

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMIA



**ALELOPATIA DE EXTRACTOS VEGETALES OBTENIDOS DE
ESPECIES FORESTALES SOBRE *Coffea arabica* L. VAR. CATURRA
ROJA EN CHANCHAMAYO**

Presentado por:

WILFREDO ELIO OJEDA AMERI

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

Lima – Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMIA

**“ALELOPATÍA DE EXTRACTOS VEGETALES
OBTENIDOS DE ESPECIES FORESTALES SOBRE
Coffea arabica L. var. CATURRA ROJA EN
CHANCHAMAYO”**

Presentado Por:

WILFREDO ELIO OJEDA AMERI

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Oscar Loli Figueroa
Presidente

Dr. Alberto Julca Otiniano
Asesor

Dr. Salomón Helfgott Lerner
Miembro

Ing. Mg. Sc. Elías Huanuqueño Coca
Miembro

LIMA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A Dios por darme vida y salud

A mi familia por su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTO

- Al Dr. Alberto Julca Otiniano, patrocinador de la presente tesis, por su orientación y apoyo en la ejecución de la presente.
- A los señores del jurado por sus sugerencias y apoyo.
- Al profesor Alejandro Fukusaki Yoshizawa, por su orientación en la elaboración de los extractos vegetales.
- Al Ing. Segundo Bello Amez, por proporcionar el material vegetal de las especies forestales.
- A cada una de las personas que de alguna u otra manera colaboraron en la realización de la presente.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	OBJETIVO GENERAL.....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CAFÉ	3
2.2.	CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS	3
2.2.1.	Clasificación taxonómica	3
2.2.2.	Morfología de la planta.....	4
2.3.	REQUERIMIENTOS AMBIENTALES	5
2.4.	PROPAGACIÓN DEL CAFÉ	5
2.5.	CULTIVO DE CAFÉ BAJO SISTEMAS AGROFORESTALES.....	6
2.5.1.	Sombra en café	7
2.5.2.	Especies forestales en asociación con café.....	10
2.6.	CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO.....	12
2.7.	ALELOPATÍA.....	14
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1.	UBICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO	22
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS	22
3.2.1.	Materiales para germinador	22
3.2.2.	Materiales para almacigo	22
3.2.3.	Equipos	22
3.3.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	23
3.3.1.	Prácticas del manejo en vivero	23
3.3.2.	Tratamientos	25
3.3.3.	Diseño experimental	26
3.3.4.	Aplicaciones	28
3.3.5.	Evaluaciones.....	28
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
V.	CONCLUSIONES	42
VI.	RECOMENDACIONES	43
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
VIII.	ANEXOS	49

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Algunas características sugeridas como deseables de árboles para sombra de café.....	9
Cuadro 2: Especies nativas	11
Cuadro 3: Especies exóticas	11
Cuadro 4: Características del agua de riego utilizado en el ensayo de café en vivero	24
Cuadro 5: Especies forestales que se usaron en ensayo con café.....	25
Cuadro 6: Tratamientos con extractos vegetales de <i>Inga edulis</i> en café var. Caturra Roja.	26
Cuadro 7: Tratamientos con extractos vegetales de <i>Swietenia macrophylla</i> en café var. Caturra Roja.....	26
Cuadro 8: Tratamientos con extractos vegetales de <i>Cedrela odorata</i> en café var. Caturra Roja.....	26
Cuadro 9: Tratamientos con extractos vegetales de <i>Eucalyptus torrelliana</i> en café var. Caturra Roja.....	27
Cuadro 10: Altura (cm) de plantas de café en vivero en diferentes días después del trasplante (ddt).....	33
Cuadro 11: Diámetro (mm) de plantas de café en vivero en diferentes días después del trasplante (ddt).....	35
Cuadro 12: Numero de hojas de plantas de café en vivero en diferentes días después del trasplante (ddt).....	37
Cuadro 13: Peso fresco y peso seco de plantas de café (parte aérea y raíces) al final del ensayo.....	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución en el vivero de los ensayos para estudiar efecto alelopático en café var. Caturra Roja.....	27
Figura 2: Extractos Vegetales usados en el ensayo	29
Figura 3: Instalación del ensayo	29
Figura 4: Evaluaciones del ensayo	30
Figura 5: Altura (cm) de plantas de café en vivero en diferentes días después del trasplante (ddt).....	32
Figura 6: Diámetro (mm) de plantas de café en vivero en diferentes días después de trasplante (ddt).....	34
Figura 7: Numero de hojas de plantas de café en vivero en diferentes días después de trasplante (ddt).....	36
Figura 8: Peso fresco y peso seco de plantas de café (parte aérea y raíces) al final del ensayo.....	38

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cuadrados medios de las variables evaluadas. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$)..... 49

RESUMEN

Se realizó una investigación con la finalidad de estudiar el efecto alelopático en vivero de extractos vegetales de las especies forestales *Cedrela odorata* (cedro), *Swietenia macrophylla* (caoba), *Inga edulis* (inga) y *Eucalyptus torreliana* (eucalipto) sobre café (*Coffea arabica* L.) var. Caturra Roja. Se instaló cuatro ensayos en el anexo 14 del distrito de San Ramón en la provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, a una altitud de 850 msnm. Los extractos vegetales obtenidos de las hojas de cada especie arbórea se aplicaron a través del agua de riego en las siguientes concentraciones: tratamiento 1 (testigo): 100 ml agua, tratamiento 2: 100 ml de agua con 10 % de extracto vegetal, tratamiento 3: 100 ml de agua con 20 % de extracto vegetal y tratamiento 4: 100 ml de agua con 30 % de extracto vegetal. Las aplicaciones se realizaron a los 30 y 60 días después del trasplante del café a las bolsas en el vivero. Se evaluó altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, peso fresco y peso seco, cada 30 días desde el trasplante durante un periodo de cuatro meses. Se utilizó un diseño de completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 12 repeticiones donde cada repetición correspondía a una planta por bolsa, se realizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad. No hubo diferencias significativas entre las distintas dosis y el testigo para los cuatro ensayos evaluados, salvo para peso fresco en donde se encontró diferencia significativa en el testigo respecto a los demás tratamientos, tanto para caoba como para eucalipto. Estos resultados podrían indicar que no habría efectos alelopáticos de los extractos vegetales de las hojas de las especies evaluadas sobre el café en vivero, para las condiciones en donde se llevó a cabo el trabajo de investigación. Las concentraciones de los extractos vegetales y la frecuencia de aplicación, pudieron no ser las indicadas para causar alguna alteración sobre las plantas de café. También se puede mencionar que las condiciones ambientales pudieron no ser las adecuadas para que dichas sustancias actúen. Se recomienda realizar más estudios utilizando otras partes de las plantas por que el efecto alelopático entre especies vegetales es muy complejo y es influenciado por múltiples factores bióticos y abióticos.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de café en el Perú, tiene una gran importancia económica, social y ambiental. Es el principal producto agrícola de exportación. En la selva alta es la mayor fuente de ingresos y la que más empleo agrícola genera.

La superficie cultivada es de alrededor de 425,000 hectáreas, las cuales representan el 6% del área agrícola nacional. En la actualidad, 223,482 familias de pequeños productores están involucrados con la producción de café a nivel nacional y el 95% de ellos son agricultores con 5 hectáreas o menos. Un tercio del empleo agrícola está relacionado al mercado del café y 2 millones de peruanos dependen de esta actividad. (MINAGRI, 2018).

Cultivar café en asociación con árboles, no significa solamente dar sombra y reducir el estrés ambiental para el cultivo, si no también que los arboles modifican el ambiente para el café mediante sus raíces, ramas y hojas.

La sombra en los cafetales es de suma importancia por sus múltiples efectos positivos, entre ellos, el de mejorar la calidad del grano. Pero los arboles también pueden tener efectos negativos como el de acumular sustancias tóxicas (alelopáticas) en el suelo. El efecto alelopático de algunas especies forestales sobre el café no está documentado; pero la sospecha de que este fenómeno esté ocurriendo es motivo de atención en algunas zonas cafetaleras de nuestro país como Tingo María y Chanchamayo, por lo que se ha recomendado investigar en este tema.

Los productores de café, generalmente determinan la especie a utilizar teniendo en cuenta solo el beneficio económico que puedan obtener (madera, leña y/o frutos) y su disponibilidad en la zona de producción. En el país no se tiene un adecuado conocimiento del efecto que tienen las especies forestales, tanto locales como introducidas, sobre el

cultivo de café. Esto es necesario estudiar si consideramos que los árboles son usados como sombra permanente y las plantaciones de café permanecen no menos de 15 años en el campo.

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Conocer el efecto alelopático de extractos vegetales obtenidos de especies forestales sobre *Coffea arabica* L. var. Caturra Roja en Chanchamayo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CAFÉ

Se considera que el origen del café (*Coffea arabica* L.), se ubica en las tierras altas de Etiopía y Sudán (África), situadas a más de 1000 msnm, cerca del Lago Tana, ubicado entre los 12° y 15° N. En esa región crece en estado silvestre y sub-silvestre y presenta una amplia variedad de tipos que han sido trasladados a numerosos países, constituyendo un acervo invaluable y una fuente incalculable y poco explotada de variabilidad genética, que puede ser aprovechada en las variedades cultivadas. Todo parece indicar que el árbol de café era un componente de los bosques naturales a nivel de sotobosque y que posteriormente la planta se sometió a un proceso de domesticación (IHCAFE, 2001).

Las zonas productoras de café en el mundo están localizadas entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio. En términos ecológicos, el cultivo de café está concentrado en las dos regiones de más baja latitud del globo: tropical y subtropical (Pérez y Suarez, 2011).

2.2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

2.2.1. Clasificación taxonómica

El café (*Coffea arabica* L.) se describe taxonómicamente de la siguiente manera.

Reino: Vegetal
División: Magnoliophyta
Clase: Dicotyledoneae
Subclase: Asteridae
Orden: Rubiales

Familia: Rubiaceae
Género: Coffea
Especie: Arabica

FUENTE: Borjas (2008).

2.2.2. Morfología de la planta

El cafeto normalmente forma un solo eje o tallo central, con nudos y entrenudos formados por el crecimiento del ápice vegetativo, en sus primeros 9 a 11 nudos presenta solo hojas. A partir del doceavo nudo aparecen las ramas primarias, dispuestas en inserción opuestas entre sí, formando pares, los mismos que llevan orientación alternativa, dando a la parte aérea de la planta una formación cónica (Figuroa, 1990). El crecimiento de las ramas laterales presenta una fluctuación estacional básicamente relacionada con las estaciones climáticas. Se especula que el crecimiento mayor o menor de las ramas está en función de la duración de los días, menor crecimiento en días cortos (durante el periodo de lluvias) y mayor crecimiento durante los días largos (en la época seca) (Castillo, 2005).

La producción de hojas en el cafeto está íntimamente asociada al crecimiento de los tallos, especialmente de las ramas laterales, pues los primordios florales resultan directamente de la actividad de la yema apical. Por tanto, el crecimiento relevante es aquel comprometido con la formación de nudos y no con la extensión de los entrenudos, no obstante ambos procesos están de alguna manera relacionados. La expansión de las hojas es mayor durante la estación lluviosa que durante la estación seca (Castillo, 2005).

Según la literatura es imposible hablar de un sistema o tipo de raíz de café ya que el crecimiento y desarrollo de las raíces de esta planta varía en función de la herencia de la planta en interacción con las condiciones del medio ambiente como la textura y estructura del suelo, pH, fertilidad, temperatura, humedad, edad de la planta, producción de frutos, sistema de propagación, forma de cultivo, presencia de plagas y enfermedades. Teóricamente la única característica que puede ser generalizada es que las raíces primarias no crecen más de 0.5 m de profundidad, por consiguiente no se puede hablar de una raíz

pivotante (Castillo, 2005).

2.3. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Las condiciones climáticas más adecuadas para el cultivo de café se presentan en las zonas subtropicales y en las zonas altas (con características ideales para el buen desarrollo de la planta) de las regiones tropicales.

Para su óptimo cultivo, los suelos deben ser profundos, de buen drenaje y ligeramente ácido. La temperatura óptima para su crecimiento está entre 18°C – 22°C con extremos de 16°C y 24°C y requiere una humedad relativa alta, en las zonas donde se cultiva esta especie la humedad relativa es de 70% a 95%. La altitud ideal para el cultivo de café está entre 900 y 1400 msnm, se puede cultivar a mayor o menor altitud dependiendo de la latitud (trópico o subtropico). El café se desarrolla mejor en regiones con precipitaciones anuales entre 1600 y 2000 mm pero también necesita una época seca de 3 a 4 meses para estimular la floración y fructificación (Figueroa, 1990).

2.4. PROPAGACIÓN DEL CAFÉ

Para su propagación se usan viveros, que son instalaciones destinadas a obtener plantas vigorosas de café en cantidad necesaria para trasplantarla a campo definitivo. En primer lugar, se instalan los germinadores, donde el café permanecerá los dos primeros meses desde la siembra hasta el estado de “cabeza de fósforo”. Luego viene el almácigo, fase en la cual se repican las plántulas. Dura de 4 a 5 meses hasta que el plantón tenga de 4 a 5 pares de hojas, momento en el cual pasarán a campo definitivo. Esta etapa puede hacerse en camas de almácigo a raíz desnuda o en bolsas de polietileno (Borjas, 2008; Vivanco, 2009).

