BENÉMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

EVALUACIÓN DE TRES ESPECIES DE PINO ASOCIADOS CON *Pisum sativum* L. EN TETELA DE OCAMPO

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROFORESTAL

PRESENTA:

ERNESTO REYES LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ ARCHUNDIA

Tetela de Ocampo, Puebla, México. Diciembre de 2013

BENÉMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

EVALUACIÓN DE TRES ESPECIES DE PINO ASOCIADOS CON *Pisum sativum* L. EN TETELA DE OCAMPO

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROFORESTAL

PRESENTA:

ERNESTO REYES LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ ARCHUNDIA

ASESORES:

M.C. IGNACIO VÁZQUEZ MARTÍNEZ

M.C. JOSÉ NELSON MONTOYA TOLEDO

M.C. BENJAMÍN BARRIOS DÍAZ

M.C. RAMIRO ESCOBAR HERNÁNDEZ

Tetela de Ocampo, Puebla, México. Diciembre de 2013

La presente tesis titulada "Evaluación de tres especies de pino asociados con *Pisum sativum* L. en Tetela de Ocampo" **realizada por** Ernesto Reyes López **ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el Título de**:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROFORESTAL

Facultad de Ingeniería Agrohidráulica

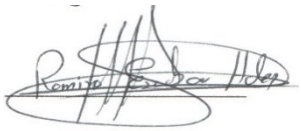
Consejo particular integrado por: Firma

Director: M.C. Francisco Javier Hernández Archundia

Asesor: M.C. Ignacio Vázquez Martínez

Asesor: M.C. José Nelson Montoya Toledo

Asesor: M.C. Benjamín Barrios Díaz



Asesor: M.C. Ramiro Escobar Hernández

Tetela de Ocampo, Puebla; México. Diciembre de 2013

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **"Sustentabilidad del agua"** y su línea de investigación **"Uso y manejo del agua en los agroecosistemas".**

Con amor, respeto y admiración

A mi madre la **Sra. María de la Paz López Marcos**.

Quien se ha enfrentado a la vida como una

Gran mujer, abatiendo todos los obstáculos

Que se le han interpuesto.

Tus desvelos, regaños y consejos

Han valido la pena. Te amo.

DEDICATORIA

A DIOS

Por haberme prestado la vida, darme fortaleza mental y emocional e iluminar cada paso que di durante este proceso para lograr este objetivo a pesar de los contratiempos presentados.

A MIS PADRES

Emiliano Reyes García y María de la Paz López Marcos por haberme otorgado la dicha de vivir, a mi madre por haber creído en mí, por haberme guiado, aconsejado para avanzar por el buen camino durante la vida y durante este ciclo de aprendizaje. Gracias por su apoyo incondicional y por brindarme las herramientas necesarias para poder tener mejores oportunidades en un futuro no muy lejano.

A MIS HERMANOS

Ruperto, Edmar, Idoralia, Edgar, Gerardo, este logro que hoy se consigue también les pertenece a ustedes por la confianza que depositaron en mí, por el apoyo incondicional que tuve de ustedes desde que se inició este ciclo hasta la fecha, los quiero mucho.

FAMILIARES

A todos mis familiares que en algún momento de flaqueza me dieron el apoyo moral para poder seguir adelante y alcanzar esta meta que hace algún tiempo se veía lejana pero que al fin se ha conseguido.

AMIGOS

A mis amigos con los cuales compartimos muchas aventuras, nos apoyamos moralmente durante este largo caminar, y que durante las etapas difíciles de la estancia universitarias supimos salir adelante y fortalecer la amistad que tenemos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme la vida, la energía, el coraje y el temple para lograr salir adelante en cada uno de los momentos complicados durante la vida y en esta etapa de aprendizaje profesional.

Con mucho cariño a la Sra. María de la Paz López Marcos por haberme dado la vida, por haber creído en mí, por tener la confianza en mi persona y por haber iluminado mi camino a través de sus sabios consejos y experiencias compartidas. Mamá muchísimas gracias por todo lo que me has dado TE AMO.

A mis hermanos del alma agradezco cada uno de los esfuerzos y sacrificios que hicieron para que yo lograra esta meta. Agradezco el apoyo moral y económico que ustedes me brindaron durante esta etapa de mi vida, de verdad mil gracias.

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, a la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, Unidad Regional Tetela por la oportunidad de pertenecer a esta grandiosa institución.

De igual forma agradezco el apoyo incondicional de mi director de tesis M.C. Francisco Javier Hernández Archundia por tener el tiempo y la dedicación para apoyar en todo momento este proyecto. Gracias por aportar su granito de arena en esta investigación.

Al grupo de asesores que durante este proceso me apoyaron con sus observaciones y opiniones sobre el proceso de la investigación para que esta tesis se pudiera realizar satisfactoriamente M.C. Ignacio Vázquez Martínez, M.C. José Nelson Montoya Toledo, M.C. Benjamín Barrios Díaz, M.C. Ramiro Escobar Hernández.

Agradezco al vivero de Xaltatempa por haberme apoyado con las plantas para que esta investigación fuese posible.

ÍNDICE GENERAL

Contenido **Página**

ÍNDICE DE CUADROS……I
ÍNDICE DE FIGURAS……II
RESUMEN……III
ABSTRACT……IV

I. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Objetivo General 3
1.2. Objetivos Específicos 3
II. OBJETIVOS 3
III. HIPÓTESIS 4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA 5
4.1. Agroforestería 5
4.1.2 Componentes agroforestales 5
4.1.3. Componente vegetal leñoso 5
4.1.4. Componente vegetal no leñoso 6
4.1.5. Componente animal 6
4.1.6 Sistema agroforestal 6
4.1.7. Práctica agroforestal 7
4.1.8 Sistema Taungya 7
4.2. Genero *Pinus* 8
4.2.1. Descripción 9
4.2.2. Generalidades 9
4.2.3. Distribución 9
4.3. Descripción de las especies que se utilizaran en esta investigación 9
4.3.1 Clasificación taxonómica de las especies de pino 10
4.3.2. Ecología y distribución de especies maderables. 11
4.3.3. Clima 12
4.3.4. Topografía 12
4.3.5. Descripción física del suelo 13
4.3.6. Descripción botánica de las especies 14
4.3.7. Usos de las especies forestales 17
4.4. Calidad de planta 18
4.5. Índices fisiológicos 19
4.6. Índices morfológicos 19
4.6.1. Altura de la planta 20
4.6.2. Diámetro de cuello de la raíz 20
4.6.3. Sistema radical 20
4.6.5. Índices de calidad de planta 21
4.6.6. Índice de esbeltez 21
4.6.7. Relación biomasa aérea / biomasa subterránea 21
4.6.8. Índice de Dickson 21
4.7. *Pisum sativum* L. 22
4.7.2. Taxonómica 22

