



**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

**DETERMINACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO Y ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN
EFICIENTE DE CAPTURA DE CARBONO A TRAVÉS DE LA
HERRAMIENTA COOL FARM TOOL EN LOS SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE *Coffea* sp. EN RODRÍGUEZ DE
MENDOZA – AMAZONAS 2018**

Autora: Bach. Fany Delina Zaldaña Angulo

Asesor: Ing. Mg. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

Co-asesora: Ing. Mirianit López Salazar

CHACHAPOYAS - PERÚ

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

**DETERMINACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO Y ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN
EFICIENTE DE CAPTURA DE CARBONO A TRAVÉS DE LA
HERRAMIENTA COOL FARM TOOL EN LOS SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE *Coffea sp.* EN RODRÍGUEZ DE
MENDOZA – AMAZONAS 2018**

Autora: Bach. Fany Delina Zaldaña Angulo

Asesor: Ing. Mg. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

Co-asesora: Ing. Mirianit López Salazar

CHACHAPOYAS - PERÚ

2019

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres Edgar y Zoila, por darme los medios suficientes para lograr desarrollarme y conseguir terminar mi carrera profesional y sobre todo por su amor incondicional al igual que a mis hermanos: Jorge y Jordy; a mi tío Manuel Angulo Reyes por sus consejos; a mi familia que siempre me desean lo mejor y sobre todo a Dios por todas la bendiciones y oportunidades que me da además de permitirme encontrarme siempre con personas buenas que confían en mí y en mis capacidades.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Zoila y Edgar por su paciencia, amor y apoyo en todo sentido y momento, a mi tío Manuel Angulo por sus consejos y estimulación para lograr mis metas, a la Asociación de productores integral y sostenible de Amazonas “APRYSA” por permitir desarrollar mi trabajo de investigación; a mi asesor Segundo Manuel Oliva Cruz y a mi co-asesora Mirianit López Salazar por sus orientaciones y transmitirme sus conocimientos contribuyendo al desarrollo de esta investigación.

AUTORIDADES

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

Rector.

Dr. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLÓN

Vicerrector Académico.

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

Vicerrector Investigación.

Ing. Erick Aldo Auquiñivín Silva

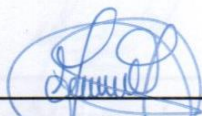
Decano de la Facultad de la Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR

El docente de la UNTRM-A, Ing. MSc. Segundo Manuel Oliva Cruz que suscribe, hace constar que ha asesorado la tesis titulada **“Determinación de emisiones de gases de efecto invernadero y alternativas para la gestión eficiente de captura de carbono a través de la herramienta Cool farm tool en los sistemas de producción de *Coffea* sp. en Rodríguez de Mendoza – Amazonas 2018”**, de la Bachiller Fany Delina Zaldaña Angulo, egresada de la Escuela profesional de Ingeniería Agrónoma de la UNTRM-A.

El docente de la UNTRM-A que suscribe da su visto bueno para que la mencionada sea presentada al jurado evaluador, manifestando su voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

Chachapoyas, marzo del 2019



Ing. Mg. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

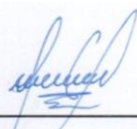
Docente de la UNTRM-A

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR

La Ingeniera Agrónoma Mirianit López Salazar que suscribe, hace constar que ha asesorado la tesis titulada **“Determinación de emisión de gases de efecto invernadero y alternativas para la gestión eficiente de captura de carbono a través de la herramienta Cool farm tool en los sistemas de producción de *Coffea* sp. en Rodríguez de Mendoza – Amazonas 2018”**, de la Bachiller Fany Delina Zaldaña Angulo, egresada de la Escuela profesional de Ingeniería Agrónoma de la UNTRM-A.

La Ingeniera que suscribe da su visto bueno para que la mencionada sea presentada al jurado evaluador, manifestando su voluntad de apoyar a la tesista en el levantamiento de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

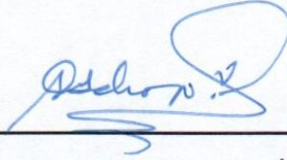
Chachapoyas, marzo del 2019



Ing. Mirianit López Salazar

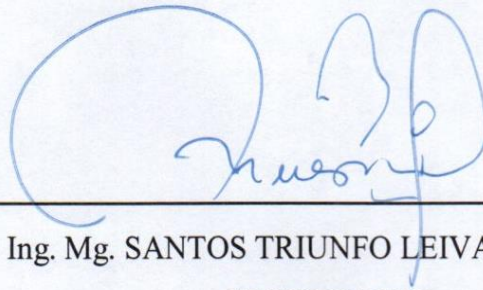
Ingeniera Agrónoma

JURADO EVALUADOR



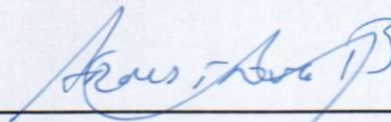
Ing. GUILLERMO IDROGO VÁSQUEZ

PRESIDENTE



Ing. Mg. SANTOS TRIUNFO LEIVA ESPINOZA

SECRETARIO



Ing. Mg. Sc. ARMSTRONG BARNARD FERNÁNDEZ JERI

VOCAL

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS

Secretaría General
OFICINA DE GRADOS Y TÍTULOS

ANEXO 2-N

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 22 de Abril del año 2019, siendo las 6:30 pm horas, el aspirante: Fany Delina Zaldivar Angulo defiende públicamente la Tesis titulada: Determinación de emisiones de gases de efecto invernadero y alternativas para la gestión eficiente de capturas de carbono a base de la herramienta Cool Farm Tool en los sistemas de producción de la papa y en Rodízun (Cuzco) para optar el Título Profesional en Ingo Agrónomo otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado, constituido por:

Presidente: Ingo Guillermo Idrogo Viquez
Secretario: Ingo Ms Santos Trujillo Leira Espinoza
Vocal: Ingo Msc Aristhany Bernard Ferrnández Jari

Procedió el (los) aspirante (s) a hacer la exposición de los antecedentes, contenido de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideran oportunas, las cuales fueron contestadas por el (los) aspirante (s).

Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, en términos de:

Notable o sobresaliente (X) Aprobado () No apto ()

Otorgada la calificación el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las horas 8:15 pm del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación del Trabajo de Investigación.

[Firma] PRESIDENTE [Firma] SECRETARIO [Firma] VOCAL

OBSERVACIONES: Levanta lo indicado.

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS

Secretaría General
OFICINA DE GRADOS Y TÍTULOS

ANEXO 3-K

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Yo Fany Delina Zaldaña Angulo
identificado con DNI N° 47961170 Estudiante()/Egresado (x) de la Escuela Profesional de
Ingeniería Agrónoma de la Facultad de:
Ingeniería y Ciencias Agrarias
de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

1. Soy autor de la Tesis titulada: Determinación de emisiones de gases de efecto invernadero y alternativas para la gestión eficiente de captura de carbono a través de la herramienta Cool Farm Tool en los sistemas de producción de Coffea sp. en Rodríguez de Mendoza - Amazonas 2018.

..... que presento para
obtener el Título Profesional de: Ingeniería Agrónoma

2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la Tesis para obtener el Título Profesional haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 18 de marzo de 2019

Firma del(a) tesista

INDICE O CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES	v
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	vi
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR.....	vii
JURADO EVALUADOR.....	viii
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	ix
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO	x
INDICE O CONTENIDO.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURA.....	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
a. Método.....	21
b. Materiales.....	22
La herramienta Cool Farm Tool (CFT)	22
c. Procedimiento:.....	23
III. RESULTADOS	25
1.- Etapas donde se generan emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) dentro de los procesos de producción de café.	25
2.- Cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero en el proceso de producción de café bajo los sistemas de producción establecidos, usando la herramienta Cool Farm Tool.	26

3.- Captura de carbono en los diferentes sistemas de producción de cafés establecidos.	27
4.- Alternativas para la gestión eficiente de la captura de carbono en los sistemas de producción de café.	28
IV. DISCUSIÓN	29
V. CONCLUSIONES	32
VI. RECOMENDACIONES	33
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	34
ANEXOS	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla01. Diseño del experimento.	21
Tabla 02. Porcentaje de emisión de CO ₂ en cada etapa.....	26
Tabla 03. Emisión de gases efecto invernadero obtenidas mediante la herramienta cool farm tool.....	35
Tabla 04. Captura de Emisión de gases efecto invernadero obtenidas mediante la herramienta cool farm tool.....	36
Tabla 05. Emisiones de GEI por hectárea y por kg de café pergamino.....	37
Tabla 06. Promedio de cafés, finca de la productora Adilia.	42
Tabla 07. Promedio de cafés, finca de la productora Antonia.	43
Tabla 08. Promedio de cafés, finca de la productora Judith.	43
Tabla 09. Promedio de cafés, finca del productor Persing	43
Tabla 10. Promedio de cafés, finca de la productora Basilia.....	44
Tabla 11. Promedio de cafés, finca del productor Jorge.....	44
Tabla 12. Promedio de cafés, finca del productor Wilder.	44
Tabla 13. Promedio de cafés, finca de la productora Juana.....	44
Tabla 14. Promedio de cafés, finca del productor Noiler.	45
Tabla 15. Promedio de cafés, finca del productor Nolazco.	45
Tabla 16. Promedio de cafés, finca de la productora Cerolina.	45
Tabla 17. Promedio de cafés, finca de la productora Justina.....	45
Tabla 18. Promedio de guaba, finca de la productora Adilia	46
Tabla 19. Promedio de guaba, finca de la productora Antonia.....	46