2.5. CULTIVO DE CAFE BAJO SISTEMAS AGROFORESTALES

Los sistemas agroforestales (SAF) combinan la producción agrícola con la forestal dentro de un mismo sistema de producción. Estos sistemas se clasifican en secuenciales o simultáneos. El café debido posiblemente a su origen y al requerimiento de un microclima fresco y con suficiente humedad, es un cultivo ideal para su establecimiento en SAF simultáneos, en la cual debe haber una interacción directa (positiva o negativa), en donde los componentes agrícolas (café) y arbóreos se encuentran en el mismo terreno durante toda la duración del sistema. El objetivo principal de los SAF simultáneos es la diversificación de la producción, aunque también pueden lograrse aumentos de la productividad. Siempre hay un interés ecológico o económico (Farfán 2012, 2013).

Siles y Vaast (2002), mencionan que los sistemas agroforestales de café ofrecen algunas ventajas con respecto a sistemas de café a pleno sol; los arboles de sombra reducen el estrés en las plantas de café al moderar las condiciones climáticas adversas y los desbalances nutricionales, también mejoran la calidad del café. Pero los arboles de sombra pueden competir por los recursos necesarios para el crecimiento como agua, luz y nutrientes. Por esas razones los arboles pueden reducir el rendimiento del café en ambientes óptimos y especialmente cuando las densidades de árboles asociados es demasiado alta. La influencia de los árboles de sombra sobre el café depende mucho de las condiciones de clima y suelo de cada zona, además de las características de las especies y su manejo. No todas las asociaciones de árboles con café presentan ventajas. Las zonas en que el uso de los árboles de sombra presentan mayores ventajas son aquellas que están fuera de las zonas óptimas de crecimiento para el café.

El café que se produce en la zona de estudio (selva central) es manejado en la mayoría de áreas bajo el SAF, ya sea natural o mixto, sin embargo todavía no se entiende y/o se aplica correctamente este sistema. Para producir café de alta calidad física y organoléptica es necesario conocer cada uno de los componentes del sistema, además es necesario saber las necesidades de filtración óptima de los rayos del sol para la correcta nutrición fotosintética o carbonada de las hojas de café, por lo que se debe tener en cuenta estas consideraciones para la elección del especie forestal que se usara como sombra (Ramos, s/f).

2.5.1. Sombra en café

Sin considerar las especies que se usen como sombra, el empleo de ellas es clave para favorecer la productividad del café. El uso y manejo apropiado de los árboles de sombra tiene por objeto evitar extremos que son perjudiciales; así por ejemplo, una sombra excesiva afecta o limita la producción y un exceso de sol acorta la vida productiva de la plantación y demanda mayor uso de insumos (FHIA, 2004).

Según Santana *et al.* (2007), citado por Solorzano y Querales (2010), el cultivo del café a pleno sol aumenta la utilización de pesticidas, uso de fertilizantes nitrogenados y densidad de plantación, lo cual produce un aumento de los costos de producción y efectos negativos en el ambiente, con repercusiones negativas en la conservación del suelo, biodiversidad y calidad del fruto del café. Respecto a lo anterior, Carbajal (1984), menciona que cuando el cafeto crece a plena exposición solar usa las reservas rápidamente y los frutos a menudo no desarrollan bien por insuficiencia de minerales. También señala que la especie *C. arabica* parece ser particularmente exigente en nutrientes cuando se cultiva al sol; este comportamiento incide en la longevidad de los arbustos, pues dichas plantaciones por lo general deben ser renovadas en un menor plazo en comparación con aquellas bajo sombra. Si el suelo es naturalmente fértil el cultivo a pleno sol mostrara siempre ventaja en cuanto a cosecha, en comparación con el cultivo a la sombra.

ANACAFE (1991), citado por Merlo (2007), indica que la sombra en café regula la cantidad y la calidad de la luz, con poca intensidad hay poca apertura de estomas de las hojas, baja la función de la fotosíntesis, reduce la energía y el metabolismo del cafeto. A medida que la cantidad de luz aumenta, se intensifican y mejoran las funciones del cafeto; la mayor apertura de estomas aumenta la fotosíntesis y el metabolismo lo que conlleva a mayor producción. Si la intensidad de luz aumenta demasiado, hay funciones que se vuelven negativas, los estomas se cierran, la fotosíntesis disminuye, el calor de las hojas aumenta considerablemente y el metabolismo se acelera hasta causar perjuicios a la planta.

Ramírez (1996), citado por Solorzano y Querales (2010), puntualiza que la producción de café, bajo la concepción agroforestal diversificada, es una práctica extendida en muchos

países del trópico americano, se considera una alternativa de manejo la cual presenta ventajas adicionales al mejoramiento del microclima que circunda al cultivo principal; se piensa que podría contribuir a la resolución de problemas específicos que afectan la sostenibilidad de un monocultivo como café a pleno sol; por ejemplo, disminución en fertilidad del suelo, erosión o ataques de enfermedades y plagas; además, reducción del impacto de situaciones climáticas adversas como presencia de vientos y tormentas.

La sombra induce el aumento del área foliar, el sombreamiento además de reducir la radiación, altera la temperatura, la humedad relativa del aire, la humedad del suelo y promueve la concentración de ácido giberélico (Castillo, 2005). Jimenez (2007), citado por Solorzano y Querales (2010), señala que el cafeto aprovecha aproximadamente uno por ciento de la luz solar incidente (ideal aproximado 1500 horas/año) para el proceso fotosintético. Si la temperatura de la hoja sobrepasa los 34°C, el nivel de asimilación será prácticamente cero, por ello, el coeficiente de fotosíntesis de las plantas bajo sombra es más alto que cuando están a plena exposición solar. Por esta razón, la sombra en el café, favorece la maduración completa del grano. Carbajal (1984), indica que lo ideal es que la sombra permita, cuando más densa, el paso de 60% de la intensidad lumínica.

El cultivo se desarrolla mejor en condiciones de sombra, además se ha demostrado que el café producido bajo dicha condición es de mejor calidad y es uno de los requerimientos para su comercialización como café especial y tener mejores ingresos, por ese motivo es recomendable la siembra asociada con árboles maderables (Christiansen, 2004).

El café se siembra casi exclusivamente bajo sombra en países de América de habla hispana, esta puede ser: **Provisional:** Se utiliza para proteger el café de los rayos directos del sol durante sus primeras etapas de desarrollo. **Temporal o semipermanente:** Está constituido por plantas que abrigan al café hasta que la sombra definitiva logre proteger adecuadamente al cafetal, se debe eliminar una vez que los árboles maderables (sombra permanente) alcancen un tamaño adecuado. **Definitiva o permanente:** Estas son plantas que por sus hábitos de crecimiento y longevidad, conviven con los cafetales, proporcionándoles sombra durante todo el ciclo productivo. Se recomienda especies forestales de alto valor económico, para tener una producción sustentable (Christiansen, 2004).

Según Julca *et al.* (2010), el 48.3% de cafetaleros usa como sombra solamente el pacaé o guaba (inga), el 26.2% tiene una sombra de pacaé mezclada con otras especies forestales y el resto de productores usa como sombra del café una mezcla de especies forestales.

Cuadro 1: Algunas características sugeridas como deseables de árboles para sombra de café*

1	Copa en forma de "paraguas" (extendida y estratificada)
2	Copa rala (sombra ligera)
3	Los árboles para sombra permanente deben tener vida larga
4	En árboles de hoja caduca debe haber regeneración rápida de nuevas hojas
5	Ramas libres de espinas
6	Ramas no quebradizas
7	Hojas pequeñas que filtren el sol y la lluvia
8	Hojas y ramas que se descompongan rápidamente
9	Tallos no quebradizos
10	Sistema radicular fuerte y profundo
11	No susceptible a plagas, ni enfermedades
12	No hospederos alternativos de insectos u otros patógenos que afecten al cultivo
13	Tolerante al estrés ambiental
14	Fácil establecimiento
15	Rápido crecimiento
16	Tolerancia a la poda
17	Sin potencial de convertirse en maleza agresiva
18	Alta producción y calidad de biomasa
19	Capacidad de fijar nitrógeno atmosférico
20	Baja competencia por nutrientes y agua
21	Ausencia de efectos alelopáticos (tóxicos para el café)
22	Oferta de productos con valor comercial (leña, madera, fruta)

*Ninguna especie va a cumplir con todas y el peso de cada una depende del objetivo (p.ej. árbol frutal, maderable o servicio).

FUENTE: Yopez (2002).

Como podemos ver muchas son las características que esperamos de un árbol para asocio, sin embargo difícilmente encontraremos uno que tenga todas o la mayoría de los criterios deseados. De esta manera, si queremos lograr un mayor número posible de beneficios, tenemos que necesariamente combinar diferentes tipos de sombra (Yopez, 2002).

Anacafe (s/f), señala que una plantación necesita mayor cobertura de sombra (50-70%) y menor cantidad de luz (50-30%), cuando las condiciones son: Alta temperatura en el ambiente y en el suelo, baja humedad relativa en el ambiente y en el suelo, mayor exposición a la luz solar, suelos con baja fertilidad natural, menor altitud. Mientras que necesitará una menor cobertura de sombra (25-30%) y mayor cantidad de luz (75-70%), cuando las condiciones son: Baja temperatura en el ambiente y en el suelo, alta humedad relativa en el ambiente y en el suelo, menor exposición a la luz solar, alta Fertilidad natural del suelo, mayor altitud. Si las condiciones prevalecientes son parecidas a la anterior, con días o tardes frecuentemente nublados y suelos con alta fertilidad natural; la plantación necesita menor cobertura de sombra (20-25%) y mayor cantidad de luz (80-75%).

2.5.2. Especies forestales en asociación con café

Viera (s/f), indica que los productores de café bajo sistema agroforestal, generalmente tienen un amplio conocimiento del manejo del cultivo y de su productividad, pero no tienen en su mayoría experiencia e información respecto al manejo de las especies forestales; Se desconoce la densidad óptima de los árboles en combinación con café dentro del sistema tomando en cuenta tanto la producción de madera como la de café. También menciona que la siembra y manejo de los arboles dentro del cafetal depende principalmente de la cantidad de sombra requerida, de las condiciones climáticas de la zona, de las características físicas de la especie a sembrar y de la competitividad por agua y nutrientes de los arboles hacia el café. En zonas bajas la necesidad de sombra es mayor que en zonas altas por lo que el número de plantas por hectárea será mayor, pero a la vez será limitado por el tipo de copa de los árboles, copas angostas en mayor número que copas anchas.

Las especies forestales más usadas como sombra de café en la zona de Chanchamayo se indican en los Cuadros 2 y 3.

Cuadro 2: Especies nativas

Nombre común	Nombre científico	Objetivo
Pacae / Inga / Guaba	<i>Inga sp.</i>	Servicio*
Bolaina	<i>Guazuma crinita</i>	Madera
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Madera
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Madera
Moena	<i>Aniba sp.</i>	Madera
Ulcumano	<i>Nageia rospigliosii</i>	Madera
Tornillo	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Madera
Nogal	<i>Juglans neotropica</i>	Madera
Shaina	<i>Columbrina glandulosa</i>	Madera

FUENTE: Proyecto “Desarrollo de plantaciones forestales de pequeños agricultores cafetaleros de Perene” – INIA (2012).

* Mejorador de la fertilidad del suelo, frutos.

Cuadro 3: Especies exóticas

Nombre común	Nombre científico	Objetivo
Pino tecunumani	<i>Pinus tecunumani</i>	Madera
Eucalipto saligna	<i>Eucalyptus saligna</i>	Madera
Eucalipto grandis	<i>Eucalyptus grandis</i>	Madera

FUENTE: Proyecto “Desarrollo de plantaciones forestales de pequeños agricultores cafetaleros de Perene” – INIA (2012).

Linkimer *et al.* (2002), en la zona cafetalera de Turrialba y Jiménez en Costa Rica realizaron un estudio de selección de atributos claves de los árboles que determinan su compatibilidad con café según los productores de la zona. Uno de los atributos importantes es la “compatibilidad” de los arboles con el café, todos los productores prefirieron arboles compatibles con el cultivo (“que se lleven bien con el café”); es decir que no causaran daños por competencia, efectos alelopáticos, o por ser posibles hospederos de insectos o patógenos. Dichos productores median la falta de compatibilidad a través de su experiencia, por ejemplo observaron que cafetos que se encuentran alrededor de determinados árboles son menos vigorosos, más pequeños, muestran síntomas de alguna deficiencia como amarillamiento o presentan mayor incidencia de alguna enfermedad. De esta manera consideraron que arboles como el pino (*pinus spp.*) no deberían ser utilizados

en cafetales por que poseen efectos alelopáticos sobre la vegetación que este a su alrededor.

2.6. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO

Cedro (*)

Nombre científico: *Cedrela odorata* L.

Familia: Meliaceae

Arbol de 50 - 100 cm de diámetro y 20 - 30 m de alto, fuste cilíndrico, ramificado en el último tercio, la base del fuste recta o con raíces tablares pequeñas. Corteza externa color marrón cenizo claro, grietas separadas 2-5 cm entre sí. Hojas compuestas paripinnadas dispuestas en espiral, los foliolos de 5 - 10 pares alternos o subopuestos, espaciados unos 3-4 cm entre sí, oblongos a oblongolanceolados, de unos 9-12 cm de longitud y 3.5-5 cm de ancho, ápice agudo, cortamente acuminado, la base aguda a obtusa, a menudo asimétrico, el borde entero, los nervios secundarios de 14-16 pares. Inflorescencias en panículas largas, de 35-60 cm de longitud. Frutos capsulas elipsoides, de 3 - 5 cm de longitud y 1.8-2.8 de diametro, de color marrón claro, lenticelada.

