobrevivencia. Así también se revisó la estimación del diámetro máximo, mínimo y la distribución diamétrica. Los resultados indican que con un 3% de los árboles en pie se obtiene suficiente representatividad de la masa forestal. En campo se inicia con un árbol aleatorio y sistemáticamente se muestrea cada 25 árboles (4%) o 33 (3%) de árboles en pie. En cada árbol incluido se contabiliza los vecinos inmediatos presentes a su alrededor, que conforman una parcela imaginaria y un factor de corrección para estimación de área y sobrevivencia.

En el caso de las plantaciones forestales, el muestreo sistemático con un inicio aleatorio es el más utilizado, basado en parcelas circulares de área predeterminada, lo que permite un costo razonable dentro de los límites de tiempo apropiados (Akça, 1993; Kramer y Akça, 1995; Splitter, 1995; Laar y Akça, 1997). Sin embargo, ¿será eficiente aplicar esta técnica de muestreo en áreas pequeñas de 1 a 2 ha. En lotes pequeños, por ejemplo, de 1 ha, ocurre que la única parcela de muestreo de 500 m² ya significa un 5% del área plantada, valor muy superior al 2,5 a 3 % usualmente recomendado para muestreos en estudios de evaluación y valoración de plantaciones (Murillo y Camacho, 1997; Murillo y Badilla, 2004). Con una sola parcela no se puede estimar el error de muestreo, pues no hay variación. Si se establecen 2 parcelas de muestreo, habrá 1000 m² y un 10% del área bajo muestreo. Sin embargo, con frecuencia los errores de muestreo con solamente 2 parcelas son muy superior 10% recomendado (Murillo y Badilla, 2004). Esta situación persiste y se magnifica en lotes plantados en áreas pequeñas, donde es evidente que el sistema tradicional de inventario basado en parcelas con varios individuos, no logra tener información representativa de la plantación, con un error bajo de muestreo y a un costo razonable. Si se quisiera obtener información de los árboles en un sistema agroforestal, donde hay muy poco individuos/ha, o en sistemas de siembra en líneas, tres hileras, etc, el uso de parcelas circulares convencionales será del todo imposible.

En la ecuación para estimar el error de muestreo se utiliza en el numerador el valor de "t" elevado al cuadrado, que cuando corresponde a menos de 7 grados de libertad utiliza valores muy grandes. En el denominador aparece "n" que cuando se tiene menos de 7 parcelas de muestreo no logra reducir la magnitud de error de muestreo. Por tanto, en lotes o plantaciones de menos de 6 ha siempre se presentará el problema de registrar valores muy altos de error de muestreo si se utiliza el procedimiento tradicional de muestreos basado en parcelas de 200 y 500 m² de superficie.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

$$E = \frac{t^2 * S^2}{n}$$

A raíz de esta situación se inició la investigación basada en muestreos donde el árbol individual es ahora la unidad muestral o parcela. Con base en este principio, se utiliza el conocimiento existente de intensidad de muestreo, que sugiere la medición de un 2 a 3% de área efectiva plantada (Murillo et al, 2003; Sánchez y Murillo, 2004) pero en términos del número inicial de árboles plantados (N).

METODOLOGIA

Plantaciones utilizadas en el estudio de muestreo

Para la realización de la investigación, se utilizaron cinco plantaciones establecidas en el Pacífico norte y central, así como la zona norte de Costa Rica. En cada una de las plantaciones existía un censo de toda el área efectiva plantada. Tres de las plantaciones ya habían sido intervenida con el primer raleo silvicultural, donde se extrajo aproximadamente un 50% de los individuos en pie. Con cada una de las plantaciones censadas se construyó una base de datos con tres parámetros por cada árbol: número del árbol, sobrevivencia (presente= 1, ausente= 2) y DAP.

Método de muestreo basado en arboles individuales

En la figura 1 se muestra como se inicia el muestreo eligiendo el primer árbol en forma aleatoria, para luego continuar incluyendo árboles en la muestra cada determinada cantidad fija de individuos, según sea la intensidad de muestreo definida: para un 2% de intensidad se elige cada 50 árboles, para un 3% cada 33 árboles, para un 4% cada 25 árboles y para un 5% cada 20 árboles.

Técnicamente este procedimiento es análogo a establecer una parcela circular de 500 m², pero ahora los árboles están aleatoriamente distribuidos dentro de todo el lote. Por lo tanto, los estimados de la población tendrán una mayor representatividad y permitirán una mejor captura de la variación dentro de la población. Esta muestra tiene una alta representatividad dentro del lote, ya que obliga al técnico a recorrerlo completamente. Interesante notar que este método permite resolver el problema de muestreo en el sistema agroforestal, plantaciones con diseños irregulares, árboles en hileras, o en pequeños conglomerados.

En la hoja de Excel (versión 2003) se construyó un programa de muestreo que permitiera seleccionar determinada cantidad de individuos de una población real, a partir de un árbol inicial elegido de forma aleatoria y, de ese punto inicial, el resto de árboles a ser incluidos en la muestra, se eligieran cada cierto número fijo de individuos en forma sistemática. El árbol de inicio de muestreo lo genera el programa a partir de un número aleatorio tomado de un rango de valores del 1 al 999. El programa se puso a funcionar tomando 1000 muestras en cada población de estudio y para cada una de 9 intensidades de muestreo evaluadas, con el fin de determinar la intensidad de muestreo óptima, donde se evaluaron: 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, 4,5% y 5% d los arboles originalmente plantados. Es decir, estuvieran presentes o no.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Todos los árboles incluidos en la base de datos tenían su DAP y sobrevivencia. En cada una de las 1000 muestras, correspondientes a cada una de las nueve intensidades de muestreo simuladas, el programa calculo 23 parámetros utilizados como criterios o indicadores de calidad del muestreo. De las cinco plantaciones utilizadas para validación se calcularon los mismos 23 parámetros y utilizados como datos censales, para poder determinar luego la precisión de los estimados en cada muestra.