4.7.3. Morfología 23
4.7.4. Composición química del chícharo 24
V. MATERIALES Y MÉTODOS 25
5.1. Localización 25
5.1.2. Elección del sitio de experimentación 25
5.1.3. Clima 26
5.1.4. Topografía 27
5.1.5. Hidrología 27
5.1.6. Suelo 27
5.2. Materiales 27
5.3. Metodología 28
5.3.1. Establecimiento del experimento 28
5.3.2. Preparación del terreno 28
5.3.3. Apertura de cepas 29
5.3.4. Obtención de la planta 29
5.3.5. Obtención de muestras de suelo 29
5.3.6. Plantación y siembra de las especies 29
5.3.7. Evaluación de crecimiento de los árboles de pino 30
5.3.8. Supervivencia de la plantación 30
5.4. Plantas analizadas en el laboratorio 30
5.4.1. Índices morfológicos 31
5.4.2 Peso anhidro total 31
5.4.3. Peso anhidro de la parte aérea 31
5.4.4. Peso anhidro de raíz 31
5.4.5. Relación biomasa aérea entre biomasa subterránea: 31
5.4.6. Índice de esbeltez 31
5.4.7. Índice de Dickson 32
5.5. Obtención de cantidad de materia seca de chícharo 32
5.6. Estimación de la producción de chícharo por hectárea. 32
5.7. Evaluación a corto plazo: periodo de un año 33
5.8. Diseño experimental 33
5.9. Modelo estadístico 34
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 35
6.1. Supervivencia 35
6.2. Crecimiento en altura de la planta en campo 36
6.3. Diámetro de cuello de raíz 37
6.4. Crecimiento de raíz 38
6.5. Relación peso húmedo de la parte aérea / peso húmedo de la parte subterránea .39
6.6. Relación peso seco aéreo / peso seco subterráneo 40
6.7. Índice de esbeltez 42
6.8. Peso anhidro total 43
6.9. Índice de Dickson 44
6.10. Estimación de materia seca del chícharo 45
6.11. Producción de chícharo 45
6.12. Análisis del sistema agroforestal 46
VII. CLUSIONES Y RECOMENDACIONES 50

VIII. LITERATURA CITADA 52
IX. ANEXOS.....58

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido		Página
Cuadro 1.	Nombres comunes de las tres especies de pino.	10
Cuadro 2.	Clasificación taxonómica de los pinos.	10
Cuadro 3.	Ecología y distribución de las tres especies de pino en México.	11
Cuadro 4.	Rangos climáticos de las tres especies de pino.	12
Cuadro 5.	Rangos altitudinales de las tres especies de pino.	13
Cuadro 6.	Suelos en los que se desarrollan las tres especies de pino.	13
Cuadro 7.	Usos de la madera de pino.	17
Cuadro 8	Clasificación taxonómica del chícharo.	23
Cuadro 9.	Descripción química del chícharo.	25
Cuadro 10.	Crecimiento de la raíz de las tres especies de pino con y sin la asociación de chícharo.	39
Cuadro 11.	Comparación de medias del peso húmedo de la parte aérea entre el peso húmedo de la parte subterránea de las tres especies de pino con y sin asociación de chícharo.	40
Cuadro 12.	Comparación de la relación peso seco aéreo entre peso seco subterráneo al inicio y al final de la evaluación de las tres especies de pino con y sin asociación de chícharo.	41
Cuadro 13.	Comparación del índice de esbeltez al inicio y al final de la evaluación de las tres especies de pino con y sin la asociación de chícharo.	42
Cuadro 14.	Peso seco total de las tres especies de pino con y sin la asociación de chícharo.	43
Cuadro 15.	Índice de Dickson de las tres especies de pino con y sin asociación de chícharo.	44
Cuadro 16.	Resultados del análisis de suelo inicial y a los 120 días del establecimiento del experimento.	46
Cuadro 17.	Costos de campo del establecimiento de las especies de pino asociadas con chícharo.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido		Página
Figura 1.	Clasificación de los sistemas agroforestales en función del tipo de componentes.	7
Figura 2.	A) Árbol y ramas B) Hojas C) Corteza D) Conos de *P. montezumae.*	14
Figura 3.	A) Árbol y ramas B) Hojas C) Corteza D) Conos de *P. patula.*	16
Figura 4.	A) Árbol y ramas B) corteza C) hojas D) semillas E) conos de *P. pseudostrobus.*	17
Figura 5.	A) Hojas B) Flor C) Vainas D) Semillas del chícharo.	24
Figura 6.	Localización del municipio de Tetela de Ocampo, Puebla.	26
Figura 7.	Ubicación del sitio experimental.	27
Figura 8.	Diseño de la parcela experimental.	34
Figura 9.	Supervivencia en porcentaje (%) de las tres especies de pino con y sin asociación de chícharo.	36
Figura 10.	Incremento en altura (cm) de las tres especies de pino con y sin la asociación de chícharo.	37
Figura 11.	Incremento en diámetro al cuello de la raíz (mm) de los brinzales de las tres especies de pino con y sin la asociación de chícharo.	38
Figura 12.	Rendimientos del chícharo a nivel nacional, estatal y en la implementación del sistema agroforestal	46

EVALUACIÓN DE TRES ESPECIES DE PINO ASOCIADOS CON *Pisum sativum* L. EN TETELA DE OCAMPO

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la comunidad de Eloxoxtla, Tetela de Ocampo, Puebla, con el objetivo de evaluar el desarrollo de una plantación con *Pinus montezumae*, *P. patula* y *P. pseudostrobus,* con base a indicadores dasométricos y el efecto de *Pisum sativum* L. como cultivo asociado; valorar la calidad de planta de las especies forestales a los 180 días del establecimiento. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con seis tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron *Pinus montezumae (T1) P. patula* (T3), *P. pseudostrobus* (T5) asociados con (*Pisum sativum* L)*; P. montezumae* (T2), *P. patula* (T4) y *P. pseudostrobus* (T6) sin ninguna asociación. Para estudiar las variables se utilizó el análisis de comparación de medias con la prueba de Tukey (α=0.05). La relación peso seco aéreo/subterráneo al inicio del experimento en T5 y T6 presentaron (3.17g); después de seis meses T2(1.76 g) mostro mejor balance en comparación con las otras especies. El índice de esbeltez T5 y T6 (2.49) presentan el mejor balance al inicio; a los 180 días T1 (1.85) revelo el valor más alto. El índice de Dickson refleja que T1 y T2 (10.11) es la especie de mejor calidad en vivero; al finalizar la evaluación T5 (8.71), indico el mejor índice de calidad. En campo, T1 arrojo el mayor incremento en diámetro al cuello de la raíz con (16.4mm).Para la variable supervivencia hubo una diferencia significativa (>p 0.05) entre tratamientos, T3 (90%) mostró mayor supervivencia. El rendimientos de *P. sativum* L. en esta investigación fueron de 1.5 t ha^{-1}. La cantidad de materia seca obtenida es de 4,710 kg ha^{-1}. Con base a la relación peso seco aéreo/subterráneo, índice de esbeltez, incremento del diámetro al cuello de la raíz y supervivencia el T1 fue el que presento mayor valor en comparación con los otros tratamientos.

Palabras clave: Calidad de planta, supervivencia, índice de esbeltez, índice de Dickson, chícharo, sistema agroforestal.