Caoba (*)

Nombre científico: *Swietenia Macrophylla* G. King

Familia: Meliaceae

Arbol de 20 - 35 m de alto y de 80 - 200 cm de diámetro, fuste cilíndrico, ramificación desde el segundo tercio, la base del fuste usualmente con raíces tablares de hasta 1.5 m de alto. La corteza externa es de color marrón claro a rojizo. Hojas compuestas y paripinnadas, alternas dispuestas en espiral 16 - 30 cm de largo, foliolos de 4 - 6 pares, opuestos o subopuestos, ovados, asimétricos, de 9-13 cm de longitud y 3-4 cm de ancho, ápice agudo y falcado, la base obtusa o aguda, marcadamente asimétrica, borde entero, nervios secundarios de 8-11 pares. Inflorescencias en panículas de 15 a 25 cm de longitud. Frutos capsulas ovoides, erectas, grandes de 15 – 20 cm de longitud, 6 - 8 cm de diámetro.

Inga (*)**Nombre científico:** *Inga edulis* C. Martius**Familia:** Leguminosae

Árbol de 15 - 50 cm de diámetro y 6 - 18 m de alto, fuste cilíndrico, ramificación desde el segundo tercio, base del fuste recta o con pequeñas raíces tablares de hasta 0.5 m de alto. Corteza externa lisa o lenticelada color marrón claro. Hojas compuestas paripinnadas, peciolo de 3 - 6 cm de longitud, raquis alado, alas de 1-2 cm de longitud, folíolos de 4 - 6 pares, elípticos, de 8 - 20 cm de longitud y 5 - 8 cm de ancho, enteros, nervios secundarios de 15-18 pares, ápice agudo, base aguda, hojas con pubescencia densa. Inflorescencia en espigas axilares agrupadas cerca del ápice de las ramitas en las axilas de hojas no desarrolladas, cada inflorescencia de 2-10 cm de longitud.

Frutos legumbres cilíndricas, de 30 - 100 cm de longitud y 2 - 5 cm de diámetro.

Eucalipto torreliana ()****Nombre científico:** *Eucalyptus torreliana* F. Muell.**Familia:** Myrtaceae

Arbol de 25 a 30 m de alto, fuste es recto, ramificación desde el segundo tercio. Corteza externa presenta descortezamiento, tronco interno es liso. Hojas cuando son jóvenes, presentan un color rojizo alrededor de la nervadura central, hojas adultas alternas, pecioladas y lanceoladas, Inflorescencias en largas panículas terminales, con grupos de 7 flores blancas sobre un pedúnculo redondeado, de 0,5-2 cm de largo, presentan numerosos estambres. Fruto en cápsula globular-urceolada, de 1-1,4 cm de largo, con 3 valvas pequeñas; semillas elípticas, marrón-rojizas.

FUENTE: * Reynel *et al.* (2003)

** Rodas *et al.* (1996)

2.7. ALELOPATÍA

El término **ALELOPATÍA** se deriva del griego *allelon* que significa uno al otro, y *pathos* que significa perjuicio. A pesar de su etimología, el término alelopatía ha sido interpretado de diferentes maneras; por ejemplo: fue utilizado por primera vez por Molisch en el año 1937 para referirse a la capacidad que tienen algunas plantas para ocasionar efectos benéficos o perjudiciales sobre otras plantas, o de una planta sobre un microorganismo (hongos, bacterias), o de una planta sobre un insecto, como resultado de la liberación al medio ambiente de sustancias o compuestos químicos llamados alelopáticos que son producidos por las plantas y que actúan como repelentes, atrayentes, estimulantes e inhibidores. Siguiendo esta definición en todo fenómeno alelopático existe una planta (donadora) que libera al medio ambiente por una determinada vía (por ej. lixiviación, descomposición de residuos, etc.) compuestos químicos los cuales al ser incorporados por otra planta (receptora) provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre germinación, crecimiento o desarrollo de esta última. Los compuestos citados que desencadenan el proceso se denominan **compuestos, agentes o sustancias alelopáticas**. La definición abarca tanto los efectos perjudiciales como benéficos (Luna y Lara 2007; Sampietro s/f).

Sobrero y Acciaresi (2014), indican que los productos que poseen una acción alelopática son llamados **aleloquímicos** y se encuentran en las hojas, flores, frutos, tallos, raíces, rizomas, semillas y polen.

La definición más tradicional del fenómeno de alelopatía, es la postulada por Rice (1984), mencionado por Oliveros (2008), descrito como cualquier efecto directo o indirecto causado por una planta (incluyendo microorganismos) sobre otras a través de la producción de compuestos químicos que escapan al medio ambiente.

La definición más amplia, es la desarrollada por la Sociedad Internacional de Alelopatía en 1996, definiéndola como: “cualquier proceso que involucre metabolitos secundarios producidos por plantas, algas, bacterias y hongos, que influyan en el crecimiento y desarrollo de sistemas biológicos y agrícolas” (Luna y Lara 2007).

En la literatura a veces al analizar las interacciones entre plantas superiores existió cierta confusión en el uso de los términos **alelopatía** y **competencia**. Algunos biólogos han considerado que la **alelopatía** es parte de la **competencia**. La competencia entre plantas involucra la reducción en la disponibilidad de algún factor del entorno, debido a su utilización por un individuo vegetal, que es requerido también por otra planta que comparte el mismo hábitat. Entre estos factores citemos el agua, los nutrientes minerales y la luz. En cambio la **alelopatía** implica la liberación al entorno por parte de una planta de un compuesto químico que ocasiona un efecto sobre otra. Por tanto, el efecto detrimental en crecimiento y desarrollo en la competencia es debido a la reducción en la disponibilidad de recursos comunes, mientras que en la alelopatía tiene su origen en compuestos químicos liberados por una planta que afectan a otra. Estos conceptos son diferentes entre sí pero desde un punto de vista ecofisiológico se pueden considerar estrechamente ligados y complementarios en su efecto. Para evitar confusiones se utiliza el término **interferencia** para designar al efecto total de una planta sobre otra, es decir, la suma de efectos debidos a los fenómenos de competencia y alelopatía. En la alelopatía existe una planta productora del agente alelopático y otra receptora de diferente especie. Cuando la planta productora y la receptora son de la misma especie estamos en presencia de lo que se puede considerar un caso especial en alelopatía llamado **autotoxicidad** (Sampietro, s/f).

De la Cruz (1998), menciona que la alelopatía es la liberación de sustancias tóxicas al medio ambiente, el cual tiene lugar de diferentes maneras:

1. Exudados volátiles desde partes vivas de las plantas.
2. Lavados, mediante las lluvias, de sustancias solubles producidas por la parte aérea de la planta.
3. Exudados radiculares.
4. Sustancias liberadas y lavadas durante la descomposición de tejidos vegetales.
5. Subproductos de la descomposición por microorganismos.

Para que estas sustancias actúen deben acumularse a niveles tóxicos, perdurar algún tiempo o producirse continuamente. No basta con que las sustancias sean fitotóxicas o repelentes, sino que deben existir condiciones propicias para su acumulación.

Sampietro (s/f), indica que existen cuatro vías principales de liberación al entorno de los aleloquímicos.

Volatilización: La liberación de agentes alelopáticos por volatilización está frecuentemente confinada a plantas que producen terpenoides. Los géneros que comúnmente liberan compuestos volátiles incluyen Artemisia, Salvia, Parthenium, Eucalyptus y Brassica. La toxicidad de los compuestos volátiles es prolongada, debido a su adsorción a las partículas del suelo, lo cual les permite permanecer varios meses en él. En ecosistemas de desierto y mediterráneos, la liberación de compuestos alelopáticos a través de volatilización es frecuentemente observada, debido al predominio de altas temperaturas, e influencia la distribución de las especies vegetales.

Lixiviación: La lixiviación es la remoción de sustancias presentes en la planta por efecto de la lluvia, nieve, niebla o rocío. El grado de lixiabilidad depende del tipo de tejido vegetal, la edad de la planta y la cantidad y naturaleza de la precipitación. De esta manera se liberan una gran variedad de agentes alelopáticos de diferente naturaleza tales como compuestos fenólicos, terpenos y alcaloides. Se ha determinado la toxicidad de muchos lixivados de semillas y hojas sobre plantas silvestres y cultivadas.

Exudados radiculares: La reducción en rendimiento observada en algunos cultivos en varios casos se ha atribuido a toxinas liberadas por otros y malezas adyacentes. Se conocen sustancias exudadas por las raíces que reducen la germinación de las semillas, el crecimiento de raíces y brotes, la incorporación de nutrientes y la nodulación. Los exudados radiculares comprenden únicamente entre el 2-12% del total de fotosintatos de la planta. La mayoría de los agentes alelopáticos conocidos son exudados radiculares. Factores tales como la edad del vegetal, nutrición, luz y humedad influyen cuali y cuantitativamente la liberación de sustancias por las raíces.

Descomposición de residuos vegetales: Los residuos en descomposición de la planta liberan una gran cantidad de agentes alelopáticos. Los factores que influyen este proceso incluyen la naturaleza del residuo, el tipo de suelo, y las condiciones de descomposición. Eventualmente las sustancias alelopáticas liberadas por los residuos

vegetales en el suelo entran en contacto con las raíces de plantas presentes en el mismo ejerciendo su acción. Los compuestos liberados por la planta al suelo sufren frecuentemente transformaciones realizadas por la microflora del mismo, que pueden originar productos con actividad biológica mayor que sus precursores. Investigaciones utilizando extractos acuosos vegetales han demostrado que los inhibidores solubles en agua presentes en la planta de cultivo pueden ser rápidamente liberados durante el proceso de descomposición.

Para determinar la existencia de una interacción alopatrica es necesario establecer cuatro condiciones (Duke *et al.* 1998, citado por Blanco, 2006):

1. Demostrar la existencia de interferencias, describir los síntomas y cuantificar el grado de interferencia.
2. Aislar, ensayar y caracterizar los aleloquímicos.
3. Al aplicar una dosis de aleloquímicos presentes en la naturaleza, los síntomas diagnosticados previamente deben volver a repetirse.
4. Demostrar que la dosis es suficiente para explicar la interferencia observada.

El fenómeno alelopático implica un componente ecológico (la evidencia de que exista en la naturaleza), un componente químico (aislar, identificar y caracterizar los aleloquímicos) y un componente fisiológico (interferencia en los procesos bioquímicos o fisiología, tanto a nivel celular o molecular). Y todos ellos han de ser abordados para estudiar la implicación del fenómeno alelopático en un determinado ambiente. La forma más simple de evidenciar el fenómeno alelopático es la interacción de dos plantas y el registro del agente alelopático desde la planta donadora a la receptora, y la observación de algún efecto sobre las condiciones normales de su desarrollo. A pesar de esta simplicidad, no existen datos que demuestren la traslocación de un aleloquímico de su planta productora a la planta receptora, utilizando plantas vivas e intactas en los dos casos. (Oliveros, 2008).

Sampietro (s/f), indica que una variedad de agentes alelopáticos son sintetizados y almacenados en diferentes células de la planta ya sea en forma libre o conjugada con otras moléculas y son liberados en el entorno en respuesta a diferentes stresses bióticos y abióticos. Muy poco se sabe sobre la liberación de aleloquímicos de tejido viviente, incluyendo los modos de regulación o influencia ambiental sobre esos procesos.

Blanco (2006), puntualiza que muchas sustancias con actividad alelopática tienen efectos benéficos a muy bajas concentraciones y superado un determinado umbral, actúan negativamente sobre la planta receptora. Aun así predomina en la literatura especializada la descripción de efectos negativos.

La mayoría de los compuestos liberados por las plantas son metabolitos secundarios que dependiendo de su acción fitotóxica, su concentración bioactiva, su persistencia y destino en el entorno, pueden actuar como compuestos alelopáticos (Hadacek, 2002; Inderjit y Duke, 2003, citados por Lorenzo y Gonzáles, 2010).

En la naturaleza, la actividad alelopática está originada por la acción conjunta de varios aleloquímicos; no así por la acción de uno solo (Inderjit *et al.* 2003, citado por Lorenzo y Gonzáles, 2010).

En términos generales se ha determinado que la producción de sustancias alelopáticas depende de las características genéticas de la planta, de su estado fisiológico y de algunos factores ambientales como la humedad del suelo, la temperatura y la luminosidad (Kelsey y Everett, 1995; Zimdhal, 1987 citados por Sobrero y Acciaresi, 2014).

Entre los principales grupos de compuestos alelopáticos están: Los fenoles simples, flavonoides, terpenoides, alcaloides, ácidos grasos, poliacetilenos, compuestos sulfurados, oligopéptidos y glucosinolatos (Macías *et al.* 2007; Müller, 2009 citados por Lorenzo y Gonzáles, 2010). Otros compuestos alelopáticos son los derivados del ácido benzoico, taninos, terpenoides, esteroides, glucósidos cianogenéticos, aminoácidos no proteicos, lactonas no saturadas, ácidos orgánicos, alcoholes alifáticos, aldehídos, cetonas, naftoquinonas, antraquinonas, complejos de quinonas y coumarina (Arévalo *et al.* 2011).

Almeida (1988), citado por Sobrero y Acciaresi (2014), menciona que el mecanismo de acción de los compuestos alelopáticos son similares a los que producen los herbicidas siendo procesos difíciles de entender ya que pueden afectar más de una función y provocar efectos colaterales que enmascaran a los efectos principales.

Sobrero y Acciari (2014), indican que entre los procesos que afectan los compuestos aleloquímicos destacan: Cambios hormonales, asimilación de nutrientes, fotosíntesis, respiración, permeabilidad de la membrana celular y actividad enzimática.