Puede observarse que los 23 parámetros evaluados fueron propuestos para **a)** estimar datos generales de la población (DAP promedio, sobrevivencia, mortalidad, área basal) **b)** aspectos de la distribución diamétrica (DAP máximo, DAP mínimo, DAP máximo – DAP mínimo, asimetría, etc.) y **c)** parámetros para estimar la confiabilidad y precisión de los datos (error real de muestreo para varios parámetros, valores máximos de error real, estimados del valor promedio con un 95% de confiabilidad).

Dado que el método de muestreo permite contabilizar todos los árboles, presentes o ausentes, entonces el estimado de área basal se obtuvo como sigue:

$$\frac{\sum m^2 * 100}{3\%}$$

Si en un muestreo de un 3% de los árboles se tiene que la suma de su área basal es de 0.1642 m², el valor extrapolado a hectárea se calcula

$$\frac{0,1642m^2}{3\%} = \frac{x}{100\%} = 16,42 m^2$$

De manera similar se utilizó la contabilidad del número de individuos presentes (n), para obtener un estimado de la mortalidad y/o sobrevivencia. Estos dos parámetros de la población permitieron estimar el comportamiento del sistema de muestreo con variables de tipo binomial. El estimado de error de muestreo se obtuvo por medio del procedimiento regular ($E = \frac{t^2 S^2}{n}$), que no incluye el factor de corrección infinitesimal por tratarse de muestras con 1000 parcelas (n).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 3 se muestran los resultados del Porcentaje de Error Máximo de Diámetro Promedio. Puede observarse, que a partir de una intensidad de muestreo del 3% de árboles, el error real máximo se ubica en promedio, por debajo del 10%. Esta relación se mantiene en todas las plantaciones, con excepción del sitio de teca en el Pacífico seco (Jicaral) con un raleo. Si se utiliza entonces una intensidad del 3,5%, ya en todas las plantaciones evaluadas se registran errores por debajo del 10%. A partir de esta intensidad, de muestreo, los valores de error máximo para estima el DAP continúan disminuyendo como se esperaría. Sin embargo, puede notarse que este parámetro no continúa descendiendo y se mantiene por encima del 5%.

Los datos muestran diferencias pequeñas, no significativas en este parámetro, al comparar las plantaciones con o sin raleo. En todas estas plantaciones, el primer raleo se efectuó hace ya más de tres años siguiendo los criterios del raleo por lo bajo, donde se eliminaron los individuos de clases diamétricas inferiores. Puede notarse que las plantaciones raleadas registran valores de error máximo de muestreo, ligeramente inferiores a las plantaciones sin raleo. Este resultado es esperado, ya que cuando se efectúa un raleo por lo bajo, la plantación pierde varias de sus clases diamétricas inferiores y por tanto, su desviación estándar tiende a reducirse. Debe tenerse especial precaución con los estimados de desviación estándar de la población si se obtiene menos de dos años después del raleo. La distribución diamétrica muy probablemente no se comporte como una distribución normal y los estimados de desviación estándar estarían seriamente sesgados.

En la figura 2 se puede observar el comportamiento entre el error máximo de muestreo vs intensidad de selección. Si se utilizan los límites de confianza, puede entonces argumentarse, que con una intensidad de muestreo de 3 a 3,5% de los árboles se obtendrán estimados del DAP promedio sumamente confiables.

En lo que respecta al error máximo de área basal, el método de muestreo por árboles individuales, claramente produce estimados muy altos. El efecto del raleo produce también un aumento en los estimados del error máximo del área basal. Debe recordarse que el área basal está compuesta por el número de árboles y sus valores de DAP. Por tanto, cambios en la distribución espacial de los árboles producto de un raleo, pueden influir significativamente en la densidad de árboles remanentes dentro de la plantación. Es de esperarse, por tanto, que las plantaciones raleadas registren valores más altos en el estimado del error real máximo del área basal. Obsérvese que aún con intensidades de muestreo de un 5%, los valores del error máximo no disminuyen de un 18% (plantaciones sin raleo) a un 23% (raleadas). Los resultados sugieren que este tipo de muestreo de árboles individuales, utilice alguna variable espacial adicional, con el fin de mejorar la precisión de los estimados de área basal.

Los estimados de error real máximo del porcentaje de sobrevivencia y mortalidad registran valores sumamente altos. Las variables de sobrevivencia y mortalidad, al igual que el área basal, son altamente dependientes de la distribución espacial de los árboles remanentes y su variabilidad dentro de la plantación. Puede sin embargo observarse, que los estimados de error máximo de sobrevivencia y mortalidad, son mucho más altos que los registrados para el área basal; y que los valores de mortalidad casi triplican los de sobrevivencia.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Una observación interesante es que las plantaciones sin raleo tienden a sobreestimar los porcentajes de mortalidad. Por el contrario, la estimación del error máximo en los árboles remanentes o sobrevivientes tiende a disminuir en las plantaciones raleadas. Estos resultados son esperados, ya que el raleo por lo bajo reducirá el número de árboles remanentes (N), por tanto, disminuyen todos los parámetros relacionados, como la desviación estándar de N. Por el contrario, el efecto del raleo implica un aumento en el número de árboles no presentes (mortalidad), que se traducirá en un aumento en los estimados de desviación estándar.

CONCLUSIONES

El método de muestreo de árboles individuales es sumamente exitoso, de fácil utilización y adecuado para plantaciones de tamaño pequeño, así como para sistemas agroforestales.

La estimación del área basal, volumen y sobrevivencia, debe ir acompañada de la parcela imaginaria que contabiliza los individuos en pie alrededor. La variante de muestreo en tripletas agiliza el muestreo.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Anejo 2

Inventario forestal

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

10 Anejo 2: Inventario forestal

MEDICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes que se midieron en campo son las siguientes:

- Rumbo: Con ayuda de una brújula desde el centro de la parcela, se anotaron los grados de desviación desde el norte en dirección horaria hasta la posición del árbol a medir.
- Distancia: Con una cinta métrica se midió la distancia de cada árbol de la muestra al centro de la parcela. Estas medidas junto con el rumbo permitieron geolocalizar todos los árboles medidos.