Tabla 20. Promedio de guaba, finca de la productora Judith.....	46
Tabla 21. Promedio de guaba, finca del productor Persing	46
Tabla 22. Promedio de guaba, finca de la productora Basilia	46
Tabla 23. Promedio de guaba, finca del productor Jorge	46
Tabla 24. Encuesta empleada.....	47

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 01. Herramienta Cool Farm Tool.	24
Figura 02. Etapas del cultivo de café que generar emisión de gases de efecto invernadero.	25
Figura 03. Cantidad de emisiones de GEI obtenidos por la herramienta Cool Farm Tool en los sistema de producción de café con sombra y sin sombra.	26
Figura 04. Determinación de las emisiones de gases de efecto invernadero en los sistemas de cultivo.....	27
Figura 05. Captura de gases de efecto invernadero por los diferentes sistemas de cultivo.	28
Figura 06. Finca sin sombra ubicada en Mashuyacu, distrito Omia.....	38
Figura 07. Finca con sombra ubicada en Miraflores, distrito Huambo	38
Figura 08. Delimitación de parcelas de 10x10 m.	39
Figura 09. Delimitación de parcelas de 10x10 m. con ayuda del productor.....	40
Figura 10. Parcela delimitada de 10x10m.	41
Figura 11. Medición de los cafetales a 15 cm del suelo.	41
Figura 12. Toma de información de los productores, que se verifican en campo	41
Figura 13. Verificación de elaboración de compost, manejo adecuado de residuos	42

RESUMEN

Esta investigación tuvo como principal objetivo determinar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y plantear alternativas de gestión eficiente a través de la herramienta Cool Farm Tool en los sistemas de producción de *Coffea* sp. en Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Perú. Se trabajó en las fincas cafetaleras de socios pertenecientes a la Asociación de productores integral y sostenible de Amazonas “APRYSA”, se evaluaron los siguientes sistemas de cultivo: 1) fertilización orgánica y con sombra (SCOCS), 2) fertilización química y con sombra (SCQCS), 3) sin fertilización con sombra (SCTCS), 4) fertilización orgánica sin sombra (SCOSS), 5) fertilización química sin sombra (SCQSS) y; 6) sin fertilización y sin sombra (SCTSS) ; donde se determinó que todos estos sistemas generaron emisiones de GEI que oscilaron entre 9.03 t CO₂/ha a cargo del SCOCS hasta los 16.58 t CO₂/ha del SCQSS; también se estableció que el manejo de residuos sólidos y el cambio de uso de suelo son las etapas donde se generó mayores emisiones; en cambio los responsables de la captura de CO₂ son las plantas de café y los árboles de sombra, resultando que los sistemas de café con sombra tuvieron mayor captura de CO₂ y como alternativas para la gestión eficiente deben realizar manejo de residuos vegetales y de las aguas residuales así como evitar instalar nuevas áreas en bosques para minimizar cambios de stock del carbono y además se debe contar con un adecuado sistema agroforestal.

Palabras claves: Cambio climático, carbono, *Inga* sp, herramienta, calculo.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the greenhouse gas emissions (GHG) and to propose efficient management alternatives through the Cool Farm Tool in the production systems of *Coffea* sp. in Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Peru. Work was carried out in the coffee plantations of members belonging to the Association of integral and sustainable producers of Amazonas "APRYSA", the following cultivation systems were evaluated: 1) organic and shaded fertilization (SCOCS), 2) chemical and shade fertilization (SCQCS), 3) without shade fertilization (SCTCS), 4) organic fertilization without shade (SCOSS), 5) chemical fertilization without shade (SCQSS) and; 6) without fertilization and without shade (SCTSS); where it was determined that all these systems generated GHG emissions that ranged between 9.03 t CO₂/ha in charge of the SCOCS up to 16.58 t CO₂/ha of the SCQSS; It was also established that the management of solid waste and the change of land use are the stages where higher emissions are generated; On the other hand, those responsible for the capture of CO₂ are coffee plants and shade trees, resulting in shade coffee systems having greater CO₂ capture and as alternatives for efficient management they must carry out management of vegetable and water residues. waste as well as avoid installing new areas in forests to minimize carbon stock changes and also must have an adequate agroforestry system.

Keywords: Climate change, carbon, *Inga* sp, tool, calculation.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha visto una transformación en el sistema de cultivo del café que viene orientándose hacia sistemas más intensificados mediante la eliminación de sombra, el aumento del uso de agroquímicos, selección de genotipos e instalación de nuevas áreas destruyendo bosques; con el fin de incrementar los ingresos económicos generando un amplio sistema de cultivo, que va desde plantaciones bajo sombra con poca fertilización hasta plantaciones sin sombra con altos niveles de fertilización, que junto a los diferentes procesos que se realizan para la producción del café contribuyen al cambio climático mediante las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Los GEI son la combinación de vapor de agua (nubes) y gases como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido de nitrógeno (N_2O) que permiten mantener una temperatura promedio del planeta tierra, en la actualidad la concentración de estos gases va en aumento siendo el CO_2 el predominante a causa de las diferentes actividades del hombre, ocasionando el calentamiento global generando efectos negativos en la agricultura debido a la alteración de la temperatura y la precipitación, desarrollo de plagas y enfermedades, la agudización de la variabilidad climática de eventos extremos (lluvias, sequías y friajes), entre otros. Pero a su vez la agricultura contribuye con el 30% del total de emisiones de GEI (Rikxoort, 2011). Debido a la deforestación, cambios en el uso de la tierra y otras actividades que contribuyen a la emisión del CO_2 .

Según investigaciones las zonas más afectadas por el cambio climático se localizan en la regiones tropicales y subtropicales (Isaza y Cornejo, 2015), donde se ubican los países en desarrollo y donde la mayor parte de su economía dependen de la agricultura y actividades primarias, estando nuestro país dentro de este sector de riesgo, donde el café es uno de los cultivos de importancia por ser el principal producto de exportación agraria y es el sustento de 223 mil familias dedicadas a la agricultura, el Perú figura entre las diez principales naciones productoras y exportadoras de cafés especiales, siendo una fuente generadora de empleo e ingreso y una gran demandante de insumos, bienes y servicios.

El Perú posee 425, 416 hectáreas dedicadas al cultivo de café las cuales representan 6% del área agrícola nacional. El potencial de crecimiento del café en el país es alrededor de 2 millones de hectáreas. Las plantaciones están instaladas en 17 regiones, 67 provincias y 338 distritos (MINAGRI, 2014). La región Amazonas es la tercera en producción de

café a nivel nacional siendo las principales zonas de producción las provincias: Rodríguez de Mendoza, Bagua (de Copallin y la Peca) y Utcubamba.

Bajo esa perspectiva es necesario realizar actividades que permitan reducir las emisiones de GEI con procesos productivos manejados de tal forma que contribuyan a solucionar los problemas ambientales, teniendo el café ventajas en comparación a otros cultivos mediante la instalación de sistemas agroforestales (SAF) siendo una alternativa para mitigar los efectos del cambio climático ya que permiten la captura del CO₂ de la atmosfera y almacenarlo en la biomasa aérea y subterránea. La FAO (2010) afirma que el uso de árboles y arbustos en los sistemas agrícolas ayuda a hacer frente a un triple reto: garantizar la seguridad alimentaria, mitigar y reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático y aumentar la adaptabilidad de los sistemas agrícolas.

Para cuantificar las emisiones y captura de GEI existen muchas herramientas, según la FAO (2012) estas son algunas: Carbon Farming tool, Farmgas , Forest tools: TARAM, CO2 fix, Cool Farm Tool, Diaterre® (FR), Programas ACV y bases de datos asociadas, entre otras; pero cada una se ha desarrollado siguiendo diferentes enfoques, siendo la Cool Farm Tool una herramienta que permite calcular las emisiones de GEI en la agricultura mediante la introducción de ciertos datos; para cuantificar las emisiones provenientes de la agricultura se requieren la cuantificación de diferentes fuentes de emisiones como: las provenientes de la fertilización, manejo de suelo, manejo de residuos y subproductos del beneficio entre otros (Isaza y Cornejo 2015). Se trabajó con esta herramienta ya que es confiable, precisa.