En sistemas agroforestales la alelopatía se menciona como una desventaja del efecto de los árboles sobre el cultivo agrícola, como refiere Mao *et al.* (2000), indicando que la germinación de la semilla y el crecimiento de las plantas se pueden inhibir con liberación de sustancias químicas presentes en los árboles. Esta sustancia incluye una serie de compuestos como taninos, alcaloides, compuestos fenólicos, ácidos orgánicos, terpenoides, quinones y flavonoides.

Rice (1984), citado por De La Cruz (1998), considera que la principal forma de manifestación de la alelopatía es mediante la liberación de sustancias tóxicas producidas durante la descomposición de residuos agrícolas. Muchos de los productos del metabolismo secundario permanecen en los residuos vegetales y son liberados con ayuda de las labores de preparación de terreno, por la acción de las lluvias o de los microorganismos. Se podría generalizar diciendo que ninguna de las otras formas de liberación de sustancias del metabolismo secundario tienen tanto efecto en el crecimiento de las plantas como las producidas mediante el lavado de residuos de cosecha o liberados por acción de microorganismos durante la descomposición de estos residuos. Mientras que Sampietro (s/f), menciona que los residuos en descomposición de la planta liberan una gran cantidad de agentes alelopáticos. Los factores que influyen en este proceso incluyen la naturaleza del residuo, el tipo de suelo, y las condiciones de descomposición. Eventualmente las sustancias alelopáticas liberadas por los residuos vegetales en el suelo entran en contacto con las raíces de plantas presentes en el mismo ejerciendo su acción. Los compuestos liberados por la planta al suelo sufren frecuentemente transformaciones realizadas por la microflora del mismo, que pueden originar productos con actividad biológica mayor que sus precursores. Investigaciones utilizando extractos acuosos vegetales han demostrado que los inhibidores solubles en agua presentes en la planta de cultivo pueden ser rápidamente liberados durante el proceso de descomposición. Al respecto Benzing (2001), señala que la descomposición de los nutrientes aportados por ramas y hojas de árboles cambia con las condiciones climáticas, la relación C/N y el contenido de lignina y polifenoles. Garrett y Harper (1999), citado por Benzing (2001),

refieren que los mismos compuestos (polifenoles) que inhiben la descomposición, a menudo tienen también efectos alelopáticos negativos sobre los cultivos adyacentes.

Blum *et al.* (1992), citados por Blanco (2006), indican que la actividad alelopática depende de diversos factores como por ejemplo: Sensibilidad de la especie receptora, liberación de la toxina al medio, actividad e interacciones bióticas y abióticas que ocurren en el suelo con la toxina (microorganismos, temperatura, pH, etc.).

La investigación de un fenómeno alelopático es compleja. Esto se debe fundamentalmente a que el metabolito luego de su liberación al entorno puede sufrir transformaciones que aumenten o disminuyan su actividad antes de tomar contacto con la especie receptora. Por ejemplo, si el aleloquímico es una sustancia presente en el suelo, la microflora puede transformarlo. A su vez, la actividad de la misma dependerá de su composición cuali y cuantitativa la cual está sujeta a la acción de factores abióticos (p. ej. humedad y temperatura) o bióticos (p. ej. exudados microbianos) (Sampietro, s/f).

Diversos estudios señalan que especies forestales producen efectos alelopáticos como indica Benzing (2001), quien señala que el eucalipto (*Eucalyptus* spp.) tiene un efecto alelopático negativo sobre muchas otras especies de plantas a través de sus raíces y hojarasca. Mientras que May y Ash (1990); Lisanewok y Michelsen (1993), citados por Ceccon y Martínez-Ramos (1999), han encontrado que el potencial alelopático del eucalipto puede pronunciarse en áreas donde la pluviosidad es baja y errática, debido a la falta de dilución de las sustancias fitotóxicas excretadas por estos árboles. *Eucalyptus camaldulensis*, en particular, parece poseer un gran potencial alelopático de manera que no es recomendado en plantaciones mixtas en condiciones de pluviosidad baja y/o errática. Singh *et al.* (1998), citados por Benzing (2001), hallaron una relación negativa muy evidente entre la distancia de árboles de álamo (*Populus deltoides*), el contenido de fenoles en el suelo y el rendimiento de trigo. Uniyal y Chhetri (2010), citados por Varela (2017), encontraron que extractos acuosos (disolución de material vegetal de una especie vegetal en agua destilada) de hojarasca de *Alnus nepalensis* produce efectos alelopáticos en el porcentaje de germinación de especies como el trigo, el mijo, la mostaza y la arveja. Kumar *et al.* (2006), citados por Varela (2017), demostraron que extractos acuosos de *Alnus nepalensis* producen efectos alelopáticos en la germinación y el crecimiento radicular de la arveja. También encontraron que estos extractos afectan el crecimiento radicular del arroz y del fréjol. Lines y Fournier (1979), observaron el efecto

alelopático de diferentes partes vegetativas de *Cupressus lusitanica* (ciprés) sobre la germinación de *Lepidium costaricensis*, *Bidens pilosa* y *Rumex crispus*, en condiciones de laboratorio, concluyendo que existe un efecto alelopático sobre la germinación de las tres especies de hierba, tanto en extractos acuosos como en aceites esenciales de partes vegetativas y reproductivas de ciprés. Souto *et al.* (1993), estudiaron la evolución de la fitotoxicidad producida por la parte aérea de cuatro especies forestales (*Eucalyptus globulos* (eucalipto), *Acacia melanoxylon* (acacia), *Quercus robus* (roble) y *Pinus radiata* (pino)) durante el proceso de descomposición de cuatro suelos diferentes, la toxicidad de los extractos fue medido por los efectos provocados sobre la germinación y el crecimiento de semillas de *Lactuca sativa* (lechuga) en condiciones de laboratorio. Indicaron que pueden producirse efectos alelopáticos durante la descomposición de residuos procedentes de las cuatro especies forestales modulados en el tiempo por la acción que sufren en los distintos suelos donde se les dejó descomponer, los efectos más importantes se manifestaron en los cultivos de eucalipto y acacia, los efectos son más moderados cuando ocurre en el robledal y en el cultivo de pino. Pérez *et al.* (2011), en Henares (España), determinaron el potencial alelopático de la hojarasca de tres especies arbóreas exóticas (*Alianthus altísima*, *Robinia pseudoacacia* y *Ulmus punila*) y una autóctona (*Papulus alba*), sobre la germinación de cuatro especies herbáceas nativas del sotobosque (*Chenopodium álbum*, *Dactylis glomerata*, *Brachypodium Phoenicoides* y *Brachypodium Silvaticum*), en condiciones de laboratorio. Reportaron que los extractos de hojarasca de todas las especies arbóreas tendieron a reducir la velocidad y en menor medida, la tasa de germinación de las cuatro especies herbáceas, también indicaron que no existe un efecto consistente de los extractos de hojas de los arboles exóticas sobre las herbaceas nativas. Avila *et al.* (2007), en Pereira (Colombia), estudiaron el efecto retardante del extracto de las hojas frescas de *Eucalyptus robusta* (eucalipto) en el crecimiento de semillas de frijol, maíz, lechuga, arveja, arroz y sorgo, en condiciones de laboratorio, observando un mayor efecto del extracto sobre el de monocotiledoneas (maíz, arroz y sorgo) que sobre dicotiledóneas (arveja, frijol y lechuga) y que el efecto del extracto de *Eucalyptus robusta* podría ser la base del desarrollo de productos para el control de gramíneas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL AREA EN ESTUDIO

El ensayo se realizó en el anexo 14 del distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, a una altitud de 850 msnm.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materiales para germinador

- Semillas de café (var. Caturra Roja)
- Arena de río
- Postes de madera
- Malla raschel
- Fungicida Homai WP

3.2.2. Materiales para almácigo

- Plástico transparente
- Postes de madera
- Mesa de malla metálica (altura: 0.80 m; ancho: 1m; largo: 3 m)
- Bolsas de polietileno de 1kg
- Sustrato (tierra de chacra)

3.2.3. Equipos

- Vernier
- Cámara fotográfica
- Balanza de precisión
- Estufa

3.3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

3.3.1. Prácticas del manejo en vivero

a. Germinador

Las semillas seleccionadas para este ensayo, se sembraron en cama de germinación, el cual tuvo dos metros de largo, un metro de ancho y una altura aproximada de 25 cm, como sustrato se usó arena fina de río, lavada. Las semillas antes de ser sembradas, fueron desinfectadas con el fungicida Homai WP (2 gr / 100 semillas).

La siembra fue al voleo (1 kg / m²), luego de colocar las semillas de forma pareja en el sustrato se taparon con una capa delgada de arena, la cama se cubrió con una manta de yute (el cual se retiró cuando el café comenzó a emerger).

Se instaló un tinglado de 1.5 m de altura, para lo cual se usaron postes de madera y malla raschel para el techado.

Las plántulas permanecieron hasta el “estado de mariposa”, momento en el cual se trasplantaron a las bolsas.

b. Almacigo

En esta fase, se usaron bolsas de polietileno de color negro de un kilo de capacidad. Como sustrato se usó tierra de chacra, el mismo que se esterilizó con agua caliente (80 °C / 1 hora) para evitar la presencia de fitopatógenos. Para el trasplante se hizo un hoyo en el centro de la bolsa y se colocó cuidadosamente una plántula por bolsa, verificando que la raíz estuviera recta. Las bolsas se colocaron en una mesa de malla metálica de 3 m x 1 m dentro de un tinglado 2.5 m de altura, el cual se construyó con postes de madera y para contrarrestar el exceso de radiación solar se colocó un techo de malla raschel que mantuvo un 40 % de sombra y sobre el cual un plástico transparente para evitar el ingreso de la lluvia.

c. Labores culturales

- **Riego**

Para esta labor se usó una regadera y se procuró mantener siempre el sustrato en capacidad de campo. Debido a las condiciones climáticas presente durante el desarrollo del ensayo, la frecuencia de riego fue interdiaria. Se usó el agua que se consume en la zona (Cuadro 4).

Cuadro 4: Características del agua de riego utilizado en el ensayo de café en vivero*

pH	7.44
C.E. (dS/m)	0.12
Calcio (meq/L)	0.96
Magnesio (meq/L)	0.21
Potasio (meq/L)	0.05
Sodio (meq/L)	0.29
SUMA DE CATIONES	1.51
Nitratos (meq/L)	0.01
Carbonatos (meq/L)	0.00
Bicarbonatos (meq/L)	1.12
Sulfatos (meq/L)	0.01
Cloruros (meq/L)	0.30
Suma de aniones	1.44
Sodio (%)	19.21
RAS	0.38
Boro (ppm)	0.02
Clasificación	C1-S1

*Análisis realizado en el Laboratorio de Análisis de Agua, Suelos y Plantas. UNALM.

- **Control de plagas y enfermedades**

Durante el desarrollo del ensayo se observó “minador de la hoja” *Leucoptera coffeella* y “cercospora” *Cercospora coffeicola*, los cuales no fueron controlados para evitar algún tipo de interferencia con el estudio realizado.

- **Control de malezas**

Esta actividad se realizó manualmente y de manera continua, por lo que

generalmente no se presentaron problemas por invasión de malezas.

3.3.2. Tratamientos

Se utilizaron extractos de hojas frescas de cuatro especies forestales (Cuadro 5), las mismas que son usadas por los agricultores como sombra del café en las diferentes zonas cafetaleras del país.

Cuadro 5: Especies forestales que se usaron en ensayo con café

Nombre científico	Familia	Nombre común	Código
<i>Inga edulis</i>	Fabaceae	Guaba, paca	EVie
<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	Caoba	EVsm
<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	Cedro	EVco
<i>Eucalyptus torrelliana</i>	Myrtaceae	Eucalipto	EVet

a. Preparación de extractos vegetales

Para obtener los extractos vegetales, se tomaron hojas del tercio medio de la copa de cada una de las especies a estudiar. Las hojas se secaron a temperatura ambiente y se procedió según la metodología usada por Cazón *et al.* (2000) en trabajos anteriores y que se describe a continuación:

El material vegetal (50 gr), se secó al aire, se molió y se le adiciono 400 ml de agua destilada, dejándolo 12 h en reposo. Luego se agregó 100 ml de agua destilada y 250 ml de alcohol metílico (volúmenes suficientes para alcanzar una relación final 1:5:10, gr de tejido vegetal: metanol: agua), y se dejó en maceración a temperatura ambiente durante 48hs. Posteriormente se filtró y la solución hidroalcohólica se concentró en evaporador rotatorio al vacío para reducir el volumen inicial a aproximadamente 250 ml (a partir del cual se tomaron las cantidades para su aplicación en cada ensayo).

Este procedimiento se llevó a cabo en el laboratorio Q6 del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias (UNALM).

3.3.3. Diseño experimental

El estudio consta de cuatro ensayos (1 ensayo / especie vegetal), cada uno bajo un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 12 repeticiones, donde cada repetición o unidad experimental (u.e.) corresponde a una planta / bolsa. El detalle de los tratamientos se presentan en los cuadros 6, 7, 8, y 9 y su distribución en el vivero en la Figura 1.

Cuadro 6: Tratamientos con extractos vegetales de *Inga edulis* en café var. Caturra Roja.

TRATAMIENTO	CODIGO DEL EXTRACTO	CONCENTRACION EXTRACTO VEGETAL	CANTIDAD (ml)
T1	Testigo	Sin tratar	-
T2	EVie-01	10 ‰	2.5
T3	EVie-02	20 ‰	5
T4	EVie-03	30 ‰	7.5

Cuadro 7: Tratamientos con extractos vegetales de *Swietenia macrophylla* en café var. Caturra Roja.