-Diámetro a la altura del pecho, dap (cm): Se deduce de la medición del perímetro del árbol a 1,30 m sobre la base del fuste, con ayuda de una cinta diamétrica. En las PPM con pendiente, se midió por la parte superior. En los casos en que a la altura de la medición existía una irregularidad en el tronco, se tomó la medición sobre la irregularidad y se indicó dicha variación el estadillo de campo (Figura 2).

Una vez medido el perímetro del tronco del árbol, su diámetro se obtiene asemejando se sección del tronco a 1,30 m del suelo a una circunferencia, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$d = \frac{C}{\pi}$$

Donde:

d (cm) = Diámetro del árbol

C (cm) = Perímetro de la circunferencia del tronco a 1,30m

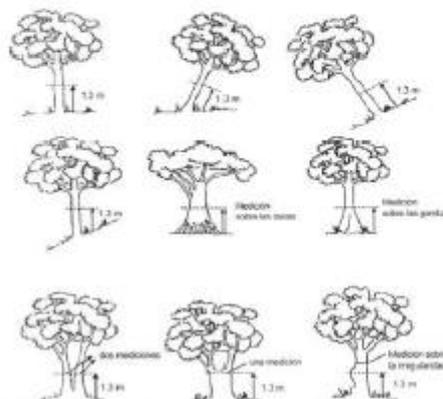


Figura 2. Medición del dap en distintos casos y para árboles con distintas formas de fuste.
Fuente. López, 2014.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

- Altura total del árbol. Se define como la distancia desde el nivel del suelo hasta el ápice del árbol. En los casos que la altura del árbol fue inferior a los 15 m se midió con pértiga telescópica, y cuando el árbol era superior a 15 m, esta variable se midió con hipsómetro o Suunto.

- Observaciones: En este apartado se indicó cualquier incidencia relativa al árbol, como ataque de plagas, mortalidad o medición del dap a una altura diferente a 1,30 metros.

Materiales

A continuación, se detalla el equipo de medición que se utilizó en el inventario:

- Cinta métrica: Cinta graduada, de 30 m y precisión 0,1 cm, para medir distancias. Se utilizó tanto durante el replanteo de la parcela como para la distancia al centro de ésta de cada pie. Para evitar la sobrestimación del diámetro por presencia de musgos o líquenes, se limpió bien la zona del tronco a medir.

- Cinta diamétrica: Cinta graduada, de 5 m y precisión de 0,1 cm, para la medición del perímetro de la circunferencia del tronco, con la que posteriormente se dedujo el diámetro del árbol.

- Brújula: Se utilizó para la medición de los rumbos, desde el norte de referencia y en dirección horaria se midió la desviación en grados de cada uno de los árboles.

- Pértiga telescópica: Formada por varias piezas con secciones circulares decrecientes encajadas y una escala de medida invertida, es decir, el origen se encuentra en la parte

superior, llevando un lector de altura en la parte inferior. La altura de la pértiga era de 15 m, y la precisión de 0,05 m.

Para la medición de la altura empleando pértiga telescópica se procede colocándose junto al árbol, y se despliegan los tramos de pértiga hasta que el extremo superior de la

pértiga coincide con la altura que se quiere medir, y se lee en la parte inferior el valor de la altura.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

- Hipsómetro Suunto: Consiste en una caja metálica que tiene en su interior un disco móvil graduado suspendido por un eje central. La caja tiene un orificio por el que se puede observar la periferia del disco. Al utilizar el Suunto, se aseguró de que el péndulo estuviese libre. El procedimiento que se siguió para medir con el hipsómetro o Suunto consistió en:

1.- Tomar la distancia horizontal del observador al árbol.

2.- Realizar una medición a la altura deseada y otra a la base del árbol. En función de la diferencia de cota entre el observador y el árbol a medir, se estimó la altura del árbol según 3 casos posibles (Figura 3):

- Árbol en terreno plano: se tomó únicamente una lectura por encima de la línea horizontal (signo +). La altura total o comercial se obtuvo de la suma de ese valor al de la altura al nivel del ojo (aprox. 1,5 m).

- Árbol en pendiente hacia arriba: se hizo una lectura hacia la base del árbol y luego otra hacia arriba, hasta el punto deseada (comercial o total). La altura deseada se obtuvo de la diferencia entre las dos lecturas a partir de la medición horizontal, puesto que, en este caso, se obtienen dos números de signo positivo.

- Árbol en pendiente hacia abajo: a partir de la medición horizontal, se hace una lectura hacia la base del árbol, y luego hacia arriba hasta la altura deseada. Las

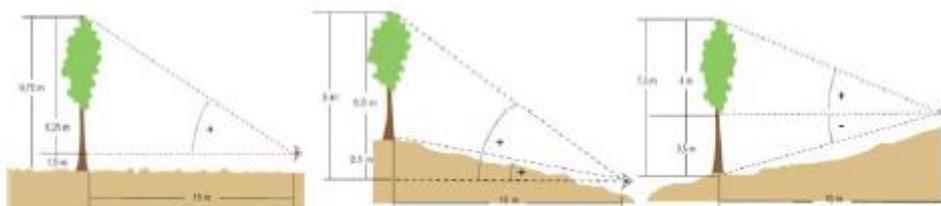


Figura 3. Esquema para la utilización del hipsómetro en la medición de alturas en terreno plano (Izda.), con árbol en pendiente hacia arriba (centro) y con árbol en pendiente hacia abajo (Dcha.).