EVALUATION OF THREE PINE SPECIES ASSOCIATED WITH *Pisum sativum* L. IN TETELA DE OCAMPO

ABSTRACT

This research was conducted in the community Eloxoxtla, Tetela de Ocampo, Puebla, in order to assess the development of a plantation with *Pinus montezumae*,*P. patula* and *P. pseudostrobus*, based on mensuration indicators and the effect of *Pisum sativum* L. as intercrop, to assess the quality of forest plant species to the 180 days of the establishment. Complete block design was used with random six treatments and three replications. Treatments were *Pinus montezumae* (T1) *P. patula* (T3),*P. pseudostrobus* (T5) associated with (*Pisum sativum L*) *P. montezumae* (T2), *P. patula* (T4) and *P. pseudostrobus* (T6) without any association. To study the variables analysis comparison using the Tukey test (α=0.05) was used. The aerial / underground dry weight relative to the start of the experiment presented in T5 and T6 (3.17g), six months after T2 (1.76 g) showed better balance compared to other species. The slenderness ratio T5 and T6 (2.49) have the best balance at the beginning, at 180 days T1 (1.85) I reveal the highest value. The index reflects Dickson T1 and T2 (10.11) is the best kind of quality nursery; at the end of T5 (8.71) evaluation, indicated the best quality index. In the field, T1 throw the biggest increase in diameter at root collar with (16.4 mm). For survival variable was a significant difference (> p 0.05) between treatments, T3 (90 %) showed increased survival. The yields of P. sativum L in this study were 1.5 t ha-1. The amount of dry matter obtained is 4,710 kg ha-1. Based on the aerial / underground, slenderness ratio, increased collar diameter and root dry weight relative survival was the T1 showed higher value compared to the other treatments.

Keywords: Quality of plant, survival, slenderness index, Dickson index, pea, agroforestry system.

I. INTRODUCCIÓN

La preservación y manejo sustentable de la biodiversidad en el mundo están en crisis. La destrucción de hábitats y bosques, la contaminación del aire y el agua, la eliminación de desechos industriales, el uso indiscriminado de pesticidas y la deliberada e involuntaria sustitución por el hombre de la diversidad por la uniformidad de cultivos, árboles y ganado, son causantes principales de este creciente deterioro (Pérez, 1998).

Según Altieri (1996), la reducción de la biodiversidad alcanza su forma extrema en los monocultivos agrícolas. Para contrarrestar estos efectos resulta necesario implementar el desarrollo de los policultivos o cultivos múltiples. Esta alternativa posibilita mayores rendimientos que los cultivos individuales cubriendo una misma área, al ser capaces de una mayor utilización de la radiación solar, agua y nutrientes del suelo, entre otros beneficios. Este mismo autor señaló que entre las diferentes modalidades de los policultivos se incluye el uso de coberturas vegetales vivas. Las coberturas también constituyen nuevas alternativas para el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, más si se utilizan con este objetivo especies de leguminosas (Muzilli, 1992; Johnson y Magariños, 1995).

Las plantaciones forestales comerciales son árboles plantados técnicamente para la obtención de productos forestales de calidad al mínimo costo y en el menor tiempo posible (Rojas, 1997); para maximizar el aprovechamiento de la unidad de tierra Krishnamurthy y Ávila (1998) mencionan que la Agroforestería es el arte y la ciencia del cultivo de árboles en combinación interactiva con los cultivos y/o animales en la misma unidad de tierra para lograr múltiples objetivos.

En este contexto, el sistema agroforestal Taungya consiste en el establecimiento de cultivos agrícolas durante el desarrollo de los primeros años de una plantación forestal. Su función principal es la producción de madera asociadas con cultivos transitorios para autoconsumo y/o comercialización durante las fases iniciales de desarrollo de los árboles (Ospina, 2006). Otras funciones son la acumulación de CO2, liberación de oxígeno, cobertura permanente del suelo.

De acuerdo a lo anterior, en la investigación se eligieron tres especies de pino (*Pinus montezumae, P. patula, P. pseudostrobus*) como plantaciones forestales, ya que en la zona se presentan los rangos altitudinales y condiciones edafoclimáticas aptos para estas especies

teniendo en cuenta que a corto plazo no se obtendrá recurso económico, se implementó chícharo como cultivo asociado, debido a que este es un cultivo ampliamente utilizado por los habitantes de la comunidad de estudio, la producción de chícharo es utilizado en la alimentación básica de las familias ya que contiene de 5 a 7% de proteína en verde y del 20 al 23% de proteína como grano seco, con este modelo de producción se pretende asegurar la producción de cultivos básicos durante las primeras etapas de crecimiento de las especies forestales.

La plantación forestal se realizó en la época invernan debido al tardío abastecimiento de la planta proporcionada por CONAFOR a los beneficiarios de Proárbol, dentro de esta problemática se pretende utilizar el chícharo como una planta nodriza, de acuerdo con Cavieres *et al*., (2006) las plantas nodriza dan protección (o recursos) a plántulas de otras especies en un ambiente difícil, mientras estas últimas crecen lo suficiente para enfrentar las condiciones del medio, aunado a esto Callaway y Pugnaire, (1999) mencionan que bajo la sombra de una planta nodriza, incluyendo árboles, las temperaturas del aire y del suelo son menos extremas, y la humedad de las capas superficiales del suelo tiende a permanecer a menor profundidad.

El presente estudio parte de la necesidad de generar información que sea de utilidad para los campesinos y que puedan producir de forma sostenible sus tierras, ya que casi toda la investigación del ámbito agroforestal está dirigida básicamente a las zonas tropicales, mientras que para las zonas de clima templado existe insuficiente información para este tipo de alternativas de producción. La agroforestería es una alternativa en la cual se presenta una diversificación de productos al corto, mediano y largo plazo. Así mismo se obtienen beneficios de servicios ambientales en la unidad productiva y se pretende hacer un uso eficiente de los recursos naturales disponibles. Por ello en esta investigación se evalúa el efecto de la asociación de tres especies forestales del genero *Pinus* con chícharo (*Pisum sativum* L.)como cultivo agrícola invernal, se analizará el desarrollo de los árboles, la adición de Nitrógeno inorgánico (N2) y Materia Orgánica (MO) al suelo; los beneficios económicos reflejados en ingresos provenientes de la cosecha del cultivo agrícola para determinar su factibilidad como propuesta de conversión productiva en el poblado de Eloxoxtla, Tetela de Ocampo, Puebla.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar el desarrollo de una plantación con *Pinus montezumae*, *P. patula* y *P. pseudostrobus,* con base a indicadores dasométricos y el efecto de *Pisum sativum* L. como cultivo asociado, para definir su viabilidad para propuesta de manejo agroforestal en Eloxoxtla, Tetela de Ocampo.

2.2. Objetivos Específicos

Analizar el comportamiento de las especies propuestas con la asociación de *Pisum sativum* L., para determinar su factibilidad técnica con base a las variables: supervivencia, diámetro al cuello de la raíz y altura.

Evaluar el efecto en el suelo a corto plazo de la asociación de las especies de pino y *Pisum sativum* L. mediante un análisis de suelo en laboratorio inicial y a 120 días.

Definirla viabilidad de esta propuesta de manejo agroforestal como alternativa de conversión productiva en la zona, mediante los parámetros técnicos antes referidos y un análisis global del sistema.

III. HIPÓTESIS

La asociación de las especies de *Pinus* y *P. sativum* L. como un sistema de manejo agroforestal, es viable bajo parámetros técnicos del desarrollo de las especies utilizadas e indicadores económicos para su establecimiento en predios agrícolas de Eloxoxtla Tetela de Ocampo.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

Se han realizado infinidad de trabajos acerca de los sistemas agroforestales con la finalidad de entender mejor que son, la manera en que funcionan y cuál es la importancia social, económica, ecológica e histórica de los mismos, cuales son los beneficios que estos nos aportan comparados con otros sistemas de producción, y de qué manera se puede fomentar el empleo de los mismos.