TRATAMIENTO	CODIGO DEL EXTRACTO	CONCENTRACION EXTRACTO VEGETAL	CANTIDAD (ml)
T1	Testigo	Sin tratar	-
T2	EVsm-01	10 ‰	2.5
T3	EVsm-02	20 ‰	5
T4	Evsm-03	30 ‰	7.5

Cuadro 8: Tratamientos con extractos vegetales de *Cedrela odorata* en café var. Caturra Roja.

TRATAMIENTO	CODIGO DEL EXTRACTO	CONCENTRACION EXTRACTO VEGETAL	CANTIDAD (ml)
T1	Testigo	Sin tratar	-
T2	EVco-01	10 ‰	2.5
T3	EVco-02	20 ‰	5
T4	EVco-03	30 ‰	7.5

Cuadro 9: Tratamientos con extractos vegetales de *Eucalyptus torreliana* en café var. Caturra Roja.

TRATAMIENTO	CODIGO DEL EXTRACTO	CONCENTRACION EXTRACTO VEGETAL	CANTIDAD (ml)
T1	Testigo	Sin tratar	-
T2	Evet-01	10 ‰	2.5
T3	Evet-02	20 ‰	5
T4	Evet-03	30 ‰	7.5

T1	T3	T4	T2	T4	T2	T3	T4	T1	T3	T2	T1	<i>Inga edulis</i>
T2	T1	T2	T4	T1	T3	T1	T1	T4	T2	T3	T2	
T4	T2	T3	T1	T3	T1	T2	T3	T2	T1	T4	T3	
T3	T4	T1	T3	T2	T4	T4	T2	T3	T4	T1	T4	

T1	T3	T4	T1	T1	T3	T4	T2	T3	T4	T1	T3	<i>Swietenia macrophylla</i>
T4	T2	T3	T2	T2	T4	T1	T3	T1	T1	T4	T2	
T2	T1	T1	T4	T3	T2	T3	T1	T2	T3	T2	T1	
T3	T4	T2	T3	T4	T1	T2	T4	T4	T2	T3	T4	

T4	T1	T4	T2	T1	T3	T4	T1	T1	T2	T3	T4	<i>Cedrela odorata</i>
T3	T3	T1	T1	T4	T2	T3	T2	T2	T4	T4	T3	
T2	T4	T2	T3	T2	T1	T1	T4	T3	T3	T2	T1	
T1	T2	T3	T4	T3	T4	T2	T3	T4	T1	T1	T2	

T4	T2	T3	T4	T1	T1	T3	T2	T1	T4	T1	T1	<i>Eucalyptus torreliana</i>
T1	T3	T2	T3	T2	T4	T2	T3	T2	T3	T2	T2	
T3	T1	T1	T1	T4	T2	T1	T4	T3	T1	T4	T3	
T2	T4	T4	T2	T3	T3	T4	T1	T4	T2	T3	T4	

Figura 1: Distribución en el vivero de los ensayos para estudiar efecto alelopático en café var. Caturra Roja.

3.3.4. Aplicaciones

La forma de aplicación fue a través del agua de riego (100 ml/bolsa), al cual se le adicionaron los extractos vegetales en las concentraciones descritos en los cuadros 2, 3, 4 y 5. Se realizaron dos aplicaciones a los 30 y 60 días después del trasplante (ddt).

3.3.5. Evaluaciones

Las evaluaciones fueron realizadas en el vivero de café y en el laboratorio del Módulo de Investigación y Enseñanza “José Calzada Benza” del Fundo “La Génova” del IRD Selva de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) en San Ramón - Chanchamayo. Se realizaron una vez al mes después del trasplante a bolsa, los parámetros considerados fueron:

- a. **Altura de las plantas (cm)**, comprendió desde la base de la planta, hasta el ápice de la yema terminal. Los datos se tomaron a los 0, 30, 60, 90, 120 ddt.
- b. **Diámetro del tallo a la altura del cuello (mm)**, fue medido aproximadamente a 2 cm de la base de la planta. Los datos se tomaron a los 0, 30, 60, 90, 120 ddt.
- c. **Número de hojas**, se contó la cantidad de hojas verdaderas y bien desarrolladas. Los datos se tomaron a los 0, 30, 60, 90, 120 ddt.
- d. **Peso fresco (g)**, al final del ensayo se tomó el peso total de la planta (parte aérea y raíces).
- e. **Peso seco (g)**, las muestras anteriores se secaron en estufa a 60 grados centígrados durante 72 horas, tiempo tras el cual fueron pesadas.



Figura 2: Extractos Vegetales usados en el ensayo



Figura 3: Instalación del ensayo



Figura 4: Evaluaciones del ensayo

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

Los resultados de este estudio demuestran que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con extractos vegetales y el tratamiento testigo en los cuatro ensayos evaluados. La altura máxima alcanzada fue de 16.99 cm para el testigo en el ensayo con cedro, en el ensayo con caoba fue de 17.10 cm para el testigo, en el ensayo con inga fue de 16.38 cm y en el estudio con eucalipto fue de 17.21 cm tanto para testigo como para EVco-02. (Figura 5 y Cuadro 10).

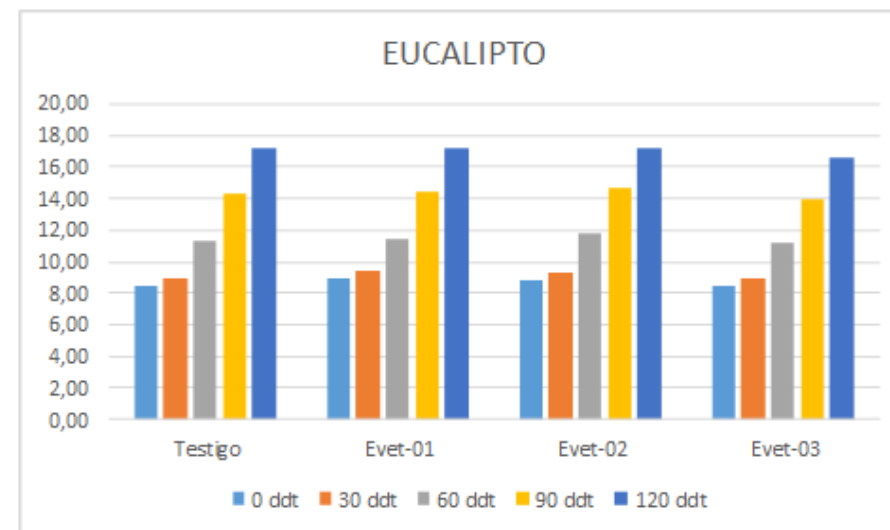
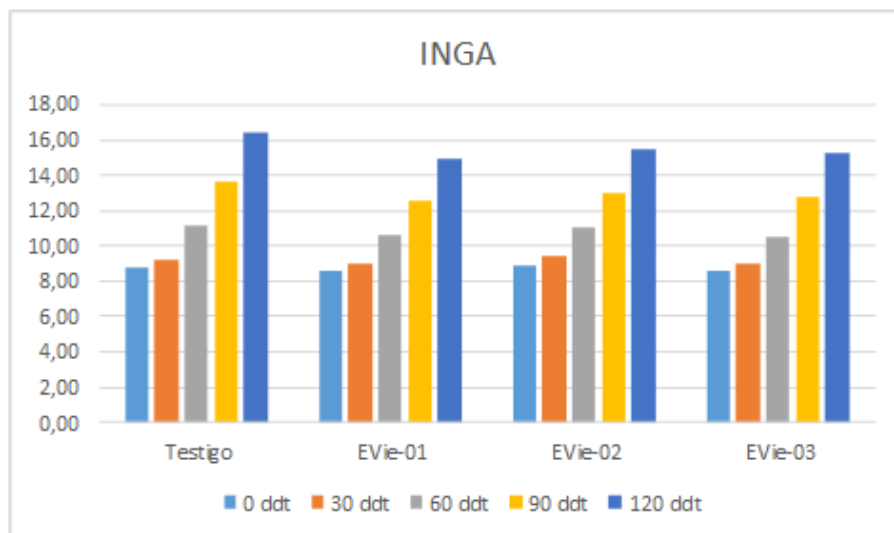
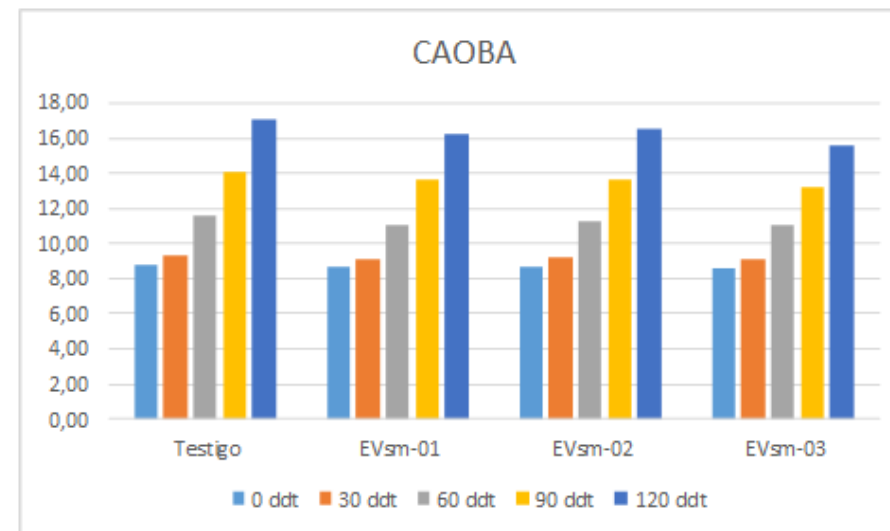
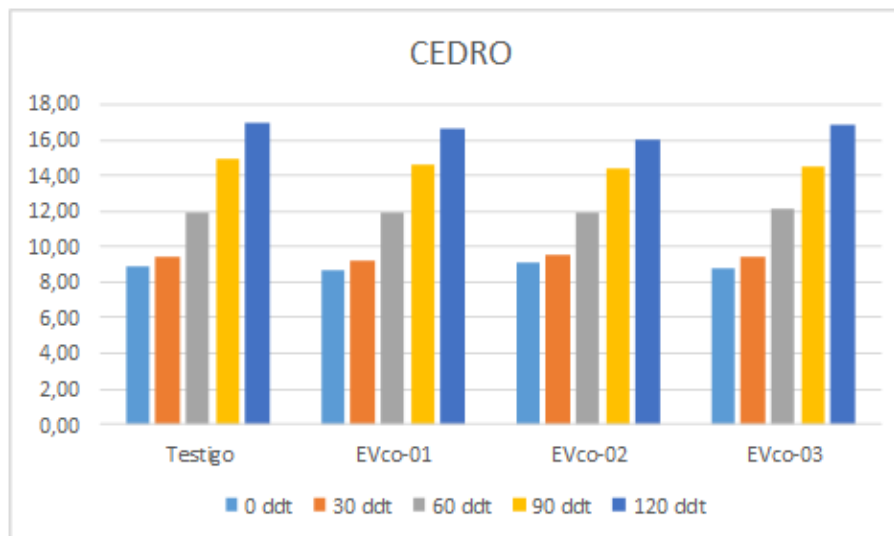


Figura 5: Altura (cm) de plantas de café en vivero en diferentes días después del trasplante (ddt).

Cuadro 10: Altura (cm) de plantas de café en vivero en diferentes días después del trasplante (ddt).

CEDRO	0 ddt	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Testigo	8,90a	9,44a	11,93a	14,89a	16,99a
EVco-01	8,68a	9,21a	11,87a	14,57a	16,60a
EVco-02	9,06a	9,59a	11,95a	14,39a	16,04a
EVco-03	8,82a	9,41a	12,11a	14,53a	16,85a

CAOBA	0 ddt	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Testigo	8,80a	9,28a	11,62a	14,02a	17,10a
EVsm-01	8,63a	9,09a	11,08a	13,63a	16,18ab
EVsm-02	8,68a	9,23a	11,28a	13,63a	16,49ab
EVsm-03	8,61a	9,13a	11,07a	13,17a	15,53b

INGA	0 ddt	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Testigo	8,74a	9,18a	11,18a	13,61a	16,38a
EVie-01	8,57a	9,02a	10,58a	12,58a	14,94a
EVie-02	8,93a	9,38a	11,02a	13,01a	15,50a
EVie-03	8,54a	9,02a	10,46a	12,73a	15,30a

EUCALIPTO	0 ddt	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Testigo	8,50a	8,98a	11,33a	14,35a	17,21a
Evet-01	8,87a	9,36a	11,38a	14,38a	17,14a
Evet-02	8,78a	9,29a	11,81a	14,66a	17,21a
Evet-03	8,48a	8,98a	11,18a	13,99a	16,54a

Diámetro de tallo

No se presentaron diferencias significativas en el diámetro del tallo durante todo el desarrollo del estudio para los cuatro tratamientos salvo en el ensayo con inga en donde a los 90 ddt se encontró diferencia significativa entre el diámetro del testigo y el de EVie-03 (Figura 6 y Cuadro 11).