Cool Farm Tool fue desarrollada por la universidad Alberdeen y el laboratorio de alimentos sustentables (Sustainable Food Lab) que permite calcular la huella de carbono que viene a ser la emisión de GEI a lo largo del proceso productivo, permitiendo medir, gestionar y reducir la misma.

La gestión eficiente del carbono en la agricultura se asocia a la mitigación del impacto del cambio climático a partir de la disminución de la emisión GEI y captura de carbono. Para poder gestionar de manera eficiente el carbono producido se debe conocer la huella de carbono generada en cada proceso de la producción de café: desde instalación del cultivo, manejo de residuos, elaboración de fertilizantes, manejo de residuos líquidos y sólidos; este es el primer paso para reducir las emisiones de GEI. La gestión eficiente de captura de carbono en el cultivo de café es una oportunidad ya que permite desarrollar

sistemas de cultivo amigables con el medio ambiente que permita mitigar la emisión de GEI, además es una oportunidad de recibir reconocimiento económico por servicios ambientales conocido como programa de pago por servicios ambientales PSA.

Teniendo en cuenta la importancia de este tema se planteó realizar esta investigación con el principal objetivo de determinar las emisiones de GEI a través de Cool Farm Tool en las fincas cafetaleras de socios perteneciente a la Asociación de Productores Integral y Sostenible de Amazonas “APRYSA” con diferentes sistemas de cultivo, en la provincia Rodríguez de Mendoza, que presentaron las siguientes características: cultivo de 4 a 6 años, variedad: catimor, densidad de siembra de 1.5mx 2.0m, área de cultivo de 1ha, utilizando el diseño 2A * 3B, tipo de sombra (sin sombra o presencia de guabas *Inga* sp y tipo de manejo (fertilización orgánica, química y sin fertilización) teniendo los siguientes 6 tratamientos: SCFQCS (con fertilización química y con sombra), SCOCS (fertilización orgánica y con sombra), SCTCS (sin fertilización y con sombra), SCQSS (con fertilización química y sin sombra), SCOSS (fertilización orgánica y sin sombra) y SCTSS (sin fertilización y sin sombra).

Para determinar la huella de carbono se efectuó entrevistas a los productores o encargados de los diferentes procesos realizados en la finca, donde se tomó toda la información sobre el manejo, registros de cosecha de un año a más, también se revisaron sus instalaciones, registros de actividades, comprobantes de la adquisición de insumos (fertilizantes), manejo de residuo, etc. Y para poder determinar la captura de carbono se realizó inventario forestal (conteo y medición de árboles en toda la finca y medición de cafetos.

Luego toda la información recaudada se llevó a la herramienta Cool Farm Tool, donde ésta nos arrojó la cantidad de GEI en términos de toneladas (t) o kilogramos (kg) de dióxido de carbono por hectárea ($t\ CO_2/ha$ o $kg\ CO_2/ha$) emitido a lo largo del proceso de producción en los diferentes sistemas de cultivo.

Los objetivos específicos de esta investigación fueron: establecer las etapas donde se genera mayores emisiones de GEI dentro de los procesos de producción del café; determinar la cantidad de emisiones GEI en el proceso de producción de café bajo los sistemas de producción establecidos, usando la herramienta Cool Farm Tool; determinar la captura de carbono en los diferentes sistemas de producción de café establecidos y plantear alternativas para la gestión eficiente de captura de carbono en los sistemas productivos de café.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

a. Método.

La investigación desarrollada fue de tipo analítico con modelo experimental 2A*3B (donde A: representa al manejo de sombra: sin sombra y con sombra y B: el tipo de manejo: fertilización orgánica, fertilización química y sin fertilización); en diseño en bloques completamente aleatorizado, donde se utilizó 6 tratamientos: sistema de cultivo sin fertilización sin sombra (SCTSS), sistema de cultivo con fertilización química sin sombra (SCQSS), sistema de cultivo con fertilización orgánica y sin sombra (SCOSS), sistema de cultivo sin fertilización con sombra (SCTCS), sistema de cultivo con fertilización química con sombra (SCQCS), sistema de cultivo con fertilización orgánica y con sombra (SCOCS).

Tabla 01. *Diseño del experimento.*

SOMBRA	FERTILIZACIÓN	OBSERVACIONES				
Sin Sombra (SS)	Sin Fertilización (T)	r1	r2	r3	r4	r5
	Fertilización química (Q)	r1	r2	r3	r4	r5
	Fertilización orgánica (O)	r1	r2	r3	r4	r5
Con Sombra (SS)	Sin Fertilización (T)	r1	r2	r3	r4	r5
	Fertilización química (Q)	r1	r2	r3	r4	r5
	Fertilización orgánica (O)	r1	r2	r3	r4	r5

Elaboración propia

Para el tamaño de la muestra se determinó mediante el método de proporciones.

Cálculo del tamaño de la muestra cuando se conoce el tamaño de la población.

$$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{D^2 * (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

Donde:

n= Tamaño de muestra

N=Tamaño de la población objetivo

Z=nivel de confianza (95%) 1,96

P= Probabilidad de éxito

Q=Probabilidad de fracaso

D= Precisión (error de muestreo)

Para determinar la muestra se consideró ciertos parámetros:

- ❖ Edad: 4-6 años
- ❖ Variedad: Catimor
- ❖ Área de cultivo: 1 ha
- ❖ Densidad de siembra: 2 x 1.5 m
- ❖ Tipo de manejo (fertilización orgánica, química y sin fertilización).
- ❖ Tipo de sombra: Sin sombra y las con sombra con especie guaba *Inga* sp.

La investigación desarrollada consiste en el método analítico, ya que se desarrolló con ayuda de fichas para registrar información y análisis de datos para poder determinar la huella de carbono en cada sistema.

b. Materiales.

- Base de datos de la información de los productores miembros de la APRYSA.
- Fichas para el registro de datos
- Lápiz
- Tablero
- Rafia
- Cinta métrica
- GPS
- Cuaderno del productor
- La herramienta Cool Farm Tool (CFT)

La herramienta Cool Farm Tool (CFT) fue desarrollada originalmente como una hoja de cálculo de Microsoft Excel por Unilever e investigadores de la Universidad de Aberdeen y el Laboratorio de Alimentos Sustentables para ayudar a los productores a medir y comprender las emisiones de gases de efecto invernadero en las fincas. En el año 2011 y 2012, se acordó que el CFT necesitaba un hogar y que se estableciera una entidad sin fines de lucro: la Cool Farm Alliance. Siendo así que se creó una versión en línea de la herramienta, la cual fue diseñada y desarrollada en 2013 con el apoyo de los autores originales. La versión en línea se basa estrechamente en Cool Farm Tool en versión Excel, sin embargo, hay algunas diferencias que tiene un impacto en la entrada de datos o resultados. CFT es una calculadora de gases de efecto invernadero para el sector agrícola, permite calcular emisiones de GEI en una finca mediante la

introducción de ciertos parámetros, como el área de la finca, el tipo de cultivo, la aplicación de fertilizantes, el uso de maquinaria, entre otros. A diferencia de otras calculadoras existentes, CFT incluye cálculos de secuestro de carbono por el suelo, que es un componente clave en la agricultura que tiene ambos beneficios de mitigación y adaptación. (Cool Farm Institute., 2012).

La herramienta Cool Farm Tool cuenta con siete secciones:

- Detalle del cultivo: localización, año, producto, área de producción, clima, manejo de residuos.
- Característica del suelo.
- Entrada de fertilizantes.
- Combustible, energía y aguas residuales.
- Uso del agua.
- Cambio de carbono y secuestro.
- Transporte: por carreteras.

La CFT calcula los GEI en cada finca en términos de toneladas (t) o kilogramos (Kg) de dióxido de carbono por hectárea ($t\ CO_2/ha$ o $kg\ CO_2/ha$).

c. Procedimiento:

Se instaló el proyecto de investigación en las fincas que cumplan con los tratamientos antes mencionados:

Para determinar las etapas donde se genera mayor emisión de GEI se realizó la entrevista al productor y/o encargado de los diferentes procesos que se realizan en la finca, donde se tomó toda la información sobre el manejo de la finca, para ello también se revisó sus instalaciones, registros de actividades o cuadernos de campo, comprobantes de la adquisición de insumos (fertilizantes), manejo de residuo, etc.

Para determinar la captura de carbono que ocurre en cada sistema se realizó las visitas de campo donde se realizó las siguientes actividades:

- Inventario forestal, que consistió en el conteo y medición de árboles de los sistemas con sombra que se encontraron en asociación con el café ya sea como sombra, en linderos y barreras vivas con diámetro mayor a 5cm (o una circunferencia mayor a 15 cm), con el propósito de obtener datos de interés y

de cuantificar el almacenamiento de carbono en las especies forestales presentes en los sistemas con sombra y donde se tomó los siguientes datos:

- Nombre de la especie: se anotó el nombre común.
- Diámetro a la altura del pecho (DAP): se midió con la cinta alrededor del fuste (1.30 m de longitud desde el suelo).
- Altura total (HT): se midió la altura (en metros) comprometida desde el suelo hasta el punto más alto de la copa, se realizó por estimación visual.