4.1. Agroforestería

La agroforestería es el arte y la ciencia del cultivo de árboles en combinación interactiva con los cultivos y/o animales en la misma unidad de tierra para lograr múltiples objetivos (Krishnamurthy y Ávila, 1998).

La agroforestería es una forma de uso de la tierra donde los perennes leñosos interactúan biológica y económicamente en las mismas áreas con cultivos y/o animales. Estos elementos pueden asociarse simultánea o secuencialmente en zonas o entremezclados. Los sistemas de producción agroforestal son apropiados tanto para sistemas frágiles como estables varia de fincas a regiones, y niveles de subsistencia o comercial. Los objetivos son: diversificar la producción, mejorar la agricultura migratoria, aumentar los niveles de materia orgánica en el suelo, fijar el nitrógeno atmosférico, reciclar los nutrientes, modificar el microclima y optimizar la productividad de los sistemas. La agroforestería debe de ser compatible con las prácticas socioculturales y servir para mejorar las condiciones de vida de la región (Somarriba, 1992).

4.1.2 Componentes agroforestales

Los componentes que se emplean en la agroforestería están basados en tres tipos principalmente que son componentes vegetales leñosos, componente vegetal no leñoso y el componente animal de acuerdo a Ospina(2006).

4.1.3. Componente vegetal leñoso

Desde el punto de vista de la botánica las especies vegetales leñosas son aquellas que poseen lignina en sus tejidos y derivados oxigenados de la celulosa, xilema, entre otras, que brinda consistencia rígida; el ciclo de vida de estas especies es superior a dos años. Las

especies vegetales leñosas, de acuerdo a su morfología, son clasificadas como árboles (Ospina, 2006).

4.1.4. Componente vegetal no leñoso

En este componente se incluyen: cultivos agrícolas transitorios (anuales) y semipermanentes (bianuales), pasturas y hierbas. Involucra especies cultivadas, protegidas y silvestres.

4.1.5. Componente animal

Este componente está integrado por animales como (vacunos, ovinos, caprinos, equinos, etc.) se puede obtener carne, lana, leche, pieles y otros productos, para autoconsumo como para la venta.

4.1.6 Sistema agroforestal

Es el conjunto de asociaciones o arreglos agroforestales donde se encuentran especies del componente vegetal leñoso y vegetal no leñoso o componente vegetal leñoso, no leñoso y animal (Ospina, 2006).

Los sistemas agroforestales son una forma de uso de la tierra en donde leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando en principio de la sostenibilidad (López, 2007).

Según Nair (1997) los sistemas agroforestales se clasifican en base a sus componentes, Sistema Agrisilvicola (cultivos y árboles), Sistema Silvopastoril (pasturas/animales y árboles), Sistema Agrosilvopastoril (cultivos, pasturas/animales y árboles) y otros sistemas.

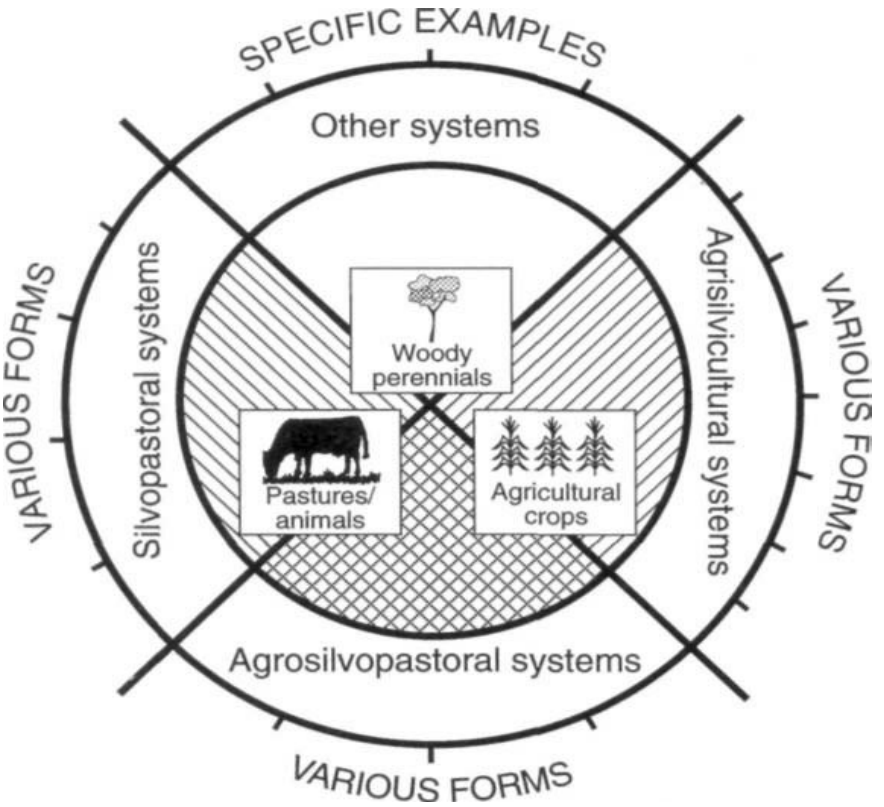


Figura 1. Clasificación de los sistemas agroforestales en función del tipo de componentes. Fuente: Nair, 1997.

Dentro de los sistemas Agroforestales existen tecnologías que de acuerdo con Ospina (2006) es el arreglo definido de componentes agroforestales con ciertas disposiciones en espacio y tiempo. Clasificatoriamente las tecnologías agroforestales son: cerca viva, árboles en linderos, barreras rompevientos, cultivo en franjas, lotes multipropósito, huerto de plantación frutal, huerto familiar.

4.1.7. Práctica agroforestal

Es la asociación específica de componentes agroforestales, con disposiciones detalladas de especies, acomodo espaciotemporal y manejo agroforestal particular de una localidad y cultura (Ospina, 2003).

4.1.8 Sistema Taungya

El sistema agroforestal Taungya consiste en el establecimiento de cultivos agrícolas durante el desarrollo de los primeros años de una plantación forestal. Su función principal es la producción de madera asociadas con cultivos transitorios para autoconsumo y/o

comercialización durante las fases iniciales de desarrollo de los árboles (Ospina, 2006). Otras funciones son la acumulación de CO2, liberación de oxígeno y cobertura permanente del suelo.

En esta investigación se conformara un sistema agroforestal Taungya con la asociación de tres especies del género *Pinus* como árboles en conjunto con chícharo como cultivo leguminoso invernal, por lo cual a continuación se describen las especies forestales que se utilizaron en la presente estudio.

4.2. Genero *Pinus*

La cubierta vegetal de México es una de las más ricas y variadas del planeta. La vegetación varía grandemente desde la existencia de ecosistemas áridos y los grandes desiertos hasta las densas y frondosas selvas de ecosistemas tropicales. Desde la vegetación netamente tropical característica de las zonas bajas y cálidas hasta los páramos de alta montaña. Todo esto sin faltar diferentes tipos de pastizales, los bosques caducifolios, ni tampoco los exuberantes bosques de coníferas (Caballero y Bermejo, 1994).

El género *Pinus* es el más grande de las coníferas representando en el mundo aproximadamente por 110 especies distribuidas a lo largo de todo el hemisferio norte, de las cuales alrededor del 45.5% se localizan en México (Farjon, 1996). Haciendo de nuestro país el de mayor diversidad de especies en el mundo (Challenger y Soberon, 2008).