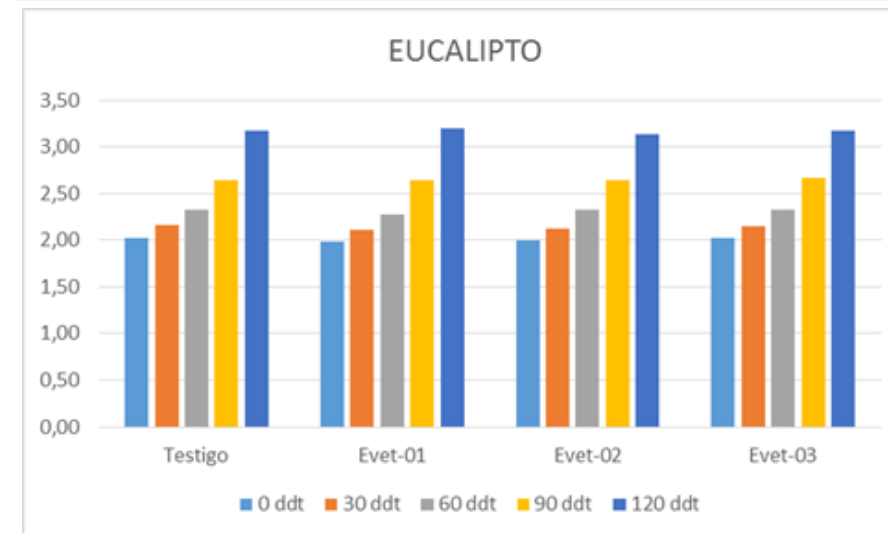
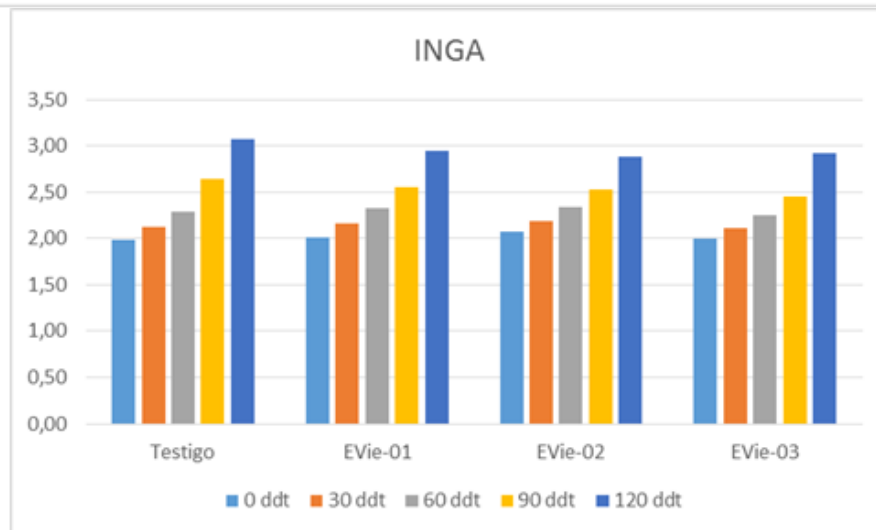
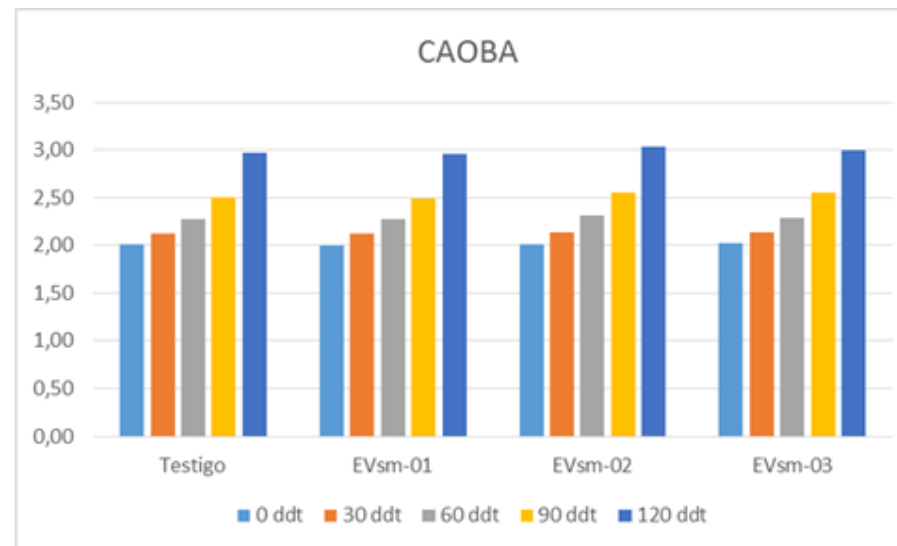
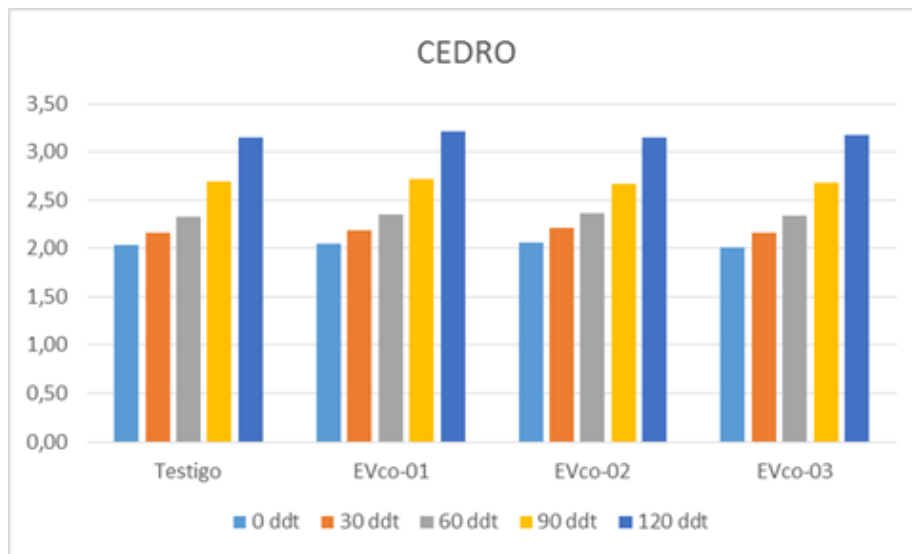


Figura 6: Diámetro (mm) de plantas de café en vivero en diferentes días después del trasplante (ddt).

Cuadro 11: Diámetro (mm) de plantas de café en vivero en diferentes días después del trasplante (ddt).

CEDRO	0 ddt	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Testigo	2,03a	2,16a	2,33a	2,70a	3,15a
EVco-01	2,05a	2,19a	2,35a	2,72a	3,21a
EVco-02	2,07a	2,22a	2,37a	2,68a	3,15a
EVco-03	2,02a	2,17a	2,34a	2,69a	3,18a

CAOBA	0 ddt	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Testigo	2,02a	2,13a	2,28a	2,51a	2,98a
EVsm-01	2,00a	2,12a	2,27a	2,50a	2,95a
EVsm-02	2,01a	2,14a	2,32a	2,55a	3,04a
EVsm-03	2,02a	2,14a	2,28a	2,55a	2,99a

INGA	0 ddt	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Testigo	1,99a	2,13a	2,29a	2,65a	3,08a
EVie-01	2,02a	2,16a	2,33a	2,56ab	2,95a
EVie-02	2,08a	2,19a	2,34a	2,53ab	2,88a
EVie-03	2,00a	2,11a	2,25a	2,45b	2,93a

EUCALIPTO	0 ddt	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Testigo	2,03a	2,16a	2,33a	2,64a	3,18a
Evet-01	1,99a	2,11a	2,28a	2,65a	3,20a
Evet-02	2,00a	2,12a	2,33a	2,65a	3,14a
Evet-03	2,02a	2,15a	2,33a	2,66a	3,18a

Numero de hojas

El ritmo de emisión foliar mostró una tendencia creciente a través del tiempo, similar en todos ensayos realizados. Al final del ensayo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados (Figura 7 y Cuadro 12).

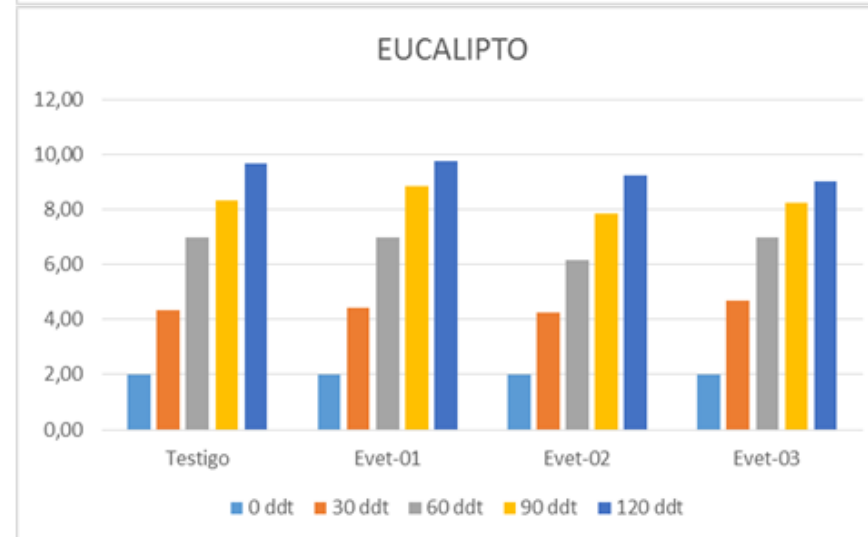
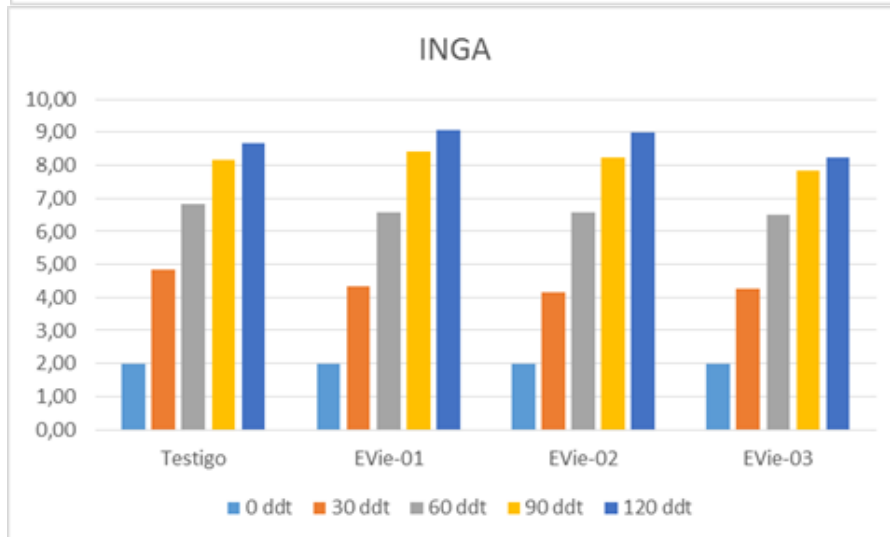
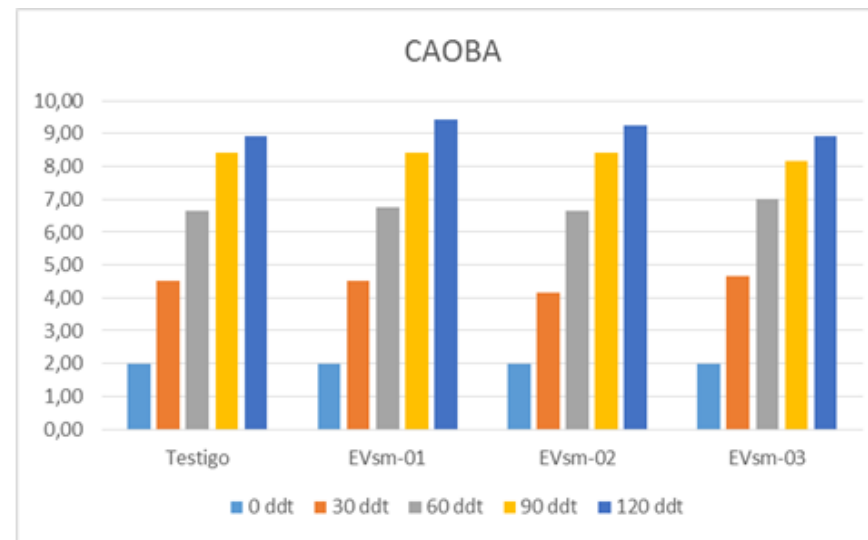
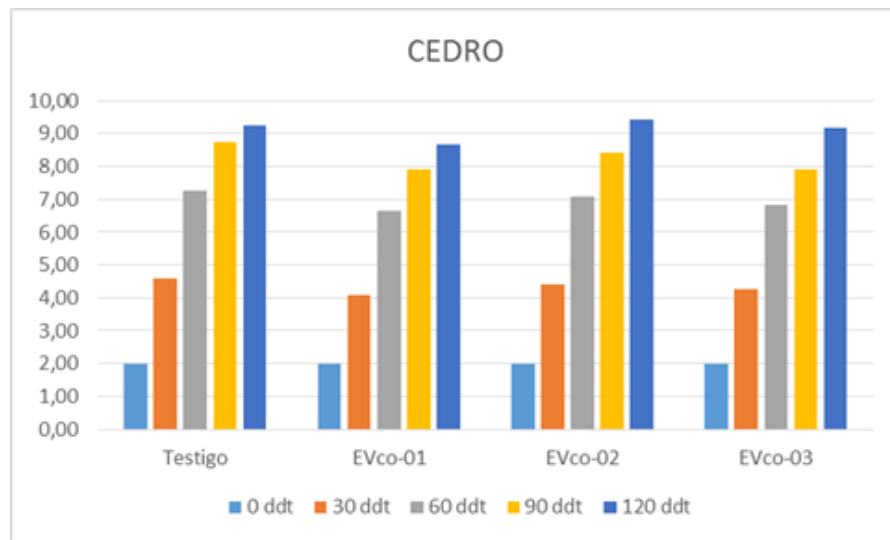


Figura 7: Numero de hojas de plantas de café en vivero en diferentes días después del trasplante (ddt).