- Medición de cafetos: en cada parcela se estableció cinco lotes de medición de 10m x 10m, se midió el total de las plantas de café que se encontraron dentro de las parcelas establecidas. Las variables que se evaluaron fueron:

- D15: diámetro a los 15 cm sobre el suelo.
- H: altura del cafeto.

Toda la información recaudada en el procedimiento anterior se llevó a la herramienta Cool Farm Tool, esta permitió calcular los GEI en cada finca en términos de toneladas de dióxido de carbono por hectárea ($t\ CO_2/ha$) y/o kilogramos de carbono ($kg\ CO_2/ha$).

Con los datos de la emisión generada y la cantidad de captura para cada sistema nos permitirá determinar la alternativa de gestión eficiente.

Pathway > Producto final: ~ > Yield: ~

Cultivo Suelo Entradas Fuel & Energy Irrigation Carbon Transporte Resultados 0% Complete

1. Detalles del cultivo ⓘ

Ingrese las propiedades básicas del cultivo para comenzar.

Tipo de cultivo (seleccione tipo) ▾

Harvesting year 2019 ▾

Crop area [] [] ▾

Resumen

Cultivo ~

Año ~

Figura 01. Herramienta Cool Farm Tool.

III. RESULTADOS

1.- Etapas donde se generan emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) dentro de los procesos de producción de café.

La figura 02, es un gráfico biplot con los datos arrojados por las herramienta Cool Farm Tool y procesados en el programa InfoStat versión 2018; donde se encuentran todas actividades o etapas desarrolladas para la producción de café en los sistemas de estudio que generaron las emisiones de GEI; y se muestran en orden de importancia a) la gestión de residuos b) el cambio de stock de carbono vinculado al cambio de uso de suelo, c)aguas residuales, d) la fertilización, e) la producción de fertilizantes f) la protección del cultivo, g)uso de energía para el procesamiento, y h)transporte de insumos y del producto; también se puede observar que la gestión de residuos no está vinculada a las demás variables teniendo una diferencia significativa con respecto a las demás variables; además todas la variables evaluadas se presentan en mayor valores de emisión de GEI en el SCQSS (sistema de cultivo con fertilización química y sin sombra) seguida por SCOCS (el sistema de cultivo con fertilización orgánica con sombra) y el SCOSS (el sistema de cultivo con fertilización orgánica sin sombra).

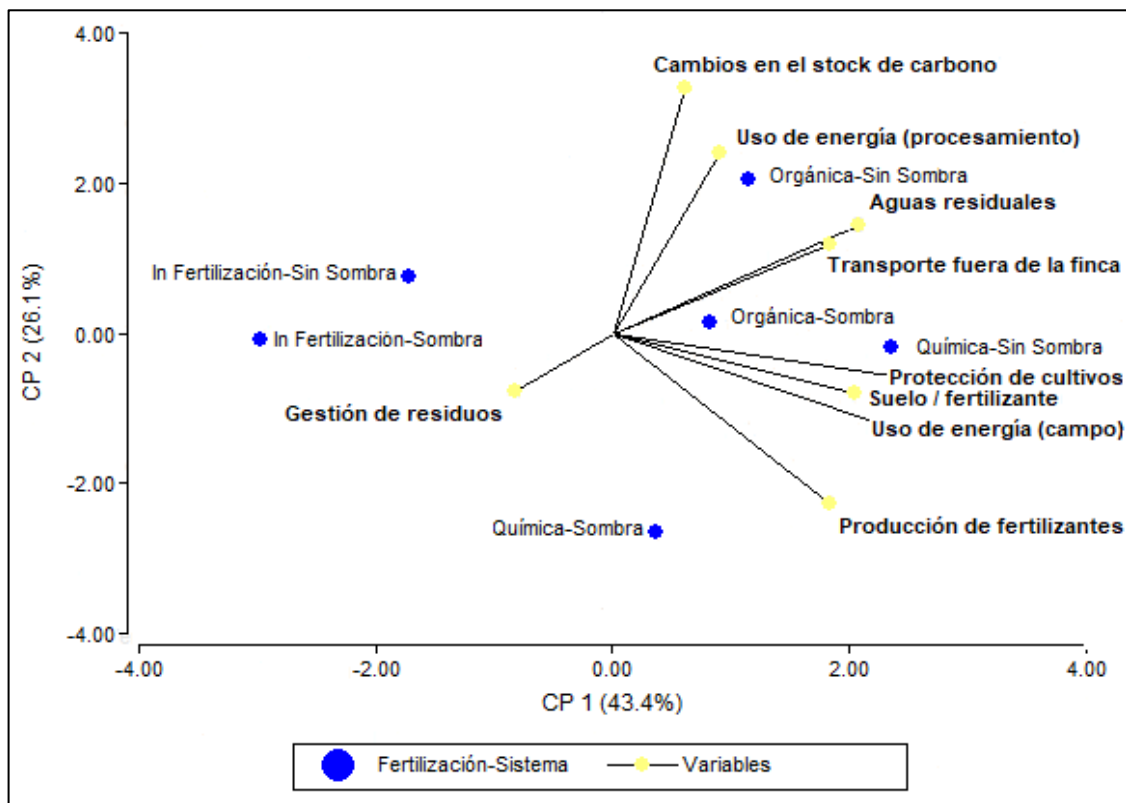


Figura 02. Etapas del cultivo de café que generar emisión de gases de efecto invernadero.

Tabla 02. Porcentaje de emisión de CO₂ en cada etapa.

FUENTE	PORCENTAJE
Fertilizante	2%
Aplicación de fertilizantes nitrogenado N02	4%
Aguas residuales	15%
Manejó de residuos de cultivo	46%
Cambio del stock del carbono	30%
Demás etapas	3%

En la tabla se observa los porcentajes de la cantidad total de las emisiones de CO₂ en cada etapa del cultivo de café, valores procesados en una hoja de Excel luego de haber sometido los datos a la herramienta Cool Farm Tool.

2.- Cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero en el proceso de producción de café bajo los sistemas de producción establecidos, usando la herramienta Cool Farm Tool.

En la figura 03, se muestran valores procesados en una hoja de cálculo de Excel después de haber sido sometidos al Cool Farm Tool, donde se observa los niveles de emisión de los gases de efecto invernadero en términos de CO₂ por cada sistema de cultivo evaluado, en el cual se muestra que el SCQSS fue el que contribuyó en la mayor emisión de GEI con un valor de 16.58 t CO₂/ha seguida por el SCTSS con un valor de 14.34 t CO₂/ha por otro lado el SCOCS fue el que contribuyó con menor emisiones de GEI con un valor de 9.03 t CO₂/ha y el SCTCS, el SCQCS y el SCOSS alcanzaron valores de 11.64 t CO₂/ha; 11.17 t CO₂/ha; 10.59 t CO₂/ha, respectivamente. Así mismo se observa que los sistemas sin sombra son los que muestran valores mayores de emisiones indistintamente al tipo de fertilización.

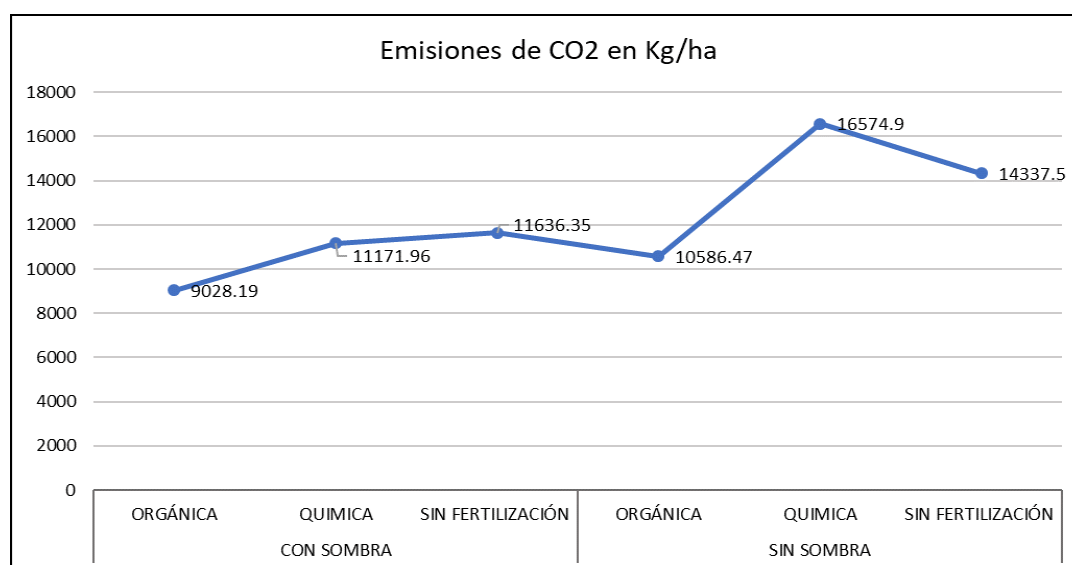


Figura 03. Cantidad de emisiones de GEI obtenidos por la herramienta Cool Farm Tool en los sistema de producción de café con sombra y sin sombra.