Este género puede encontrarse actualmente en casi todo el mundo entre los rangos latitudinales que varían desde los 72º 00' 00" N, y dentro del círculo polar ártico, hasta los 02º 00' 06" S, en Eurasia o bien al sur del ecuador, longitudinalmente se extiende en Eurasia desde el meridiano 141º 00' 00" E hasta 18º 05' 00" W, del meridiano de Greenwich (Romahn, 1992). Los pinos de México y América Central se extienden entre las latitudes 12º y 32º N. El trópico de cáncer atraviesa a México aproximadamente por la parte central del país, por lo tanto muchas áreas de pinares podrían ser consideradas como tropicales, sin embargo esto es únicamente válido desde el punto de vista geográfico, pero no desde el punto de vista climático (Perry, 1991).

4.2.1. Descripción

Los pinos son árboles siempre verdes con hojas aciculares, en número de uno a ocho, protegidas en la base por una vaina caediza o persistente y con frutos en forma de cono leñoso formado escamas que abrigan las semillas. Estas, por son una especie de nuez, generalmente morena o negruzca, oval o vagamente triangular, que en la mayoría de las especies mexicanas lleva un ala más o menos desarrollada. Comúnmente se encuentran dos semillas en cada escama, pero en ocasiones, cuando se trata de semillas grandes (piñones) una de estas se atrofia. Su tamaño varía desde los 4 a 5 mm y en ocasiones 15 mm (Romahn, 1992).

4.2.2. Generalidades

Los pinos forman parte de una de las familias más importantes del reino vegetal, las pináceas; constituyen el pilar más fuerte de la actividad forestal del país, más del 60% de sus especies maderables comerciales, conforman poco más del 80% de la producción (Romahn, 1992).

En México y América central se localizan alrededor de 46 especies de pinos con diversas variedades y formas (Perry *et al*., 1998).

4.2.3. Distribución

En México los pinos se encuentran distribuidos a lo largo de las cadenas montañosas, especialmente en la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Oriental, Eje Neo-volcánico Transversal y en las montañas de Chiapas. Se encuentra entre los límites latitudinales muy amplios, desde los 30 msnm en el estado de Quintana Roo, hasta los 4 mil msnm en los picos y cerros más altos del Eje Neo-volcánico, Sierra Madre Oriental y montañas de Chiapas. Se pueden encontrar en toda la república Mexicana, excepto Campeche, Tabasco y Yucatán (Romahn, 1992).

4.3. Descripción de las especies que se utilizaran en esta investigación

En esta investigación se utilizaron tres especies de pino los cuales serán *Pinus montezumae* Lamb., *P. patula y P. pseudostrobus* Lindl estas especies son conocidos con diferentes nombres en distintas regiones de México como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1.Nombres comunes de las tres especies de pino.

Especie de pino	Nombres comunes
P. montezumae Lamb	Pino montezuma, pino real, ocote macho, chamaite blanco (Niembro, 1986; Martínez, 1994).
P. patula Schl. et Chamb.	Ocote, ocote colorado, ocote liso, ocote macho, ocote rojo, pino colorado, pino chino, pino de México, pino triste y pino xalacote (Monroy, 1995).
P. pseudostrobus Lindl	A *Pinus pseudostrobus* Lindl., se le conoce como pacingo y mocochtaj (lengua tojolobal), pino ortiguillo, pino blanco, pino triste, ocote, pino canís y pino real (Martínez, 1994).

4.3.1 Clasificación taxonómica de las especies de pino

Ante la gran cantidad de especies existentes en el planeta, se hace imprescindible identificarlas con nombres y clasificarlas en grupos que incluyan organismos semejantes entre sí. Por lo cual en el cuadro 2 se desglosa la clasificación taxonómica de los árboles.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de los pinos.

Categoría taxonómica	Nombre0
Reino	Plantae
División	Pinophyta
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceas
Género	*Pinus*
Subgénero	*Pinus*
Especie	*P. montezumae* Lamb.
	P. patula Schl. et Chamb.
	P. pseudostrobus Lind

4.3.2. Ecología y distribución de especies maderables.

El género *Pinus* es el más grande de las coníferas representando en el mundo aproximadamente por 110 especies distribuidas a lo largo de todo el hemisferio norte, de las cuales alrededor del 45.5% se localizan en México (Farjon, 1996). Haciendo de nuestro país el de mayor diversidad de especies en el mundo (Challenger y Soberon, 2008). En el cuadro 3 se presenta la distribución y ecología de las tres especies que se utilizaron.

Cuadro 3. Ecología y distribución de las especies de pino en México.

Especies	Ecología	Distribución
P. montezumae Lamb. *P. patula* Schl. et Chamb. *P. pseudostrobus* Lind	Se encuentran asociado en los bosques de *Quercus* y bosque de coníferas (Rzedowski, 1978). Perry en (1991) reporta que *P. patula* se asocia naturalmente con otras especies como *P. greggii, P. maximinoi, P. pseudostrobus, P. teocote y P. leiophylla, P. montezumae, P. ayacahuite* var. *veitchii, P. maximinoi, P. douglasiana, P. leiophylla, P. lawsonii, P. pringlei, P. michoacana* var. *cornuta;* además, se asocian con *Abies religiosa, Arbutus* sp. *Budleia* sp., *Alnus sp.* y*Cupressus lindleyi.* Así como con *Quercus rugosa, Q. laurina* y *Q. candicans* (Eguiluz, 1978; Madrigal, 1982).	En México se presenta una amplia distribución de pinos, *P. montezumae* Lamb. se extiende sobre la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur y Sierra Madre de Chiapas. Se ha reportado en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, México, Michoacán, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Colima, Morelos (Rzedowski, 1978). La especie de *P. patula* ha sido reportada para los estados antes mencionados al igual que en Querétaro, Oaxaca, Distrito Federal (Perry 1991). *P. psuodostrobus* Lind. se localiza en la Eje Neo-volcánico y parte de la Sierra Madre Occidental. Se ha registrado en las siguientes entidades federativas: Jalisco, Estado de México, Morelos, Chihuahua, Guanajuato, San Luis Potosí, así como en los estados antes mencionados (Eguiluz, 1978; Perry, 1991; CATIE, 1997; SEMARNAT, 2006).

4.3.3. Clima

Los climas en los que se desarrollan las tres especies de pino utilizadas en esta investigación son muy similares, a pesar de la amplia distribución de las especies se encuentran bajo los siguientes regímenes de precipitación media anual y los rangos de temperatura como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4: Rangos climáticos de las tres especies de pino.

Especies	Descripción de climas
Pinus montezumea Lamb.	Se desarrolla en temperaturas, mínima de 8 ºC, Media 14 ºC y una máxima de 24ºC. El intervalo de precipitación va desde los 500 hasta los 1,000 mm anuales o más (FAO, 1996; Arriaga, 1994). Esta especie también se pueden desarrollar en sitios secos o áridos, aunque bajo estas condiciones el crecimiento es lento y los árboles son de baja estatura y muy ramificados.
P. patula Schl. et Chamb.	La precipitación anual en la que esta especie se desarrolla varía entre 500 y 2000 mm por año (Loock, 1977; Eguiluz *et al., 1985*). Las temperaturas anuales promedio varían entre 12 y 18 °C.
P. pseudostrobus Lindl.	López–Upton (2002) menciona que *P. pseudostrobus* está adaptada a climas templado-fríos y cálidos. A una temperatura media anual que oscila entre los 12 y 19 ºC, con una precipitación anual de 500 a 2,000 mm anuales, la estación seca puede ser de cero a tres meses (Eguiluz, 1978; García, 1996a).