Fuente: López, 2014

lecturas se suman ya que se obtienen signos opuestos.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

En caso de que la distancia horizontal al árbol fuese de 20 m exactos, la escala derecha del Suunto corresponderá a la altura directamente. En los casos que se utilizó otra distancia se multiplicó el resultado de la adición o substracción con un factor para obtener la altura deseada del árbol (Figura 4).

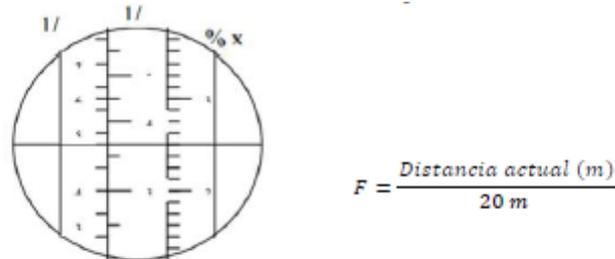


Figura 4. Escalas para la utilización del Suunto, izquierda en pulgadas y derecha en cm y factor para obtener la altura.

Fuente. Ramírez *et* Kleinn, 2001.

- Estaca de 1,30 m: Se utilizó para tomar la referencia del dap.
- Mapa de la finca y GPS: Se utilizó para ayudar a la orientación del equipo de muestreo y localizar cada una de las parcelas.
- Pintura Spray: Se utilizó para la señalización de los pies de la parcela que se habían degradado, así como para señalar la altura de medición del dap, en caso de que dichas marcas estuviesen deterioradas.
- Machete: Se utilizó para eliminar la vegetación que dificultaba la medición de las Parcelas
- Otros: Formularios de toma de datos, rotulador permanente y lápices, protección solar, repelente de insectos, guantes y agua.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Anejo 3

Anejo fotográfico

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

11 Anejo 3: Anejo fotográfico



Foto 1 Zona de trabajo parcela “Caledonia”



Foto 2 Zona de trabajo parcela “Caledonia”

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)



Foto 3 Leonel Coto en el trabajo de toma de datos



Foto 4 Leonel Coto en el trabajo de toma de datos.

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)



Foto 5 Zona de trabajo parcela “Poro de Abajo”



Foto 6 Zona de trabajo parcela “Poro de Abajo”

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)



Foto 7 Toma de datos en campo

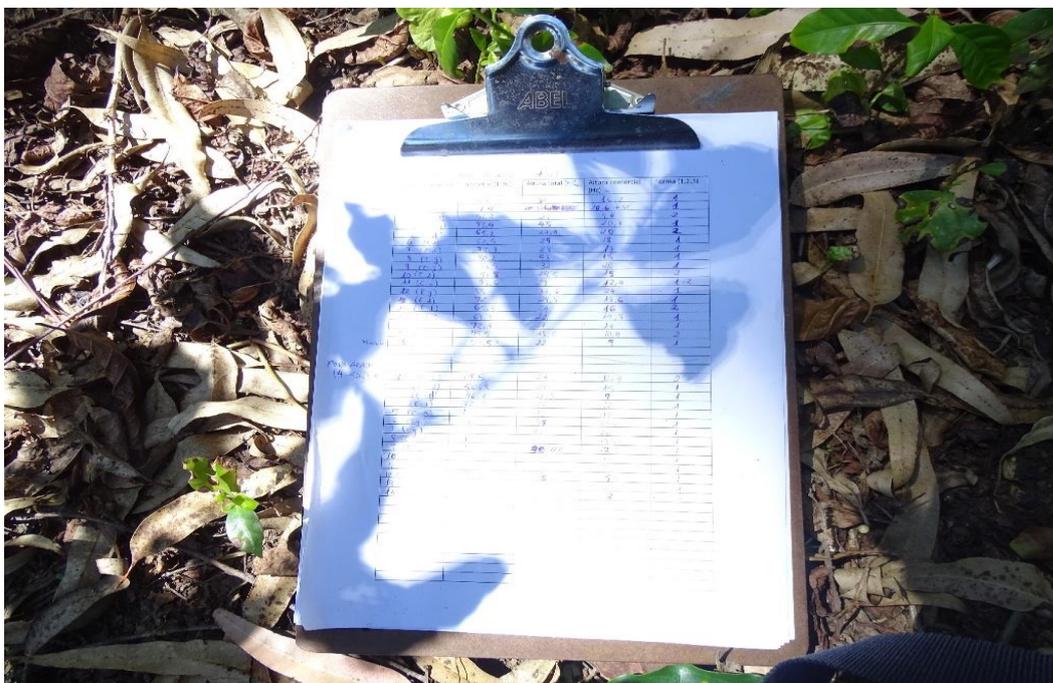


Foto 8 Toma de datos en campo

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)



Foto 9 Trabajo de campo en la parcela de “Poro de Abajo”



Foto 10 Trabajo de campo en la parcela de “Poro de Abajo”

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)



Foto 11 Trabajo de campo en la parcela de “Caledonia”



Foto 12 Perímetro medido con la cinta métrica en un *E. grandis*

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)



Foto 13 Mainor operario de la empresa Juan Viñas S.A.



Foto 14 Sistema agroforestal analizado de café con eucalipto

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)



Foto 15 Sistema agroforestal analizado de café con eucalipto



Foto 16 Sistema agroforestal analizado de café con eucalipto

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)



Foto 17 Sistema agroforestal analizado de café con eucalipto

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Anejo 4

Cubicación

Alumno: Víctor López Perales

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

12 Anejo 4 Cubicación De Los Eucaliptos De Las Parcelas De Estudio

Para obtener el volumen de las parcelas se utilizó el programa de EXCEL 2016 y el programa "CUBICA".

Las tablas que se muestran a continuación indican los datos utilizados para calcular el valor de la madera utilizados para realizar el flujo de caja.