En la figura 04, es un gráfico biplot que muestra datos arrojados por Cool Farm Tool de Kg de CO₂ por hectárea y kg de CO₂ por kg de café pergamino seco, procesados en el programa InfoStat versión 2018, donde se observa que todos los sistemas de cultivo emitieron GEI, siendo el SCQSS el con mayor emisión generada seguida por el SCTSS y el SCTCS; y con menores emisiones el SCOSS, el SCQCS y finalmente el SCOCS.

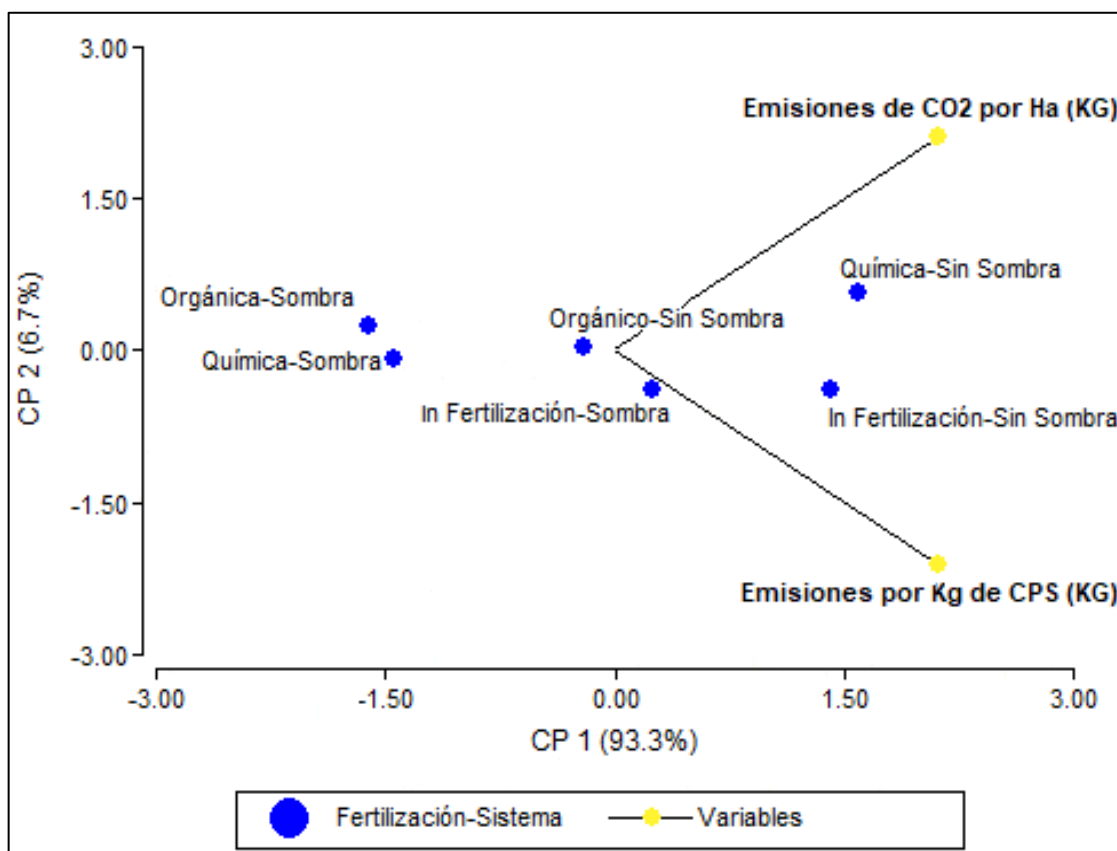


Figura 04. Determinación de las emisiones de gases de efecto invernadero en los sistemas de cultivo.

3.- Captura de carbono en los diferentes sistemas de producción de cafés establecidos.

Con respecto a la captura de carbono traducido en kg de CO₂/ha en los sistemas de cultivo de evaluación la figura 05, muestra tres curvas que fueron obtenidos mediante una hoja de calculo de Excel de los valores arrojados por Cool Farm Tool, donde la primera representan a las plantas de café, la segunda a la sombra y la tercera a la combinación de ambas, teniendo una captura de carbono de las propias plantas de café desde 910 a 1200 kg CO₂ /ha y de los que presentan sombra (guaba) muestran una captura desde 1800 a 2200 kg CO₂ /ha, mostrando mayores valores de captura o secuestro de carbono en los sistemas de producción bajo sombra, independientemente

del manejo del cultivo, además se observa que los sistemas con sombra absorben entre 3205 kg CO₂/ha hasta los 3600 kg CO₂/ha, en cambio, en los sistemas de producción sin sombra la captura está entre los 1200 a 1150 kg CO₂/ha. La cantidad de captura de carbono por parte de los cafetos es muy similar ya que para realizar esta investigación se consideró características similares.

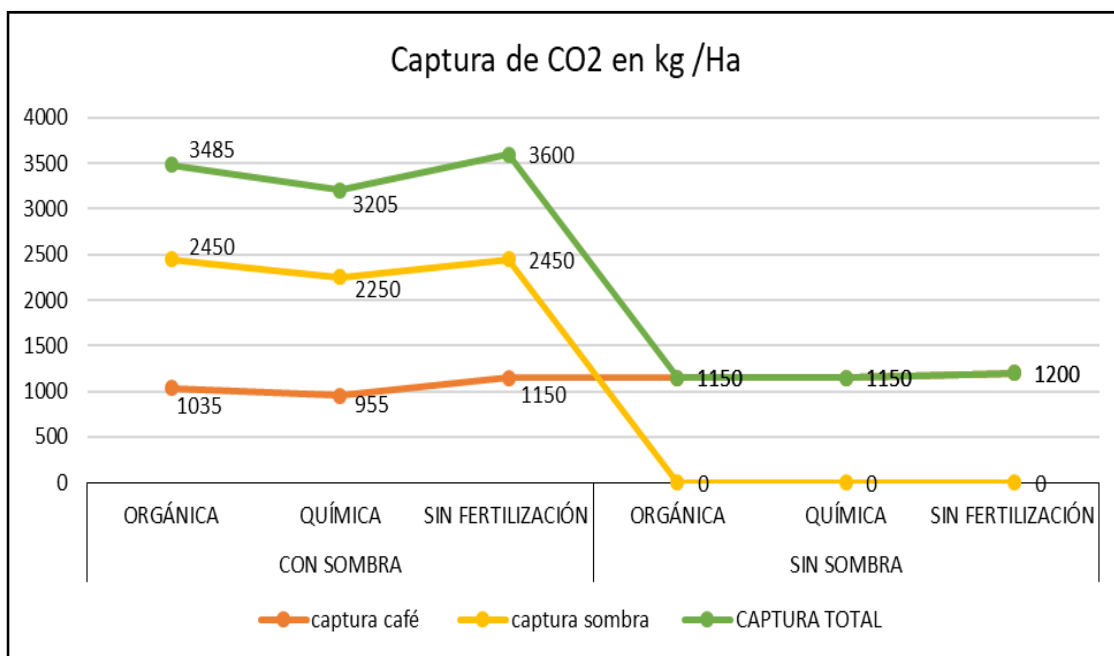


Figura 05. Captura de gases de efecto invernadero por los diferentes sistemas de cultivo.

4.- Alternativas para la gestión eficiente de la captura de carbono en los sistemas de producción de café.

Los valores encontrados en cada una de las variables antes mencionados (SCQSS, SCTSS, SCOSS, SCQCS, SCTCS y SCOCS) permiten indicar y plantear a priori las siguientes alternativas: evitar la instalación de los cultivos en bosque primarios, dar manejo adecuado a los residuos sólidos y líquidos que se generan en la finca.

IV. DISCUSIÓN

Con respecto a las etapas donde se generaron las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) los resultados indican que el manejo de residuos de cultivo es el responsable del 46% de las emisiones, el cambio de stock de carbono del 30%, y producto de las aguas residuales del 15%, aplicación de fertilizantes nitrogenados NO_2 con del 4%, la producción de fertilizantes es el responsable del del 2% y el 3% entre el transporte, uso de energía y protección del cultivo, así mismo, en los resultados obtenidos por Isaza y Cornejo (2015) , indica que el 20% provienen de la producción de fertilizantes, 16% de la aplicación de fertilizantes, el 11% representa al manejo de los residuos y el 34% de las aguas residuales.