4.3.4. Topografía

Los rangos altitudinales en los cuales se desarrollan las especies de *Pinus patula, P. pseudostrobus* son casi iguales aunque difieren un poco con *P. montezumae* como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5: Rangos altitudinales de las especies de pino.

Especies	Descripción topográfica
P. patula Schl. et Chamb.	Los límites altitudinales del *P. patula* pueden marcarse entre 1,500 y 3,000 m, pero en forma natural, los bosques en que domina la especie se encuentran entre 1,800 y 3,000 msnm. (Eguiluz, 1978; Vela, 1981; Eguiluz, 1982).
P. pseudostrobus Lindl.	Se encuentra desde 2,400 a 2,800 msnm; sin embargo, en México se ha encontrado en laderas de montaña con elevaciones de 1,600 a 3,200 msnm (Eguiluz, 1978; Perry, 1991).
P. montezumae Lamb.	Se encuentran en alturas de 2,200 a 3,300 msnm

4.3.5. Descripción física del suelo

Los suelos en los cuales tiene un buen desarrollo las especies de pino previamente mencionadas son los que se mencionan en el cuadro 6.

Cuadro 6: Suelos en los que se desarrollan las tres especies de pino.

Especies	Descripción de suelos
Pinus montezumae Lamb.	Suele presentarse en suelos andosol, de moderadamente profundos a profundos. Textura: migajón-arenosa, arenosa, areno-limosa, no pedregosos, bien drenados. Con un pH de 5 – 7; ricos en materia orgánica y fertilidad de media a alta (Arriaga, 1994: Sáenz *et al.,* 2011).
P. patula Schl. et Chamb.	Habita en gran variedad de suelos, desde rojos arcillosos hasta suelos profundos de origen volcánico, ligeramente ácidos (pH de 4,5 a 5,5). (Vela, 1980; Vela, 1981; Nepomuceno, 1994)
P. pseudostrobus Lindl.	Los suelos para esta especie son profundos de 1 a 3 m, ácidos, pardos o café amarillento, de buen drenaje, con textura arena migajosa a migajón arenoso, características que corresponden al tipo andosol. Aunque también se le puede localizar en otros tipos de suelos como regosol, cambisol, acrisol, luvisol y se desarrolla de manera aceptable en suelos con pH neutro a ligeramente ácidos (4.5 a 7.0) (Eguiluz, 1978 y CATIE, 1997).

4.3.6. Descripción botánica de las especies

4.3.6.1. *Pinus montezumae* Lamb.

La especie de *Pinus montezumae* es un árbol de 25 a 30 m de altura y diámetro normal de 50 a 90 cm, fuste recto, cilíndrico, libre de ramas hasta en 65% de su altura; copa densa, irregularmente redondeada a piramidal, con las ramas horizontalmente extendidas. La corteza es de color morena rojiza, gruesa, áspera y agrietada.

Las hojas de este pino son aciculadas de color verde oscuro en fascículos de cinco o raramente de seis o siete, de 14 a 21 cm de largo, extendida, triangulares, flexibles con los bordes aserrados y estomas en las tres caras; florece de febrero a abril, la maduración de los conos generalmente ocurre 26 meses después de la polinización, de abril a junio, la apertura de los conos se ve favorecida por la ocurrencia de las altas temperaturas en esa temporada (Ver figura 2) (Anónimo, 1999).

Madera es de color blanco amarillenta. El duramen es café claro, es duro y denso, utilizado frecuentemente para la construcción, desprende una resina aromática que arde con facilidad cuando entra en contacto con el fuego.

Figura 2. A) Árbol y ramas B) Hojas C) Corteza D) Conos de *P. montezumae*. Fuente: INIFAP, 2011.

4.3.6.2. *Pinus patula* Schl. et Chamb.

Árbol de 30 a 35 m de altura y diámetros de 50 a 90 cm. El fuste es recto, cilíndrico y limpio de ramas en los primeros 20 m, las ramas son horizontales un tanto caídas, formando una copa abierta y un tanto redondeada. Las ramas son delgadas, con una corteza delgada y de un color rojo amarillento con un ligero tinte blanquecino en las partes más tiernas (Perry, 1991).

La corteza árboles jóvenes es delgada, escamosa y rojiza; en cambio en arboles maduros es gruesa, oscura y con grietas profundas hasta una altura de 3 a 4 m. a partir de donde comienza a tomar las características de los árboles jóvenes (Perry, 1991).

Las hojas se presentan en grupos de 3, ocasionalmente 4 y raramente 5 en algunos fascículos; delgadas, de 15 a 25 cm de longitud, colgantes de color verde brillante, con los bordes finamente serrados; estomas presentes en las caras dorsal y ventral de las hojas (figura 3) (Eguiluz, 1978; Perry, 1991).

Flórese de enero a abril, flores en amentos que forman conos largamente cónicos, de 7 a 9 cm, a veces hasta 12 cm, duros, sésiles, reflejados, algo encorvados, oblicuos y puntiagudos, generalmente agrupados en conjuntos de 3 a 6 conos. La maduración de los frutos ocurre 24 meses después de la polinización (Aguilera, 2001). Las semillas son de color café oscuro a casi negro, muy pequeñas, de 5mm de longitud con un ala de color café claro de 17 mm de longitud, comúnmente con 5 cotiledones (Perry, 1991).

El sistema radicular de *Pinus patula*, consta de una raíz central, que penetra verticalmente en el suelo y un grupo de raíces secundarias, cuyo punto de origen está en el cuello de la raíz principal, de un grosor casi similar al eje central (Vela, 1976).

La madera es suave, de color claro, ligeramente amarillo, con vetas moreno pálidas (Martínez, 1992). La madera de *P. patula*, no presenta diferencia de color entre la albura y el duramen; la madera temprana es de color castaño claro amarillento, la tardía muy pálida; sin sabor ni olor característico; brillo muy bajo, veteado pronunciado, dado por los anillos de crecimiento (Pérez y Olvera, 1981).

Figura 3. A) Árbol y ramas B) Hojas C) Corteza D) Conos de *P. patula*. Fuente: INIFAP, 2011.

4.3.6.3. Pinus pseudostrobus Lindl.

Árbol con alturas de 30 a 40 m, ocasionalmente hasta 45 m, y en diámetro normal de 40 a 80 cm; fuste recto, libre de ramas de 30 a 50% de su altura total. Su corteza fisurada en fajas longitudinales, con escamas caedizas, de color anaranjado-rojizo. Ramas verticiladas. Acículas de 25-35 cm de largo x 1 mm de ancho, 5 por hacecillo, márgenes aserrados, ápice agudo punzante, flexibles, péndulas, de color verde-grisáceo. Conos femeninos de 7-16 cm de largo x 6-13 cm de ancho, actinomorfos, solitarios o en pares, subterminales, pedunculados. Semillas de 5-7 mm de largo x 3-4,5 mm de ancho, ovoides, aladas. Florea de febrero a marzo, la maduración de los conos es de noviembre a diciembre en México y América central (figura 4) (Perry, 1991).