Tabla 13 Cubicación en m³ de la parcela "Caledonia"

Número de árbol	Especie medida	Perímetro normal (pulgadas)	Perímetro normal (cm)	Altura total (Ht) (m)	Altura comercial (Hc) (m)	Forma (1,2,3)	DAP	V(m3)
1	<i>Eucalyptus deglupta</i>	68,2	173,228	31,7	17,5	1	55,14018496	2,2
2	<i>Eucalyptus grandis</i>	74,1	188,214	39,9	21,9	1	59,91037692	3,73
3	<i>Eucalyptus deglupta</i>	51,2	130,048	28,7	10,7	2	41,39556408	1,35
4	<i>Eucalyptus grandis</i>	93,4	237,236	46,5	22	1	75,51456416	6,58
5	<i>Eucalyptus deglupta</i>	65,2	165,608	28,8	21,4	2	52,71466363	2,06
6	<i>Eucalyptus deglupta</i>	62,5	158,75	30,4	19,3	1	50,53169443	2,07
7	<i>Eucalyptus deglupta</i>	72,7	184,658	29,5	18,4	1	58,77846696	2,69
8	<i>Eucalyptus grandis</i>	80,2	203,708	42,4	21,2	1	64,84227029	4,59
9	<i>Eucalyptus grandis</i>	87,5	222,25	33,7	16,5	1	70,7443722	4,03
10	<i>Eucalyptus deglupta</i>	47,8	121,412	25,8	12,7	2	38,6466399	1,08
11	<i>Eucalyptus deglupta</i>	53,6	136,144	28,6	25,8	2	43,33598114	1,45
12	<i>Eucalyptus grandis</i>	85	215,9	37,6	19,9	1	68,72310443	4,47
13	<i>Eucalyptus deglupta</i>	72	182,88	31,1	17,2	1	58,21251199	2,71
14	<i>Eucalyptus deglupta</i>	65,3	165,862	25,2	16,1	2	52,79551434	1,85

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Número de árbol	Especie medida	Perímetro normal (pulgadas)	Perímetro normal (cm)	Altura total (Ht) (m)	Altura comercial (Hc) (m)	Forma (1,2,3)	DAP	V(m3)
15	<i>Eucalyptus deglupta</i>	69,7	177,038	23,7	15,7	1	56,35294563	1,91
16	<i>Eucalyptus grandis</i>	72,4	183,896	28,9	15,2	1	58,53591483	2,51
17	<i>Eucalyptus deglupta</i>	58,5	148,59	19,9	11,7	2	47,29766599	1,16
18	<i>Eucalyptus deglupta</i>	56,5	143,51	23,4	10,3	1	45,68065177	1,32

Tabla 14 Cubicación en m³ de la parcela "Porro de abajo"

Número de árbol	Especie medida	Perímetro normal (pulgadas)	Perímetro normal (cm)	Altura total (Ht) (m)	Altura comercial (Hc) (m)	Forma (1,2,3)	DAP(cm)	V(m3)
1	<i>Eucalyptus deglupta</i>	79,5	201,93	25,3	11,7	2	64,2763153	2,61
2	<i>Eucalyptus deglupta</i>	56,8	144,272	27,4	16,3	1	45,9232039	1,56
3	<i>Eucalyptus deglupta</i>	46,4	117,856	24,6	10,1	1	37,5147299	0,93
4	<i>Eucalyptus deglupta</i>	72,1	183,134	28,2	13,4	1	58,2933627	2,44
5	<i>Eucalyptus grandis</i>	110,5	280,67	37,5	20,7	1	89,3400358	6,96
6	<i>Eucalyptus grandis</i>	80	203,2	38,1	22,7	1	64,6805689	4,11
7	<i>Eucalyptus grandis</i>	82,7	210,058	44,8	21,3	1	66,8635381	5,14
8	<i>Eucalyptus grandis</i>	105,7	268,478	39	21,1	1	85,4592016	6,71

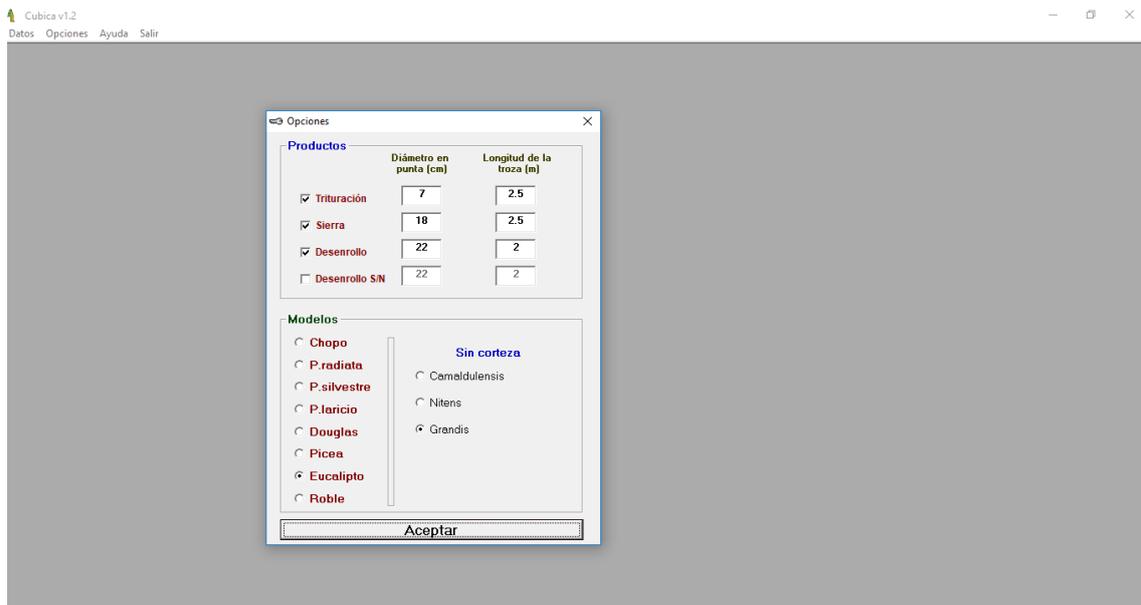
FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Número de árbol	Especie medida	Perímetro normal (pulgadas)	Perímetro normal (cm)	Altura total (Ht) (m)	Altura comercial (Hc) (m)	Forma (1,2,3)	DAP(cm)	V(m3)
9	<i>Eucalyptus grandis</i>	101,2	257,048	44,2	23,6	1	81,8209196	7,19
10	<i>Eucalyptus grandis</i>	61,4	155,956	30,1	13,2	1	49,6423366	2,01
11	<i>Eucalyptus grandis</i>	71,9	182,626	33,3	21,1	1	58,1316613	2,91
12	<i>Eucalyptus grandis</i>	95,5	242,57	39,4	20,1	1	77,2124291	5,72
13	<i>Eucalyptus grandis</i>	107,6	273,304	34,7	21,6	1	86,9953651	6,18
14	<i>Eucalyptus grandis</i>	78,3	198,882	36,2	24,8	1	63,3061068	3,69
15	<i>Eucalyptus grandis</i>	60	152,4	30,7	14,9	1	48,5104267	1,98