Cuadro 12: Numero de hojas de plantas de café en vivero en diferentes días después del trasplante (ddt).

CEDRO	0 ddt	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Testigo	2,00a	4,58a	7,25a	8,75a	9,25a
EVco-01	2,00a	4,08a	6,67a	7,92a	8,67a
EVco-02	2,00a	4,42a	7,08a	8,42a	9,42a
EVco-03	2,00a	4,25a	6,83a	7,92a	9,17a
CAOBA	0 ddt	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Testigo	2,00a	4,50a	6,67a	8,42a	8,92a
EVsm-01	2,00a	4,50a	6,75a	8,42a	9,42a
EVsm-02	2,00a	4,17a	6,67a	8,42a	9,25a
EVsm-03	2,00a	4,67a	7,00a	8,17a	8,92a
INGA	0 ddt	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Testigo	2,00a	4,83a	6,83a	8,17a	8,67a
EVie-01	2,00a	4,33a	6,58a	8,42a	9,08a
EVie-02	2,00a	4,17a	6,58a	8,25a	9,00a
EVie-03	2,00a	4,25a	6,50a	7,83a	8,25aa
EUCALIPTO	0 ddt	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Testigo	2,00a	4,33a	7,00a	8,33a	9,67a
Evet-01	2,00a	4,42a	7,00a	8,83a	9,75a
Evet-02	2,00a	4,25a	6,17a	7,83a	9,25a
Evet-03	2,00a	4,67a	7,00a	8,25a	9,00a

Peso fresco

Al evaluar peso fresco se encontro diferencia significativa para los ensayos con caoba en donde se presento mayor peso del testigo respecto a los demas tratamientos y eucalipto en el cual se encontro mayor peso del testigo frente a los tratamientos EVet-02 yEVet-03 (Figura 8 y Cuadro 13).

Peso seco

Cuando se evaluó el peso seco de la planta no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de los cuatro ensayos (Figura 8 y Cuadro 13).

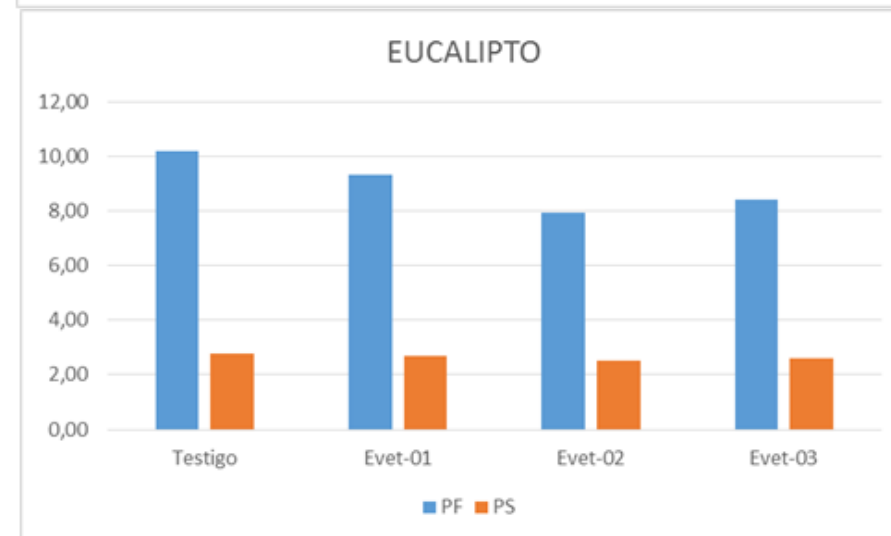
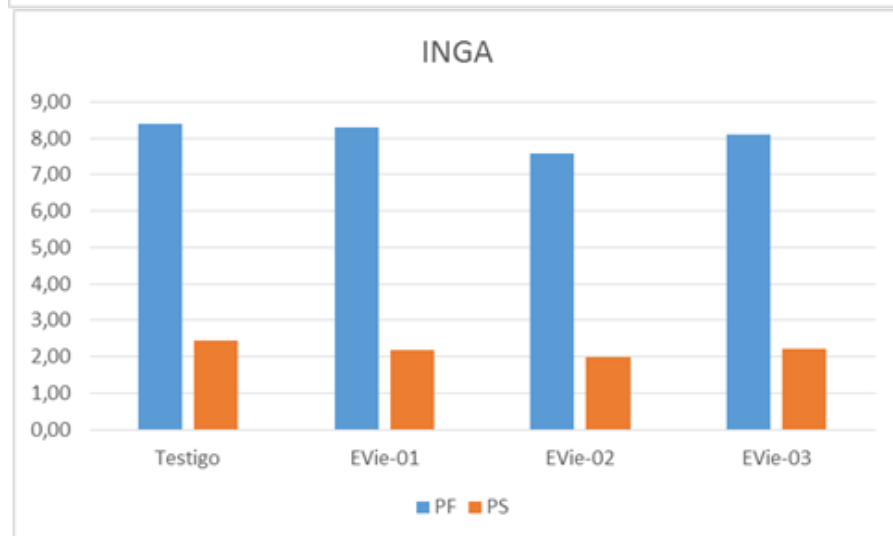
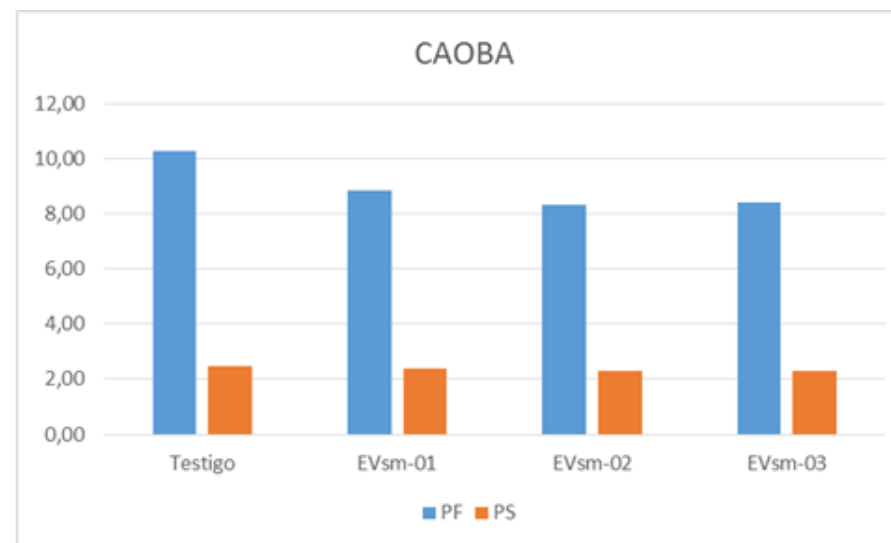
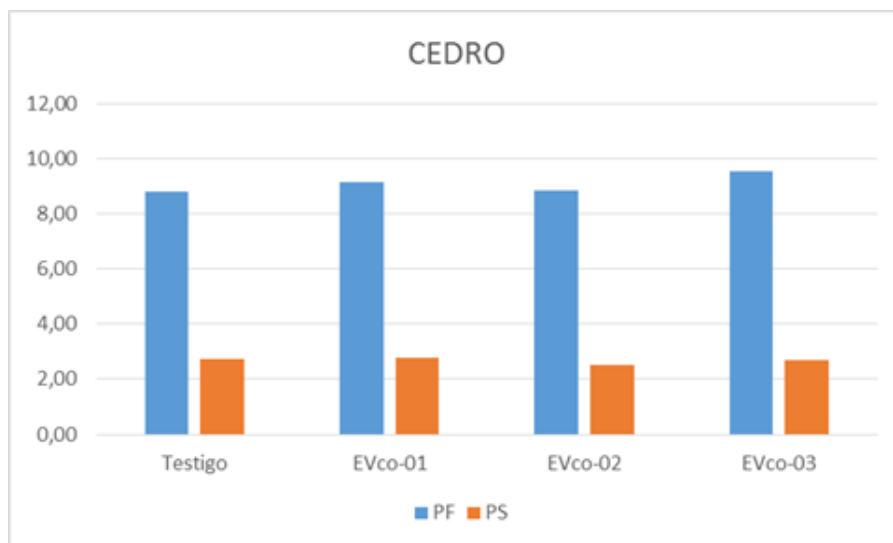


Figura 8: Peso fresco y peso seco de plantas de café (parte aérea y raíces) al final del ensayo.

Cuadro 13: Peso fresco y peso seco de plantas de café (parte aérea y raíces) al final del ensayo.

	CEDRO			CAOBA	
	PF	PS		PF	PS
Testigo	8,78 ^a	2,72a	Testigo	10,27a	2,49a
EVco-01	9,17 ^a	2,77a	EVsm-01	8,83b	2,38a
EVco-02	8,87 ^a	2,52a	EVsm-02	8,34b	2,28a
EVco-03	9,56 ^a	2,67a	EVsm-03	8,42b	2,31a

	INGA			EUCALIPTO	
	PF	PS		PF	PS
Testigo	8,40 ^a	2,45a	Testigo	10,18a	2,78a
EVie-01	8,30a	2,17a	Evet-01	9,32ab	2,67a
EVie-02	7,59a	1,99a	Evet-02	7,93b	2,49a
EVie-03	8,08a	2,20a	Evet-03	8,42b	2,60a

- No se encontraron efectos alelopáticos de ninguna de las especies forestales sobre el café. Sin embargo, diversos estudios señalan que especies forestales producen efectos alelopáticos como indica Benzing (2001), quien señala que el eucalipto (*Eucalyptus* spp.) tiene un efecto alelopático negativo sobre muchas otras especies de plantas a través de sus raíces y hojarasca. Mientras que May y Ash (1990); Lisanework y Michelsen (1993), citados por Ceccon y Martínez-Ramos (1999), han encontrado que el potencial alelopático del eucalipto puede pronunciarse en áreas donde la pluviosidad es baja y errática, debido a la falta de dilución de las sustancias fitotóxicas excretadas por estos árboles. *Eucalyptus camaldulensis*, en particular, parece poseer un gran potencial alelopático de manera que no es recomendado en plantaciones mixtas en condiciones de pluviosidad baja y/o errática. Singh *et al.* (1998), citados por Benzing (2001), hallaron una relación negativa muy evidente entre la distancia de árboles de álamo (*Populus deltoides*), el contenido de fenoles en el suelo y el rendimiento de trigo. Uniyal y Chhetri (2010), citados por Varela (2017), encontraron que extractos acuosos (disolución de material vegetal de una especie vegetal en agua destilada) de hojarasca de

Alnus nepalensis produce efectos alelopáticos en el porcentaje de germinación de especies como el trigo, el mijo, la mostaza y la arveja. Kumar *et al.* (2006), citados por Varela (2017), demostraron que extractos acuosos de *Alnus nepalensis* producen efectos alelopáticos en la germinación y el crecimiento radicular de la arveja. También encontraron que estos extractos afectan el crecimiento radicular del arroz y del fréjol. Lines y Fournier (1979), observaron el efecto alelopático de diferentes partes vegetativas de *Cupressus lusitanica* (ciprés) sobre la germinación de *Lepidium costaricensis*, *Bidens pilosa* y *Rumex crispus*, en condiciones de laboratorio, concluyendo que existe un efecto alelopático sobre la germinación de las tres especies de hierba, tanto en extractos acuosos como en aceites esenciales de partes vegetativas y reproductivas de ciprés. Souto *et al.* (1993), estudiaron la evolución de la fitotoxicidad producida por la parte aérea de cuatro especies forestales (*Eucalyptus globulos* (eucalipto), *Acacia melanoxylon* (acacia), *Quercus robus* (roble) y *Pinus radiata* (pino)) durante el proceso de descomposición de cuatro suelos diferentes, la toxicidad de los extractos fue medido por los efectos provocados sobre la germinación y el crecimiento de semillas de *Lactuca sativa* (lechuga) en condiciones de laboratorio. Indicaron que pueden producirse efectos alelopáticos durante la descomposición de residuos procedentes de las cuatro especies forestales modulados en el tiempo por la acción que sufren en los distintos suelos donde se les dejó descomponer, los efectos más importantes se manifestaron en los cultivos de eucalipto y acacia, los efectos son más moderados cuando ocurre en el robledal y en el cultivo de pino. Pérez *et al.* (2011), en Henares (España), determinaron el potencial alelopático de la hojarasca de tres especies arbóreas exóticas (*Alianthus altísima*, *Robinia pseudoacacia* y *Ulmus punila*) y una autóctona (*Papulus alba*), sobre la germinación de cuatro especies herbáceas nativas del sotobosque *Chenopodium álbum*, *Dactylis glomerata*, *Brachypodium Phoenicoides* y *Brachypodium Silvaticum* en condiciones de laboratorio. Reportaron que los extractos de hojarasca de todas las especies arbóreas tendieron a reducir la velocidad y en menor medida, la tasa de germinación de las cuatro especies herbáceas, también indicaron que no existe un efecto consistente de los extractos de hojas de los arboles exóticas sobre las herbaceas nativas. Avila *et al.* (2007), en Pereira (Colombia), estudiaron el efecto retardante del extracto de las hojas frescas de *Eucalyptus robusta* (eucalipto) en el crecimiento de semillas de frijol, maíz, lechuga, arveja, arroz y sorgo, en

condiciones de laboratorio, observando un mayor efecto del extracto sobre el de monocotiledóneas (maíz, arroz y sorgo) que sobre dicotiledóneas (arveja, frijol y lechuga) y que el efecto del extracto de *Eucalyptus robusta* podría ser la base del desarrollo de productos para el control de gramíneas.