La madera de color amarillento, sin diferencia entre albura y duramen; de olor resinoso, suave y de textura fina a mediana, peso ligero y la zona de transición entre madera de primavera y verano es abrupta. Brillo bajo a mediano; veteado mediano a pronunciado, dado por los anillos de crecimiento y por los canales resiníferos; su hilo es recto. (Niembro, 1986).

Figura 4. A) Árbol y ramas B) corteza C) hojas D) semillas E) conos de *P. pseudostrobus*. Fuente: INIFAP, 2011).

4.3.7. Usos de las especies forestales

Estas especies forestales son empleadas en diferentes actividades desde la utilización de la resina para la fabricación de otros subproductos y la utilización de la madera para diversas actividades como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7: Usos de la madera de pino.

Especie	Usos
Pinus montezumae Lamb *P. patula* Schl. et Chamb *P. pseudostrobus* Lindl	Las tres especies son buenas productoras de resina, son ampliamente explotadas en los estados del centro y sur del país. La resina (trementina) se emplea en la fabricación de aguarrás y brea (Niembro, 1986). La madera es de buena calidad se usa en aserrío, triplay, chapa, para cajas de empaque, molduras, en la construcción, en la fabricación de ventanas y muebles finos, artesanías, ebanistería y pulpa para papel.

Las especies previamente mencionadas se utilizan en repoblaciones forestales, han sido ampliamente utilizadas para resolver problemas económicos, sociales y ambientales; ya que pueden utilizarse con fines comerciales, urbanos, agroforestales o de restauración (Rodríguez, 2008).

Desafortunadamente muchas de las repoblaciones forestales fracasan debido a su mal manejo, condiciones ambientales desfavorables, empleo de especies inadecuadas y el uso de plantas de mala calidad (UAM, 2003). De acuerdo con Rojas (2002), la calidad de planta es quizás un factor determinante en el éxito de la repoblación y que muy pocas veces son tomadas en cuenta. La calidad de planta permite predecir la supervivencia y el potencial para desarrollarse durante los primeros meses de crecimiento (Toral, 1997).

4.4. Calidad de planta

La planta de calidad es aquella que posee las características morfológicas y fisiológicas necesarias para su establecimiento, crecimiento y desarrollo en campo (Prieto y Alarcón, 1998; Rodríguez, 2008), a este concepto Johnson y Cline (1991) le suman el aspecto económico, y definen una planta de calidad, aquella producida al menor costo posible en función de su objetivo, siendo capaz de sobrevivir y crecer adecuadamente después de ser plantada. Esta capacidad se atribuye parcialmente a las características genéticas de la semilla y a las técnicas empleadas por los viveristas durante el ciclo de producción (Prieto *et al.,* 1999a).

Sin embargo, el concepto de calidad de planta es relativo, debido a que las exigencias de estas pueden variar de acuerdo a diferentes factores como el clima, suelo, especie, objetivo y época de plantación, estos factores definen el nivel de exigencia de uno o más atributos morfológicos de la planta para un sitio determinado (Peñuelas y Ocaña, 2000). Para garantizar el establecimiento y crecimiento de las plantas en una plantación, se deben cumplir con las siguientes características: a) altura de 15 a 25 cm, b) diámetro de cuello de raíz de 4 a 6 mm, c) tallo sin ramificaciones, lignificado y sin daños, d) follaje abundante y uniformemente distribuido, e) sistema radical con al menos siete raíces secundarias, f) raíces con abundantes puntos de crecimiento, g) cepellón entero al extraerlo del envase y h) libre de plagas y enfermedades (Prieto *et al*., 2004).

4.5. Índices fisiológicos

Calidad fisiológica o calidad funcional o evaluación del comportamiento (Birchler *et al*., 1998) se refiere a la caracterización del estado funcional del lote de plantas que se analiza. Los parámetros o atributos que más habitualmente se emplean para definir la calidad fisiológica son: estado hídrico o grado de desecación, medido más frecuentemente por el potencial hídrico y por el potencial osmótico; estado nutricional, expresado a través del análisis de nutrientes en hojas, tallos y raíces; contenido en carbohidratos en forma de almidón y de azúcares, expresión de la cantidad de sustancias de reserva de la planta que permitirán el crecimiento del sistema radical en el lugar de asiento; potencial de regeneración de raíces, que comprueba el número, longitud y peso de las raíces emitidas por un cepellón, tras haberlo trasplantado a un envase de mayor tamaño, al cabo de un tiempo determinado. La calidad fisiológica tiene gran importancia en la supervivencia y es algo que puede decaer en un plazo muy breve si no se cumplen correctamente las directrices de manejo de la planta.

4.6. Índices morfológicos

La morfología es definida por Thompson (1985): como la forma o estructura de un organismo o cualquiera de sus partes, cuya evaluación podrían incluir un número cuantioso de mediciones potenciales desde la altura y biomasa hasta el número de estomas o dientes en el borde de las hojas. No obstante, solo, algunos criterios morfológicos como la altura, diámetro de cuello de la raíz, arquitectura del tallo y/o la raíz y la relación raíz parte aérea podrían ser suficientes para definir la calidad de planta y predecir su tolerancia al estrés así como su crecimiento y supervivencia.

Calidad morfológica o calidad exterior: se refiere a la descripción de la forma, tamaño, peso, etc., de la planta. Los parámetros o índices que habitualmente se emplean para describir la calidad morfológica son: altura de la parte aérea, medida entre la inserción de los cotiledones y la yema apical, que debe estar comprendida en un intervalo que define la calidad suficiente; diámetro del tallo en el cuello de la raíz, que debe alcanzar un valor mínimo, y que se relaciona o es expresión de otros parámetros morfológicos y fisiológicos de interés, como es el desarrollo del sistema radical; arquitectura de la parte aérea, a través de la ramificación, superficie foliar, peso seco de la parte aérea; arquitectura de la raíz, a través de su ramificación, longitud total, peso seco; esbeltez, o cociente de la longitud de la parte aérea

partido por el diámetro en el cuello de la raíz; cociente de peso seco de la parte aérea partido por peso seco del sistema radical; índice de Dickson.

La calidad morfológica tiene una mayor trascendencia en la supervivencia de la repoblación, que en el posterior desarrollo a largo plazo (Serrada, 2000).

4.6.1. Altura de la planta

Por si sola carece de valor, pero al relacionarse con el diámetro y arquitectura del tallo adquiere importancia. Es un indicador de la superficie fotosintética y del área de transpiración (Prieto et al., 1999). En algunas especies se correlaciona con la supervivencia y el crecimiento durante los primeros años de establecida la planta (Rodríguez, 2008).

Cuando el sitio de plantación presenta condiciones de competencia por herbáceas y otros arbustos, es conveniente utilizar planta de 15 a 20 cm de altura para minimizar este efecto y lograr su desarrollo (Prieto et al., 1999).

4.6.2. Diámetro de cuello de la raíz

Define la robustez del tallo y se asocia con el vigor de las plantas ya que un mayor diámetro está relacionado con un adecuado transporte de agua y nutrientes, así mismo refleja el tamaño del sistema radical, da una aproximación de la resistencia mecánica y la capacidad relativa para tolerar temperaturas extremas en la superficie del suelo (Prieto et al., 1999; Rodríguez, 2008).