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Las siguientes figuras muestran el programa utilizados para la cubicación de los árboles medidos en las parcelas de estudio.

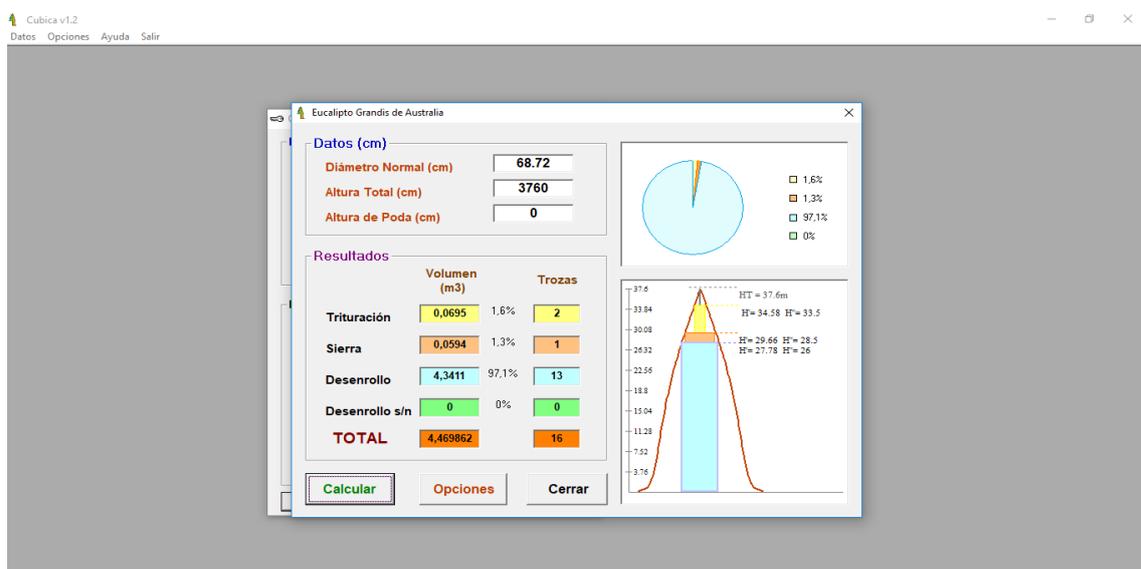
En la primera figura se delimitan los diámetros de aprovechamiento de la madera, tanto para trituración, sierra y desenrollo. Además de elegir la especie que vamos a cubicar, en este caso *Eucalyptus grandis*.



Figura

Fuente

En esta segunda figura se observa el lugar en donde se introducen los datos pertinentes para la cubicación, que en este caso son el Diámetro Normal y la Altura Total, ambos datos introducidos de las tablas de Excel anteriores.



FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

Se calcularon los m³ de los árboles muestreados, con ello se calculó los m³ totales, que en la parcela Poro fueron de 60,14 m³ y en la parcela de Caledonia fueron de 47,76 m³.

Con ello se calculó la media de m³ de cada árbol en las diferentes parcelas, que fueron de 4,00 m³ en la parcela de Poro de abajo, y de 2,65 m³ en la parcela de Caledonia.

Con la media de m³ calculadas anteriormente y sabiendo el número de individuos que se encontraban en las dos parcelas, se calcularon los m³ totales de cada parcela, que fueron de 474,95 m³ en la parcela de Caledonia y 581,35 m³ en la parcela de Poro de abajo.

Se sumaron las dos cifras totales que da la cifra de 1056,30 m³.

Con los datos anteriores se realizó una tasación de los eucaliptos que se encontraban en las parcelas de estudio, con el valor de mercado actual y diferenciando el precio de la madera en pie, o la madera apeada en trozas.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Precio actual de los eucaliptos (en pie) de las dos parcelas:

29825683,8 CRC ; 52285,0201 USD.

Precio actual de los eucaliptos (apeados) de las dos parcelas:

70740403,8 CRC ; 124009,343 USD.

FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus deglupta*) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)

MAPAS

13 Índice de Mapas

- Mapa de ubicación.
- Mapa de localización Parcela 1.
- Mapa de localización Parcela 2.