Además, en la investigación desarrollada por Rikxoort (2011) se detallan los siguientes porcentajes de emisiones por cada fuente: 20% de los fertilizantes, 16% Aplicación de fertilizantes nitrogenados NO_2 , 34% producto de las aguas residuales y el 11% de manejo de residuos de cultivo, en cambio, en la investigación realizada por Izasa (2014) obtuvo los siguientes resultados en porcentaje de emisiones de CO_2 : 34% provienen de las aguas residuales, 33% inducidas por fertilizantes, 15% transporte fuera de la finca, 8% del manejo de residuos de cultivo, 7% de la producción de fertilizantes, 2% de pesticidas, 1% del procesamiento primario.

Por otra parte, Bretscher (2005) indico que “El suelo produce y/o consume naturalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido de nitrógeno (N_2O). Con los cambios en la agricultura convencional (usando químicos) las emisiones aumentaron sustancialmente. Sobre todo, la aplicación desmedida de fertilizantes químicos promueve la producción de óxido de nitrógeno en los suelos. Estos fertilizantes están compuestos de una gran parte de nitrógeno. De este nitrógeno una parte (en un promedio 1.25%) se puede convertir en óxido de nitrógeno y escaparse desde el suelo al aire (a la atmósfera).”

En relación a la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero en el proceso de producción de café bajo los sistemas de cultivo establecidos, usando la herramienta Cool Farm Tool los resultados obtenidos en esta investigación fueron: 9.03 t CO_2 /ha correspondiente al SCOCS hasta los 16.57 t CO_2 /ha correspondiente al SCQSS esto es debido que el uso de fertilizantes nitrogenados esto es respaldado por

la investigación de Segura y Andrade (2012) quienes determinaron que la mayor cantidad de emisiones lo genera la fertilización nitrogenada explicándose a la aplicación de altas dosis de fertilizantes.

Así mismo los datos obtenidos mantienen ciertas concordancias con los resultados obtenidos por Andrade y Segura (2012), en su investigación “Huellas de carbono en la cadena de producción de café bajo diferentes estándares de certificación en Costa Rica.”, donde el sistema de producción orgánica tuvo emisiones de 5.3 t CO₂/ha, en el sistema de producción convencional hay emisión de 14.4 t CO₂/ha. En los dos casos el sistema de producción manejado de forma orgánica las emisiones son menores que en los sistemas de producción manejados convencionalmente (fertilización química). Mientras tanto el dato obtenido en la investigación de Isaza (2014), el resultado de emisión fue de 65,95 t CO₂/ha en la finca la Unión de Manizales, Colombia; manejadas bajo los estándares de sostenibilidad; esta investigación también fue realizada con la herramienta Cool Farm Tool.

En otro lado, la determinación de la captura de carbono, fueron de 2.45 t CO₂/ha y 2.25 t CO₂/ha de captura de carbono de la sombra (guaba) encontrándose dentro de los rangos de las investigaciones realizadas por Cabrera. et al, (2016) al realizar el balance del carbono almacenado en los sistemas agroforestales los valores se encuentran entre 0.15 t CO₂/ha y 93.67 t CO₂/ha.

Sin embargo, en la investigaciones del almacenamiento de carbono con otros sistemas agroforestales desarrollada por Vargas (2000) en Costa Rica obtuvo los siguientes resultados: Café- eucalipto con densidad de 277 árboles de 4 años tienen una tasa de fijación de 1.1 t de CO₂/ha, café- eucalipto con densidad de 156 árboles de 6 años tienen una tasa de fijación de 0.4 t de CO₂/ha y café- eucalipto con densidad de 156 árboles de 8 años tienen una tasa de fijación de 0.4 t de CO₂/ha.

Con respecto a las alternativas para la gestión eficiente de captura de carbono en los sistemas de cultivo, Las emisiones de GEI se dan en las diferentes etapas del cultivo desde la instalación, manejo del cultivo, el tipo de fertilización, el proceso del beneficio húmedo, manejo de residuos sólidos, tratamiento de aguas mieles y el transporte; variando las cantidades según el sistema de cultivo según el sistema pues según los resultados obtenidos en la investigación el sistema de cultivo de sombra y con fertilización orgánica es el sistema de cultivo es la que genera menor emisión de

GEI y presentando una alternativa para gestionar eficientemente de captura de carbono.

Si el cultivo se instala en área de bosques, el cambio del uso del suelo y el tipo de labranza genera una emisión mayor a 4 t de CO₂/ha siendo el responsable del 24% de las emisiones de GEI, en cambio si no se hace cambio de uso de suelo las emisiones disminuyen en un 7.1%, la falta de manejo de residuo vegetales es el responsable de casi el 50% de emisiones que si fueran manejadas mediante la elaboración de compost las emisiones reducirían a 5 veces de 8.75 t de CO₂/ha a 1.33; el agua residual no tratada es el responsable del 15 % de las emisiones y si se maneja adecuadamente esto disminuirá a menos de la mitad (de 2.44t CO₂/ha a 9.76 t CO₂/ha); con las actividades antes mencionadas se logra reducir hasta un 71.5% de las emisiones generadas, no logrando llegar a disminuir al 100% ya que hay actividades que no permiten alternativas de poder reducir las emisiones, pero como otra alternativa y lograr una gestión eficiente es necesario contar con sistemas de cultivo que ayuden a capturar las emisiones generadas como es el sistema de cultivo bajo sombra con 240 árboles de guaba por hectárea.

Los sistemas de cultivo bajo sombra son los que permiten el secuestro (fijación y almacenamiento de carbono) de GEI y dan como resultado a los sistemas de cultivo que son bajo sombra como los sistemas de menor emisión de GEI, lo cual guarda relación con lo que afirma Cabrera (2016) señalando que “Los cafetales con sombra diversificada son ecosistemas con un alto potencial de fijación y almacenamiento de carbono, constituyéndose así, en una alternativa importante para la incorporación de mecanismos y estrategias que contribuyan con la reducción de las emisiones de carbono y la generación de nuevos beneficios para los pequeños agricultores.”

V. CONCLUSIONES

En todos los sistemas de cultivo de café evaluados se generaron emisiones de GEI, siendo el sistema sin sombra y con fertilización química la que generó mayores emisiones, en cambio, el sistema con sombra y fertilización orgánica es la que menores emisiones generó.

Las etapas donde se generó mayor emisión de gases de efecto invernadero fue el manejo de residuos de postcosecha con más del 45% del total emitido.

La cantidad de emisiones GEI en los sistemas establecidos, fueron los siguiente: el SCQSS (sistema de cultivo químico sin sombra) emite más de 16t CO₂/ha, seguido por el SCTSS (sistema de cultivo sin fertilización sin sombra) con 13.5% menos y el SCTCS (sistema de cultivo sin fertilización con sombra) con 18.5% menos, y el SCQCS (sistema de cultivo químico con sombra) con 32.5% menos, el SCOSS (sistema de cultivo orgánico sin sombra) con 36% menos y SCOCS (sistema de cultivo orgánico con sombra) con 45.5 % menos que el primero.

Se determinó que la captura de carbono es de 3.2; 3.5 y 3,6 t CO₂ /ha para el SCQCS, SCOCS y el SCTCS respectivamente y de 1.15t CO₂/Ha para los SCOSS y SCQSS y 1.2 tCO₂ /ha para el SC TSS.

Como alternativa para una gestión eficiente de captura de carbono se propone: realizar manejo adecuado de residuo vegetales y aguas residuales, además, se debe contar con un promedio de 240 árboles de guaba que permitiría el secuestro del total de las emisiones de GEI generado.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para este tipo de investigaciones se debe contar con historial de la producción y conocer todos sus manejos, se recomienda trabajar en con organizaciones que puedan facilitar y contrastar la información recaudada de los productores.
2. También se debería investigar en los sistemas de producción con otras especies de sombra además se debe realizar este tipo de investigación en cacao ya que este es un cultivo de gran importancia al igual que el café.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2010). *Agricultura climaticamente inteligente*. Roma, Italia.
- Bretscher, D. (2005). *Agricultura orgánica y gases de efecto invernadero*. San José, Costa Rica: Hivos.
- Cabrera, M.; Vaca, S. ; Aguirre, F. & Aguirre, H. (2016). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales cafetaleros en las provincias de Jaén y San Ignacio. *Pakamuros*, 47.
- Cool Farm Institute. (2012). *The Cool Farm Tool, a User's Guide, For Use with the CFT Version 2.0*. Estados Unidos.
- Isaza, C. (2014). *Ánisis de oportunidades para la gestión eficiente de carbono en un sistema de producción de café en el departamento de Caldas. (Tesis de maestría)*. Universidad de Manizales. Manizales.
- Isaza, C. y Cornejo, J. (2015). El café y el ciclo de carbono. *Solidaridad*, 27.
- Isaza, R. & Cornejo, J. (2015). El café y el ciclo del carbono. *Solidaridad*, 3.
- MINAGRI. (2014). *El café peruano*. Obtenido de <http://minagri.gob.pe/portal/485-feriascaa/10775-el-cafe-peruano>.
- Rikxoort, V. (2011). *The potential of Mesoamerican Coffe production*. The Netherlands: Alblasserdam.
- Segura, M. y Andrade, H. (2012). Huella de carbono en cadenas productivas de café (Coffea arabica) con diferentes estándares de certificación en Costa Rica. *Luna Azul*, 73.
- Vargas, A. (2000). *Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol*. Costa Rica.