Es importante recordar que Blum *et al.* (1992), citados por Blanco (2006), indican que la actividad alelopática depende de diversos factores tales como la sensibilidad de la especie receptora, liberación de la toxina al medio, actividad e interacciones bióticas y abióticas que ocurren en el suelo con la toxina (microorganismos, temperatura, pH, etc.). Es probable que en los extractos vegetales obtenidos de cada especie forestal para este ensayo no se acumularon sustancias con efectos alelopáticos o en su defecto en las concentraciones adecuadas para causar algún efecto (positivo o negativo) sobre las plantas de café a nivel de vivero. O que quizá las condiciones ambientales y el tiempo del ensayo, pudieron no ser las adecuadas para que dichas sustancias actúen.

V. CONCLUSIONES

- No hubo efecto alelopático de los extractos vegetales obtenidos de *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Inga edulis* y *Eucalyptus torreliana* sobre café (*Coffea arabica* L.) var. Caturra Roja en Chanchamayo.

VI. RECOMENDACIONES

- Dada la importancia y la tendencia de la instalación del cultivo de café bajo sistemas agroforestales, se debe continuar investigando el efecto de las especies forestales sobre el café.
- En las próximas investigaciones, se debería probar nuevas dosis, frecuencias de aplicación y tiempo de evaluación. También estudiar la incorporación de otras partes de las especies arbóreas y evaluar su efecto sobre la germinación de semillas de café.
- Utilizar como sustrato la tierra de la rizósfera de los árboles estudiados debido a que en esta zona se acumulan los exudados radiculares.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anacafe. s/f. La sombra del cafetal. Disponible en : https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_Sombra
- Arévalo, R., Bertoncini, E., y Aranda, E. 2011. Alelopatía en *Saccharum spp.* (caña de azúcar). Colima. México: Avances en Investigación Agropecuaria. 3(15): 51-60. Disponible en: http://bvirtual.ucol.mx/descargables/166_alelopatia_en_saccharum.pdf
- Ávila, L.; Murillo, W.; Durango, E.; Torres, F.; Quiñones, W.; Echeverri, F. 2007. Efectos alelopáticos diferenciales de extractos de eucalipto. *Scientia Et Technia*. 33(XIII): 203-204. Disponible en: http://www.redalyc.org/pdf/849/Resumenes/Resumen_84903353_1.pdf
- Benzing, A. 2001. Agricultura Orgánica Fundamentos para la Región Andina. Editorial Nectar-Verlag. Willingen-Schwenninger. Alemania. 682 pp.
- Blanco, Y. 2006. La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos tropicales*. 3(27): 5-16. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193215825001.pdf>
- Borjas, R. 2008. Uso de fuentes naturales en la Fertilización del café (*Coffea arabica* L.) var. Caturra Roja en vivero como base para la producción orgánica en la selva central del Perú. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. UNALM. Lima. Perú. 84 pp.
- Carbajal, J. 1984. Cafeto, Cultivo y Fertilización. Instituto Internacional de La Potasa. Berna Suiza. 2º edición. 254 pp.
- Castillo, L. 2005. Del Campo a la Taza. Pronaturaleza. Proyecto Tambopata-Inambari. Lima. Peru. 104 pp.
- Cazón, A.; De Viana, M.; Gianello, J. 2000. Identificación de un compuesto alelopático de *Baccharis boliviensis* (Asteraceae) y su efecto en la germinación de *Trichocereus pasacana* (Cactaceae), *Biología Tropical*, 48(1): 47-51. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/download/18149/18384>

- Ceccon, E.; Martínez-Ramos, M. 1999. Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones de eucalipto de gran escala en áreas tropicales: aplicación al caso de México. *Interciencia*. 6(24): 352-359. Disponible en: http://www.oikos.unam.mx/LECT/images/publicaciones-2000/cemmr_1999.pdf
- Christiansen, J. 2004. *Café Orgánico con Diversificación*. Asociación de Cafés Especiales de Tegucigalpa. Honduras. 346 pp.
- De la Cruz, R. 1998. Alelopatía en el manejo de malezas, Curso de malezas, Estudio de postgrado. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 9 pp. Disponible en: <http://www.sidalc.net/repdoc/A1889e/A1889e.pdf>
- Farfan, V. 2012. *Arboles con Potencial para ser Incorporados en Sistemas Agroforestales con Café*. Cenicafe. Colombia. 88 pp.
- Farfan, V. 2013. *Guía para el Establecimiento de Barreras con Árboles y Sombrío del Café*. Cenicafe. Colombia. 8 pp.
- FHIA. 2004. *Producción de Café con Sombra de Maderables*. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Honduras. 20 pp.
- Figueroa, Z. 1990. *La Caficultura en el Perú*, Lima. Perú. 202 pp.
- IHCAFE. 2001. *Manual de Caficultura*, Instituto Hondureño del Café. 3° edición. Tegucigalpa. Honduras. 328 pp.
- INIA. 2012 *Manual Forestal*. Proyecto “Desarrollo de plantaciones agroforestales de pequeños productores cafetaleros en Perene”. Chanchamayo. Perú. 72pp.
- Julca, A. *et al.*, 2010. Informe de colecta de germoplasma de café en el Perú. UNALM-FDA-Café Perú-FINCyT. Lima. 38 pp.
- Lines, M.; Fournier, O. 1979. Efecto alelopático de *Crupessus lusitanica* Mill. sobre la germinación de algunas hierbas. *Biología tropical*. 27(2): 223-229. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/download/25652/25981>
- Linkimer, M.; Muschler, R.; Benjamin, T.; Harvey, C. 2002. Árboles nativos para diversificar cafetales en la zona atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* (35-36) (9): 37-43. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2482e/A2482e.pdf>
- Lorenzo, P. y Gonzáles, L. 2010. Alelopatía: una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. Alicante. España.

Ecosistemas. 1(19): 79-91. Disponible en:
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/57>

- Luna, G. y Lara, A. 2007. Alelopatía y Extractos Vegetales: Alternativas para el Manejo de Insectos Plagas y Enfermedades en Cultivos. CORPOICA. Colombia. 21 pp.
- Mao, C.; Sanchez, B., Hagiwara, T. 2000. Manual de Agroforestería. CEMARE. Rio Hato. Panamá. 106 pp.
- Merlo, C. 2007. Comportamiento productivo del café (*Coffea arabica* var. Caturra roja), el poro (*Erythrina poeppigiana*), el amarillon (*Terminalia amazonia*) y el casha (*Chloroleucon eurycyclum*) en sistemas agroforestales bajo manejos convencionales y orgánicos en Turrialba. Costa Rica. Tesis Mg. Sc. En Agroforestería tropical. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 92 pp. Disponible en:
<https://www.catie.ac.cr/attachments/article/551/Tesis-MSc-MMerlo-2007.pdf>
- MINAGRI. 2018. El Café Peruano. Disponible en:
<http://minagri.gob.pe/portal/485-feria-scaa/10775-el-cafe-peruano>
- Muschler, R. 2000. Árboles en Cafetales, CATIE/GTZ, Costa Rica. 139 pp.
- Oliveros, B. 2008. El fenómeno alelopático. El concepto, las estrategias de estudio y su aplicación en su búsqueda de herbicidas naturales. Química Viva. 1(7): 2-34. Disponible en: <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v7n1/oliveros.pdf>
- Pérez, C.; Crespo, E.; Rodrigo, J.; Santos, J.; De las Heras, P.; Castro, P.; Vásquez, A. 2011. Efecto alelopático de especies invasoras de ribera sobre la germinación de especies del sotobosque, 50ª Reunión científica de la Sociedad Española para el estudio de los pastos (S.E.E.P). Pastos paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI: 189-194. Disponible en:
<http://digital.csic.es/bitstream/10261/44846/1/2011%20Alelopatia%20invasoras%20Pastos2011.pdf>
- Pérez, C.; Suarez, C. 2011. Evaluación del efecto de sombra en la producción de café – *coffea arabica*- dentro de un sistema agroforestal tradicional con árboles en Las Minas. El Paraiso. Honduras. Zamorano. Honduras 29 pp. Disponible en:
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/449/1/IAD-2011-T021.pdf>
- Ramos, T. s/f. Sistemas Agroforestales con Café y Especies Valiosas en el Sistema Agroforestal. Municipalidad provincial de Chamchamayo. Perú. 1pp. Disponible en: http://www.munichamayo.gob.pe/doc/articulo_gedeco_01_2011.pdf

- Reynel, C.; Pennington, T.; Pennington R.; Flores, C.; Daza, A. 2003. Árboles Útiles de la Amazonia Peruana y sus Usos. Lima. Perú. 509 pp.
- Rodas, M.; Rodas, J.; Cabrera C. 1996. Torrelia: ¿Una especie exótica promisoriosa para la reforestación en centros urbanos?. Universidad del Valle de Guatemala. 6: 2-5. Disponible en: <http://uvg.edu.gt/publicaciones/revista/volumenes/revista6.pdf>
- Sampietro, A. s/f. Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Cátedra de Fitoquímica. Instituto de Estudios Vegetales “Dr. Antonio R. Sampietro” Facultad de Bioquímica. Química y Farmacia. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. Disponible en: <http://fai.unne.edu.ar/biologia/plantas/alelopatia.htm>.
- Siles, G.; Vaast, P. 2002 Comportamiento fisiológico del café asociado con *Eucalyptus deglupta*, *Terminalia ivorensis* o sin sombra. Agroforesteria en las Americas. (35-36) (9): 44-49. Disponible en: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/57>
- Sobrero, M. y Acciaresi, H. 2014. Capítulo XI. Interferencia cultivo – maleza: La alelopatía y su potencial en el manejo de malezas. Malezas e Invasoras en la Argentina. Tomo I: Ecología y Manejo. Bahía Blanca. Argentina. 945 pp.
- Solorzano, N; Querales, D. 2010. Crecimiento y desarrollo del café (*Coffea arabica*) bajo sombra de cinco especies arbóreas. Forestal Latinoamericana. 25(1): 61-80. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266316856_CRECIMIENTO_Y_DESARROLLO_DEL_CAFE_Coffea_arabica_BAJO_LA_SOMBRA_DE_CINCO_ESPECIES_ARBOREAS
- Souto, X.; Gonzales, L.; Reigosa, M. 1993. Estudio de los efectos alelopáticos producido por partes aéreas de distintas especies arbóreas (*Eucalyptus globulus*, *Acacia melanoxylon*, *Quercus robur*, *Pinus radiata*) en descomposición en el suelo. Congreso Forestal español. Vol.1: 189-194. Disponible en: http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/14916/14759
- Varela, J; 2017. Efectos alelopáticos de *Alnus nepalensis* D. DON en cuatro cultivos agrícolas de importancia socioeconómica en la zona de intag, noroccidente del Ecuador. Trabajo de titulación Ing. Forestal. UTN. Ibarra. Ecuador. 128 pp. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6875>

- Vivanco, C. 2009. Efecto de fuentes naturales de fertilización en café (*Coffea arabica* L.) var. Caturra Rojo en Rio Venado (Satipo). Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. UNALM. Lima. Perú. 109 pp.
- Yepes, P. 2002. Como diversificar la sombra en cafetales con criterios locales de selección. Agroforesteria en las Américas. (35-36) (9): 95-98. Disponible en: <http://bco.catie.ac.cr/portal-revistas/index.php/AGRO/article/view/348>
- Viera, C. (s/f). Arboles Maderable Dentro del Cafetal. Disponible en: http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/rboles%20maderables%20dentro%20del%20cafetal.pdf

INGA

FV	G1	A1	A2	A3	A4	A5	D1	D2	D3	D4	D5	NH2	NH3	NH4	NH5	PF	PS
Tratamientos	3	0,380208	0,364444	1,4191	2,47187	4,51243	0,017691	0,01375	0,0218576	0,0759722	0,0842188	1,07639	0,25	0,722222	1,72222	1,5541	0,428266
repeticiones	11	0,308239	0,304545	0,370057	1,38642	3,2646	0,0131203	0,0156061	0,0303551	0,0415152	0,0585748	0,429924	1,70455	2,10606	3,13636	3,70187	0,208095
Error	33	0,614451	0,598081	0,8794	2,12688	4,09985	0,015494	0,0185227	0,0250773	0,0371086	0,06009	0,652146	1,32576	2,10101	2,76768	6,82743	0,485094
total	47																

EUCALIPTO

FV	G1	A1	A2	A3	A4	A5	D1	D2	D3	D4	D5	NH2	NH3	NH4	NH5	PF	PS
Tratamientos	3	0,470764	0,475833	0,884653	0,898056	1,25778	0,00375	0,0072222	0,0085417	0,0010243	0,0082465	0,388889	2,08333	2,02083	1,5	11,8919	0,167722
repeticiones	11	1,13324	1,09311	1,62566	4,31674	5,59318	0,0100379	0,0098864	0,0166856	0,0336884	0,0493703	0,742424	0,810606	1,86932	2,60606	3,38523	0,337538
Error	33	0,706673	0,734167	1,52571	2,9873	4,00581	0,0077273	0,0099116	0,0154735	0,0366304	0,0632465	0,858586	1,17424	1,44508	1,83333	4,09149	0,356315
total	47																

A1: altura 0 ddt, A2: altura 30 ddt, A3: altura 60 ddt, A4: altura 90 ddt, A5: altura 120 ddt, NH2: Número de hojas 30 ddt, NH3: Número de hojas 60 ddt, NH4: número de hojas 90 ddt, NH5: número de hojas 120 ddt. D1: diámetro 0 ddt, D2: diámetro 30 ddt, D3: diámetro 60 ddt, D4: diámetro 90 ddt, D5: diámetro 120 ddt, PF: peso fresco, PS: peso seco.