83°46'0"W



9°54'0"N



9°53'30"N

0 75 150 300 Metros

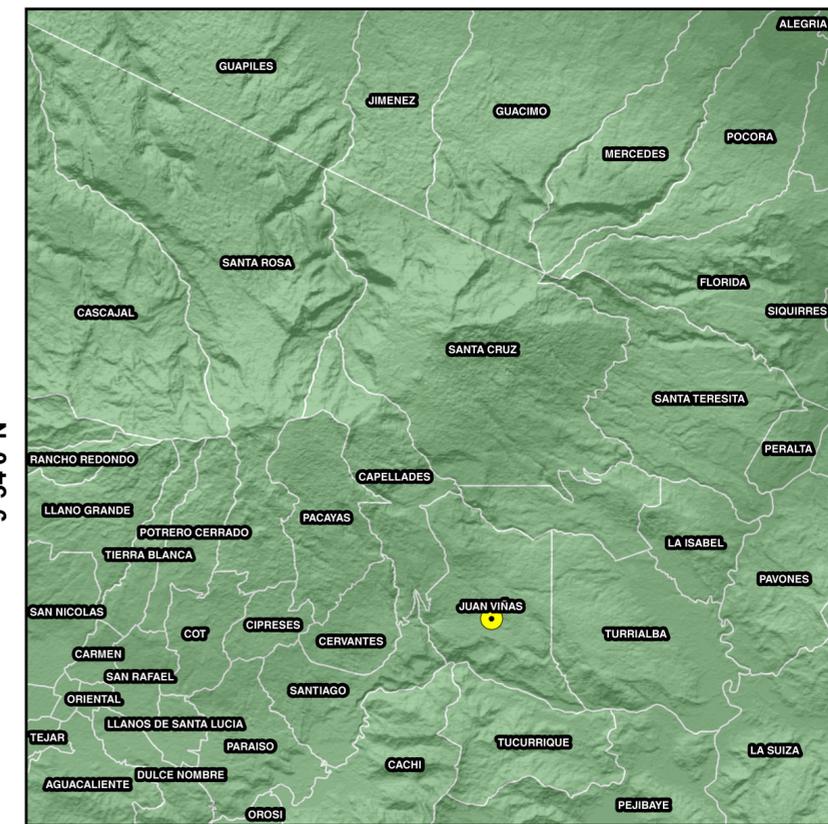
83°46'0"W

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geospatial, and the GIS User Community