ANEXOS

Tabla 03. *Emisión de gases efecto invernadero obtenidas mediante la herramienta Cool Farm Tool.*

SISTEMA DE CULTIVO	FERTILIZACIÓN	PRODUCTOR	Gestión de residuos	Producción de fertilizantes	Suelo / fertilizante	Protección de cultivos	Cambios en el stock de carbono	Uso de energía (campo)	Uso de energía (proceso)	Aguas residuales	Transporte fuera de la finca	TOTAL DE CO2
SOMBRA	ORGÁNICA	Adilia Curi de Lopéz	1330.00	236.50	231.21	20.50	2780.00	134.00	108.09	1790.00	5.60	6635.90
		Maria Antonia Acosta Grandez	1240.00	309.66	503.47	20.50	4150.00	146.18	182.73	2440.00	35.65	9028.19
	QUIMICA	Judith de Jesús Torres Arista	7670.00	615.90	504.52	20.50	640.68	85.27	0.00	1630.00	5.09	11171.96
		Persing Trigosso Torres	1210.00	590.00	440.00	21.00	790.00	150.00	130.00	422.95	31.00	3784.95
	SIN FERTILIZACIÓN	Basilia Human Puerta	7140.00	0.00	373.57	0.00	3590.00	0.00	117.92	390.42	24.44	11636.35
		Jorge Santiago Caro Acosta	6780.00	0.00	373.57	0.00	2120.00	24.36	88.44	292.81	6.11	9685.29
SIN SOMBRA	ORGÁNICA	Juana de Jesus Huamán Ruiz	1170.00	233.82	484.62	20.50	5450.00	73.09	1180.00	1950.00	24.44	10586.47
		Wilder Vásquez Chávez	1100.00	229.87	442.48	20.50	3760.00	48.73	0.00	1950.00	24.44	7576.02
	QUIMICA	Noiler Zuta Guelac	8570.00	346.41	488.61	20.50	3170.00	221.38	97.45	2280.00	28.52	15222.87
		Nolasco López Valque	8750.00	353.49	688.22	20.50	4030.00	109.64	147.40	2440.00	35.65	16574.90
	SIN FERTILIZACIÓN	Cerolina de Jesus Caro Acosta	7850.00	0.00	398.07	0.00	4050.00	60.91	0.00	1950.00	28.52	14337.50
		Justina Alva Julca	8030.00	0.00	165.35	0.00	2260.00	60.91	146.18	1630.00	20.37	12312.81

Tabla 04. *Captura de Emisión de gases efecto invernadero obtenidas mediante la herramienta Cool Farm Tool.*

SISTEMA DE CULTIVO	FERTILIZACIÓN	PRODUCTOR	captura café	captura sombra	Suma de captura
SOMBRA	ORGÁNICA	Adilia Curi de López	1100	2700	3800
		Maria Antonia Acosta Grandes	970	2200	3170
	QUIMICA	Judith de Jesus Torres Arista	1000	1800	2800
		Persing Trigoso Torres	910	2700	3610
	SIN FERTILIZACIÓN	Basilía Human Puerta	1100	2700	3800
		Jorge Santiago Caro Acosta	1200	2200	3400
SIN SOMBRA	ORGÁNICA	Juana de Jesus Huamán Ruiz	1200	0	1200
		Wilder Vásquez Chávez	1100	0	1100
	QUIMICA	Noiler Zuta Guelac	1100	0	1100
		Nolasco López Valque	1200	0	1200
	SIN FERTILIZACIÓN	Cerolina de Jesus Caro Acosta	1200	0	1200
		Justina Alva Julca	1200	0	1200

Están en términos de kilogramos de CO₂

Tabla 05. *Emisiones de GEI por hectárea y por kg de café pergamino.*

SISTEMA DE CULTIVO	FERTILIZACIÓN	PRODUCTOR	Emisiones de CO2 por Ha (KG)	Emisiones por Kg de CPS (KG)
SOMBRA	ORGÁNICA	Adilia Curi de López	6635.9	6.3
		Maria Antonia Acosta Grandes	9028.19	6.2
	QUIMICA	Judith de Jesus Torres Arista	11171.96	11.17
		Persing Trigoso Torres	3784.95	2.9
	SIN FERTILIZACIÓN	Basilía Human Puerta	11636.35	9.7
		Jorge Santiago Caro Acosta	9685.29	10.76
SIN SOMBRA	ORGÁNICA	Juana de Jesus Huamán Ruiz	10586.47	8.82
		Wilder Vásquez Chávez	7576.02	8.42
	QUIMICA	Noiler Zuta Guelac	15222.87	10.87
		Nolasco López Valque	16574.9	10.92
	SIN FERTILIZACIÓN	Cerolina de Jesus Caro Acosta	14337.5	11.95
		Justina Alva Julca	12312.81	12.31



Figura 06. Finca sin sombra ubicada en Mashuyacu, distrito Omia



Figura 07. Finca con sombra ubicada en Miraflores, distrito Huambo



Figura 08. Delimitación de parcelas de 10x10 m.



Figura 09. Delimitación de parcelas de 10x10 m. con ayuda del productor.



Figura 10. Parcela delimitada de 10x10m.



Figura 11. Medición de los cafetales a 15 cm del suelo.



Figura 12. Toma de información de los productores, que se verifican en campo.



Figura 13. Verificación de elaboración de compost, manejo adecuado de residuos

Tabla 06. *Promedio de cafés, finca de la productora Adilia.*

Etiquetas de fila	Promedio de CIRC	Promedio de D15	Promedio de Altura (m)
1	12.60	4.01	1.54
2	11.92	3.79	1.55
3	12.09	3.85	1.51
4	12.50	3.98	1.47
5	12.31	3.92	1.37
Total general	12.29	3.91	1.49

Tabla 07. *Promedio de cafés, finca de la productora Antonia.*

Etiquetas de fila	Promedio de CIRC	Promedio de D15 (cm)	Promedio de Altura (m)
1	11.56	3.68	2.01
2	10.82	3.44	2.09
3	11.11	3.54	1.96
4	12.07	3.84	1.98
5	11.31	3.60	1.83
Total general	11.38	3.63	1.98

Tabla 08. *Promedio de cafés, finca de la productora Judith.*

Etiquetas de fila	Promedio de CIRC	Promedio de D15 (cm)	Promedio de Altura (m)
1	11.62	3.70	1.88
2	11.64	3.71	1.55
3	12.08	3.85	1.56
4	12.24	3.90	1.55
5	12.29	3.91	1.57
Total general	11.97	3.81	1.62

Tabla 09. *Promedio de cafés, finca del productor Persing*

Etiquetas de fila	Promedio de CIRC	Promedio de D15 (cm)	Promedio de Altura (m)
1	9.86	3.14	1.65
2	10.56	3.36	1.64
3	10.41	3.32	1.71
4	11.19	3.56	1.76
5	11.33	3.61	1.66
Total general	10.67	3.40	1.68

Tabla 10. *Promedio de cafés, finca de la productora Basilia.*

Etiquetas de fila	Promedio de CIRC	Promedio de D15 (cm)	Promedio de Altura (m)
1	12.31	3.92	1.87
2	11.67	3.72	1.73
3	10.07	3.21	1.76
4	10.21	3.25	1.86
5	10.54	3.36	1.79
Total general	10.99	3.50	1.80

Tabla 11. *Promedio de cafés, finca del productor Jorge.*

Etiquetas de fila	Promedio de CIRC	Promedio de D15 (cm)	Promedio de Altura (m)
1	12.27	3.91	1.54
2	12.27	3.91	1.57
3	12.23	3.90	1.54
4	12.21	3.89	1.95
5	12.21	3.89	1.58
Total general	12.24	3.90	1.64

Tabla 12. *Promedio de cafés, finca del productor Wilder.*

Etiquetas de fila	Promedio de CIRC	Promedio de D15 (cm)	Promedio de Altura (m)
1	13.42	4.28	1.49
2	13.12	4.18	1.51
3	12.82	4.08	1.49
4	13.32	4.24	1.52
5	12.84	4.09	1.53
Total general	13.10	4.17	1.51