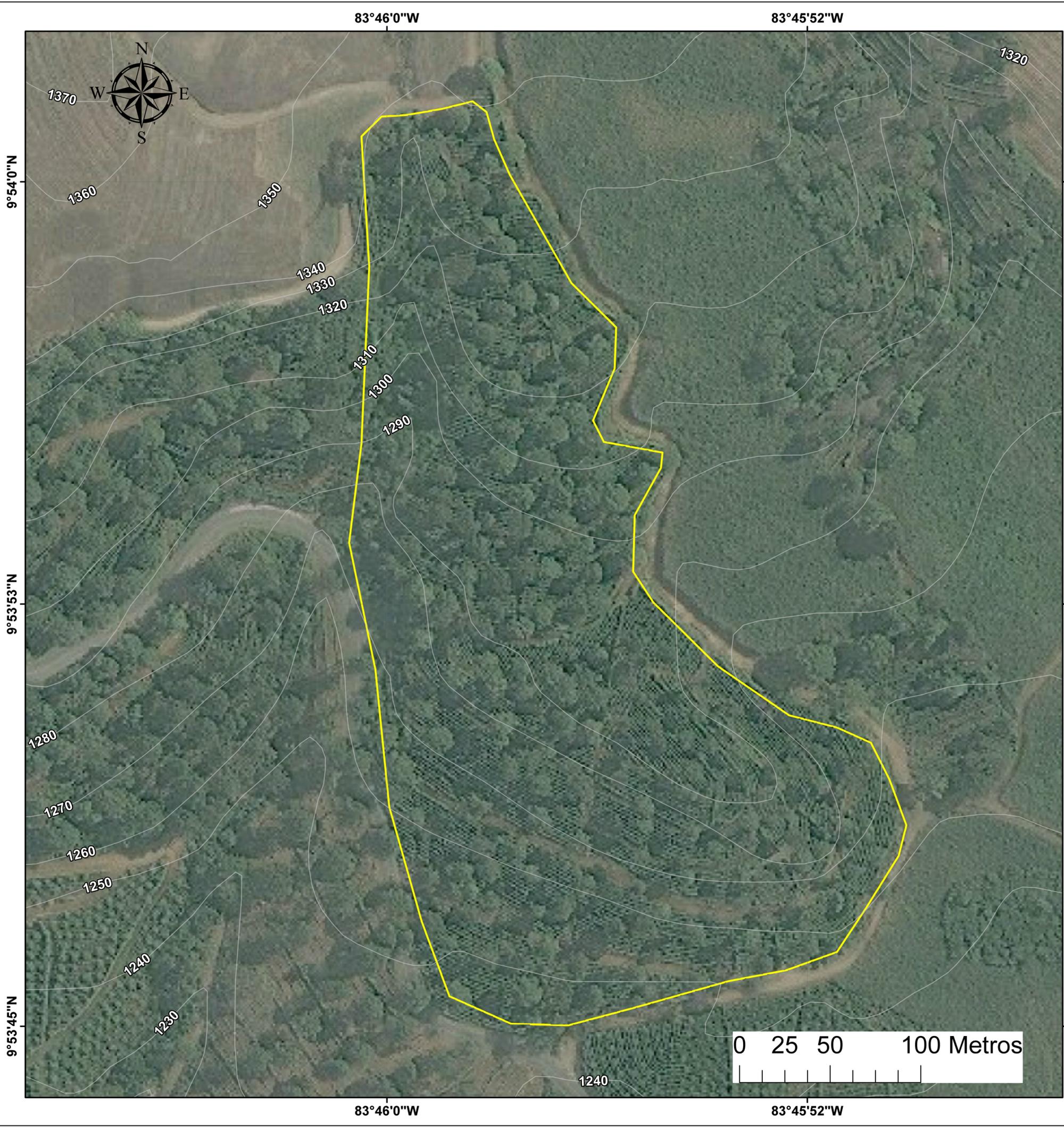
 Ubicación parcelas
 Distritos

9°54'0"N

9°53'30"N

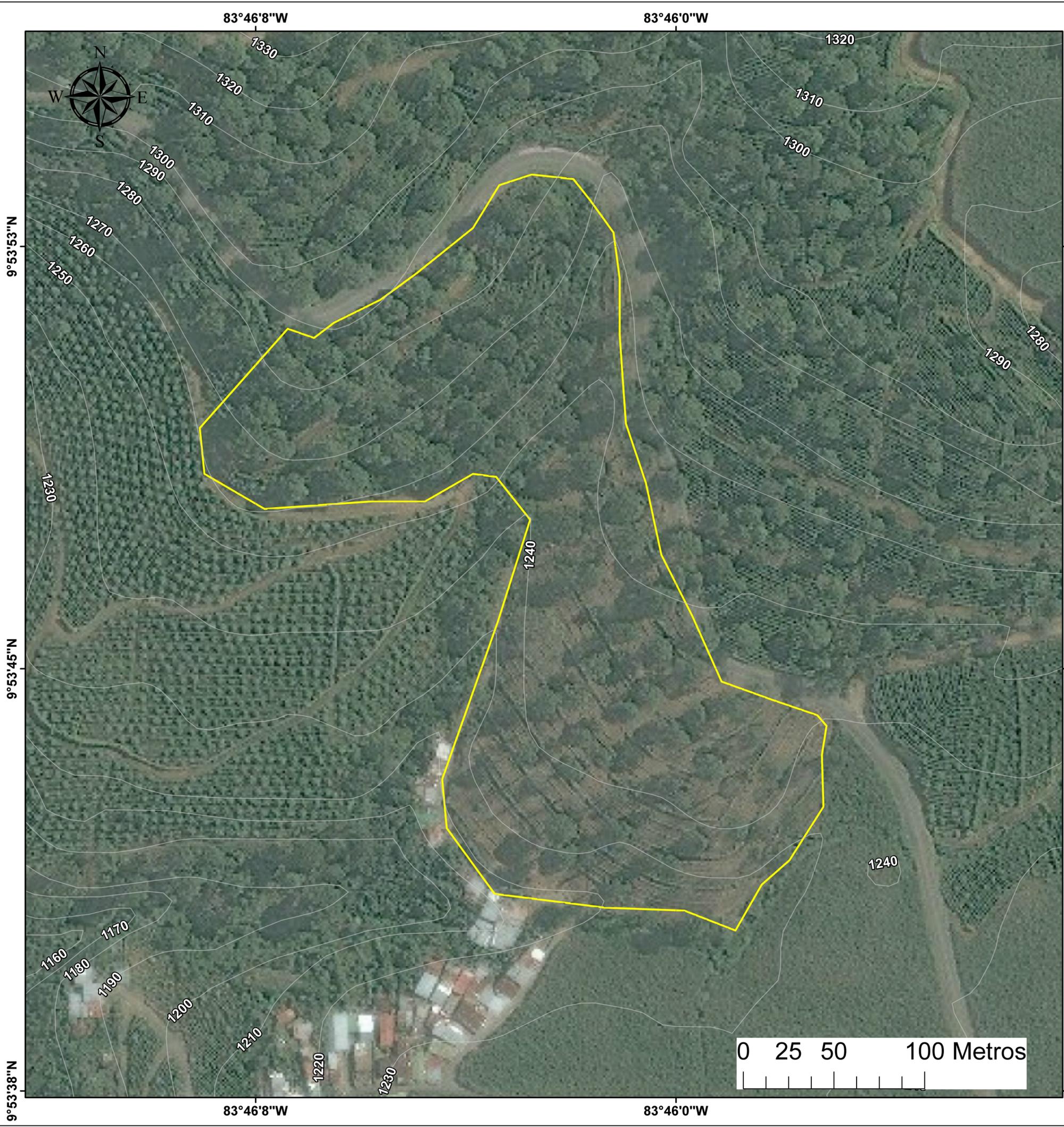


			
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS AGRARIAS PALENCIA		Título del proyecto: FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE, EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (<i>Coffea arabica</i>) CON EUCALIPTO (<i>Eucalytus grandis</i> y <i>Eucalyptus deglupta</i>) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)	
Título del plano: Plano de localización		Nº de plano 1	
Emplazamiento: Juan Viñas (Costa Rica)		Escala: Varias escalas	
Costa Rica, Mayo, 2017 El graduado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural		Fdo.: Víctor López Perales	

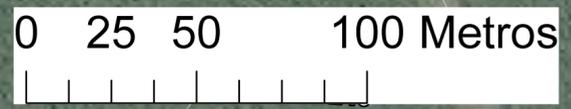


-  Curvas de nivel (10 m)
-  Parcela 1

 <p>Solutions for environment and development Soluciones para el ambiente y desarrollo</p>	<p>UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS AGRARIAS PALENCIA</p>	
<p>Título del proyecto: FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE, EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (<i>Coffea arabica</i>) CON EUCALIPTO (<i>Eucalyptus grandis</i> y <i>Eucalyptus deglupta</i>) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)</p>		<p>Nº de plano 2</p>
<p>Título del plano: Plano de ubicación de la parcela "Caledonia"</p>		<p>Escala: 1:12500</p>
<p>Emplazamiento: Juan Viñas (Costa Rica)</p>	<p>Costa Rica, Mayo, 2017 El graduado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural</p> <p>Fdo.: Víctor López Perales</p>	



 Curvas de nivel (10 m)
 Parcela 2



 <small>Solutions for environment and development Soluciones para el ambiente y desarrollo</small>	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS AGRARIAS PALENCIA	
Título del proyecto: FORESTERÍA DE INGRESO SOSTENIBLE, EVALUACIÓN FINANCIERA EN PLANTACIONES AGROFORESTALES DE CAFÉ (<i>Coffea arabica</i>) CON EUCALIPTO (<i>Eucalytus grandis</i> y <i>Eucalyptus deglupta</i>) Y PSA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO (COSTA RICA)		Nº de plano 3
Título del plano: Plano de ubicación de la parcela "Poró de abajo"		Escala: 1:12500
Emplazamiento: Juan Viñas (Costa Rica)		Costa Rica, Mayo, 2017 El graduado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural Fdo.: Víctor López Perales