Tabla 13. *Promedio de cafés, finca de la productora Juana.*

Etiquetas de fila	Promedio de CIRC	Promedio de D15 (cm)	Promedio de Altura (m)
1	13.98	4.45	1.57
2	13.91	4.43	1.57
3	13.68	4.36	1.54
4	14.00	4.46	1.56
5	13.90	4.43	1.56
Total general	13.90	4.43	1.56

Tabla 14. *Promedio de cafés, finca del productor Noiler.*

Etiquetas de fila	Promedio de CIRC	Promedio de D15 (cm)	Promedio de Altura (m)
1	12.63	4.02	1.63
2	13.33	4.25	1.65
3	13.09	4.17	1.63
4	13.97	4.45	1.63
5	13.96	4.45	1.64
Total general	13.41	4.27	1.64

Tabla 15. *Promedio de cafés, finca del productor Nolazco.*

Etiquetas de fila	Promedio de CIRC	Promedio de D15 (cm)	Promedio de Altura (m)
1	13.65	4.35	1.79
2	13.92	4.43	1.80
3	13.99	4.46	1.77
4	13.56	4.32	1.73
5	13.52	4.31	1.74
Total general	13.72	4.37	1.76

Tabla 16. *Promedio de cafés, finca de la productora Cerolina.*

Etiquetas de fila	Promedio de CIRC	Promedio de D15 (cm)	Promedio de Altura (m)
1	15.47	4.93	1.44
2	12.71	4.05	1.43
3	13.18	4.20	1.44
4	12.83	4.09	1.44
5	12.98	4.13	1.50
Total general	13.44	4.28	1.45

Tabla 17. *Promedio de cafés, finca de la productora Justina*

Etiquetas de fila	Promedio de CIRC	Promedio de D15 (cm)	Promedio de Altura (m)
1	13.02	4.15	1.48
2	13.29	4.23	1.63
3	13.60	4.33	1.51
4	13.51	4.30	1.53
5	13.50	4.30	1.52
Total general	13.38	4.26	1.54

Tabla 18. *Promedio de guaba, finca de la productora Adilia*

Etiquetas de fila	Cuenta de N°	Promedio de CIRC	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Atura fuste (m)	Promedio de Altura total (m)
Guaba	117	55.30	17.61	5.32	7.63
Total general	117	55.30	17.61	5.32	7.63

Tabla 19. *Promedio de guaba, finca de la productora Antonia*

Etiquetas de fila	Cuenta de N°	Promedio de CIRC	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Atura fuste (m)	Promedio de Altura total (m)
Guaba	77	64.43	20.52	5.18	8.77
Total general	77	64.43	20.52	5.18	8.77

Tabla 20. *Promedio de guaba, finca de la productora Judith*

Etiquetas de fila	Cuenta de N°	Promedio de CIRC	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Atura fuste (m)	Promedio de Altura total (m)
Guaba	83	46.23	14.72	4.23	6.17
Total general	83	46.23	14.72	4.23	6.17

Tabla 21. *Promedio de guaba, finca del productor Persing*

Etiquetas de fila	Promedio de N°	Promedio de CIRC	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Atura fuste (m)	Promedio de Altura total (m)
Guaba	57	57.57	18.34	6.19	9
Total general	57	57.57	18.34	6.19	9

Tabla 22. *Promedio de guaba, finca de la productora Basilia*

Etiquetas de fila	Promedio de N°	Promedio de CIRC	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Atura fuste (m)	Promedio de Altura total (m)
Guaba	53	60.98	19.42	5.74	9
Total general	53	60.98	19.42	5.74	9

Tabla 23. *Promedio de guaba, finca del productor Jorge*

Etiquetas de fila	Cuenta de N°	Promedio de CIRC	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Atura fuste (m)	Promedio de Altura total (m)
Guaba	96	54.53	17.38	6.26	8.65
Total general	96	54.53	17.38	6.26	8.65

Tabla 24. Encuesta empleada.

FICHA DE DIAGNÓSTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE UNA FINCA - CFT				
Año de evaluación: 2018				
1. INFORMACIÓN GENERAL				
Ubicación	Nombre del productor	MARIA ANTONIA ACOSTA GRANDEZ		
	Sector o comité	MASHUYACU		
	Distrito - Provincia	OMIA - RODRIGUEZ DE MENDOZA		
	Ubicación	X: 06° 31'06.536"	Y: 077° 14' 03.420"	Altitud: 1735
Producto	Área (ha)			
	Café en producción: 1.00	Café en renovación : 0.00		
Producto	Cosecha			
	Pergamino seco (qq): 20.8	Cerezo (latas) : 600		
2. INFORMACIÓN DEL CULTIVO				
Suelo	Análisis de suelo	() Si	(X) No	
	Humedad del suelo	(X) Húmedo	() Seco	
	Drenaje del suelo	() Bueno	(X) Pobre	
Fertilización	Nombre	Guano de Isla		
	Cantidad total/año (kg):	330	Inhibidor de emisiones:	() Si (x) No
	Dosis (gr/planta)	N° de		
	Método de aplicación	(x) Incorporado	() Al voleo	() Aplicado en
		solución		
	Nombre	Compost		
	Cantidad total/año (kg):	660	Inhibidor de emisiones:	() Si (x) No
	Dosis (gr/planta)	N° de		
	Método de aplicación	(x) Incorporado	() Al voleo	() Aplicado en
	solución			
Nombre	Roca fosfórica			
Cantidad total/año (kg):	100	Inhibidor de emisiones:	() Si () No	
Dosis (gr/planta)	N° de			
Método de aplicación	() Incorporado	() Al voleo	() Aplicado en	
	solución			

Aplicación de pesticidas	Nombre : NA	N° de aplicaciones/año :
	Categoría : emergencia	() Aplicado a Semillas () Aplicado al Suelo () Post

Manejo de Residuos	Cantidad de residuos en campo (Hojarasca, ramas caídas, etc.): 200 kg	
	Manejo	(X) Se deja en parcela () Se recolecta y se desecha fuera de la finca () Se recolecta y apila () Se elabora compost () Se quema
	Cantidad de residuos en despulpado: 4300 kg	
	Manejo	() Se deja en parcela () Se recolecta y se desecha fuera de la finca () Se recolecta y apila (X) Se elabora compost () Se quema

3. SECUESTRO

Cambio en el uso de Suelo	¿Ha habido algún cambio en el uso de suelo en los últimos 20 años? (x) Si () No	
	<i>De bosque a cultivo</i>	
	Año : 1998	Área convertida (ha) : 1.00
	Tipo de bosque : () b. primario (X) b. secundario () purma	
	<i>De pasto a cultivo</i>	
Año :	Área convertida (ha) :	

Cambio en prácticas de manejo	Cambio en labranza	() Convencional a cero () Convencional a reducida () Reducida a convencional () Reducida a cero () Cero a convencional () Cero a reducida Año: Área convertida (ha):
	Cultivos de cobertura	() Cambio (X) Sin cambios Año: Área convertida (ha):
	Adición de estiércol	(X) Cambio () Sin cambios Año: 2017 Área convertida (ha):
	Incorporación de compost	(X) Cambio () Sin cambios Año: 2017 Área convertida (ha): 1.00
	Incorporación de residuos	() Cambio (X) Sin cambios Año: Área convertida (ha):

4. USO DE ENERGIA Y PROCESAMIENTO

Uso de energía en campo	Tipo de combustible:	
	Uso de motosierra	() Si (X) No Área intervenida (ha): _____ Consumo de combustible (gal): _____
	Uso de motoguadaña	(X) Si () No Área intervenida (ha): <u>1</u> Consumo de combustible (gal): <u>6</u>

	Uso de motofumigadora	() Si Área intervenida (ha): _____ Consumo de combustible (gal): _____
	Otro: _____	() Si Área intervenida (ha): _____ Consumo de combustible (gal): _____

Uso de energía en procesamiento	Tipo de energía	(X) Manual	() Gasolina	() Eléctrica
	Consumo de gasolina:	_____ gal/ lata ó _____ gal/qq		
	Consumo de electricidad:	_____ kWh/ lata ó _____ kWh/qq		

Aguas residuales	Rebalse	(X) Si	() No
	Sistema de lavado	(X) Tanque tina Quebrada	() Cajón fermentador ()
	Tratamiento	() Ninguno - Rio o quebrada (X) Ninguno - En pozos () Pozas de tratamiento con E.M. () Otro: _____	

5. TRANSPORTE

Transporte	Tipo de transporte	(X) Animal de carga	(x) Vehículo
	Tipo de vehículo	Camioneta	
	Combustible	(x) Gasolina	() Petróleo () GLP
	N° de viajes	15	
	Distancia de traslado (km): 70	Cantidad transportada (qq):	20.8

EQUIVALENCIAS	
1 qq pergamino seco	= 72 kg
1 lata cerezo	= 12.5 kg