Plantas con diámetros grandes presentan mayor resistencia a daños mecánicos causados por el viento o insectos; por lo tanto la supervivencia y el crecimiento están relacionados con plantas de mayor tamaño y diámetros grandes. Córdova (2006), señalan que plantas con mayor diámetro tienen mayor posibilidad de supervivencia en condiciones adversas, por que presentan una corteza con mayor aislamiento en contra de temperaturas extremas, ya que les prevén de mayor cantidad de sustancias de reserva, por lo tanto están sujetas a menos estrés.

4.6.3. Sistema radical

Una planta de calidad debe poseer un sistema de raíces con una raíz principal bien formada, recta y sin enroscamiento, con alto porcentaje de fibrosidad y abundantes puntos de crecimiento (Sigala, 2009).

A mayor sistema radical y numero de raíces finas la planta tendrá mayores posibilidades de supervivencia en campo debido a que exploran mayor área de suelo, luego entonces tienen mayor capacidad de absorber agua y nutrientes. No obstante, si existe en balance con la parte área, se pueden presentar problemas de tensión hídrica entre la absorción de agua de la raíz y la transpiración en el follaje (Prieto et al., 1999).

4.6.5. Índices de calidad de planta

Un índice de calidad es la combinación de parámetros morfológicos o fisiológicos que describe atributos abstractos de la planta como son el balance y la esbeltez, que representan un valor más cercano a predecir en rendimiento de la planta en campo, comparado con lo que pudiera determinar cualquier parámetro individual (Thompson, 1985).

4.6.6. Índice de esbeltez

Define la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro (mm). Valores bajos están asociados a mejor calidad de planta, ya que estas es más robusta, en cambio valores altos indican que la planta es más esbelta y que existe desproporción entre la altura y el diámetro de la planta: generalmente se recomienda que este sea menor a seis (Prieto *et al.*, 1999).

$$\text{Índice de esbeltez} = \text{Altura (cm)} / \text{Diámetro (mm)}$$

4.6.7. Relación biomasa aérea / biomasa subterránea

La comparación de las tasas de crecimiento de la parte aérea y la raíz, es una medida dinámica de distribución de carbono en la planta (Johnson y Cline, 1991): por lo tanto esta relación representa el balance entre el área de traspiración y el área de absorción de agua. La mejor calidad de planta se obtiene cuando la parte aérea es relativamente menor a la parte radical, por lo que puede garantizar una mayor supervivencia, ya que se evita que la transpiración exceda a la capacidad de absorción (Reyes et al., 2005).

Para determinar el cociente, se utilizan los pesos secos de ambas partes, en esta sentido una planta de calidad debe tener un coeficiente de relación los más bajo posible, de tal forma que asegure su supervivencia en campo (Thompson, 1985).

4.6.8. Índice de Dickson

Agrupa los atributos morfológicos más representativos de la calidad de planta, cuyo resultado será directamente proporcional a su calidad.

Los valores altos representan plantas mejor balanceados en sus dimensiones de la parte aérea y radical.

Para poder cumplir con los requerimientos del sistema agroforestal Taungya es necesario implementar un cultivo agrícola entre la plantación forestal, por lo cual en esta investigación se optó por implementar arvejón (*Pisum sativum* L.), para observar cuales son los efectos que se presentan en la asociación, en cuanto a las propiedades nutricionales del suelo, rendimiento de la producción del cultivo en chícharo, debido a que esta especie es utilizada en la comunidad como alimentación humana debido a su alto contenido proteínico que contiene.

4.7. *Pisum sativum* L.

4.7.1 Nombres comunes

Este cultivo se conoce con varios nombres por el amplio rango de producción que se tiene en el mundo, estos son algunos de ellos. Arveja, guisante, chícharo, pésol, arveja de campo, alverja de huerta, tito, bisalto, poas, arvejos, galbana, pitipúa, tacón (Puga, 1992).

4.7.2. Taxonómica

Cuadro 8: Clasificación taxonómica.

Categoría taxonómica	**Nombre**
Reino	Plantae
Clase	Angiosperma
Subclase	Dicotiledónea
Orden	Rosales
Familia	Leguminosas
Subfamilia	Papilonoides
Tribu	Viciae
Género	*Pisum*
Especie	*Pisum sativum* L.

Fuente: Prado, 2008.

4.7.3. Morfología

La Enciclopedia Agropecuaria Terranova (2001), indica que la arveja posee una raíz principal pivotante, con numerosas raicillas secundarias y terciarias que se ramifican, presentan sobre crecimientos denominados nódulos que contienen bacterias nitrificantes, cuyo papel es fijar el nitrógeno atmosférico para servir de nutrientes a la planta.

Terranova (2001), menciona que, el tallo de la arveja depende según la variedad, puede ser corto, mediano o largo, pero en todos los casos es hueco, ligeramente estriado, provisto de nudos y de color verde claro.

En la misma publicación dice que, las hojas son compuestas e imparipinnadas con folíolos elípticos de bordes ondulados. En los tres primeros entrenudos se presentan hojas rudimentarias a manera de escamas, y en los siguientes llevan hojas con un solo par de folíolos. Las estípulas, de tamaño mayor que los foliolos, se insertan en la base del pecíolo de cada hoja. En las hojas superiores los foliolos se transforman en zarcillos persistentes, que utiliza la planta para sostenerse (ver figura 5).

Las flores son pentámeras blancas o moradas con nacimiento individual o en racimos de una o dos flores en las axilas de las hojas. El cáliz gamosépalo presenta cinco sépalos de color verde pálido, los cuales son muy persistentes. La corola está formada por cinco pétalos irregulares llamados alas, estandarte y quilla, presenta coloración blanca o violeta, son de tipo dialipétala papilionada (ver figura 5).

Las vainas tienen de 5 a 10 cm de largo y suelen tener de 4 a 10 semillas; son de forma y color variable, según variedades; a excepción del "tirabeque", las "valvas" de la vaina tienen un pergamino que las hace incomestibles (ver figura 5).

Las semillas de arveja tienen una ligera latencia; el peso medio es de 0,20 gramos por unidad; el poder germinativo es de 3 años como máximo, siendo aconsejable emplear para la siembra semillas que tengan menos de 2 años desde su recolección; en las variedades de grano arrugado la facultad germinativa es aún menor. Desde que nacen las plantas hasta que se inicia la floración, cuando las temperaturas son óptimas, suelen transcurrir entre 90 y 140 días, según variedades.

Figura 5. A) Hojas B) Flor C) Vainas D) Semillas del chícharo.

4.7.4. Composición química del chícharo

El chícharo está constituido químicamente por agua, proteína, carbohidratos, grasas, fibras y cenizas en diferentes cantidades de acuerdo a las diferentes etapas en las cuales sean utilizadaspara consumo como se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9: Descripción química del chícharo.

	ESTADO	
Componente	Verde %	Seco %
Agua	70 – 75	10-12
Proteína	5.0 - 7.0	20 – 23
Carbohidratos	14 – 18	61 – 63
Grasa	0.2 -0.4	1.5 -2.0
Fibra	2.0 -3.0	5.0 – 7.0
Cenizas	0.5 -1.0	2.5 – 3.0

Fuente: Prado, 2008.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización

El trabajo experimental se realizó en el municipio de Tetela de Ocampo, está situado dentro de la Sierra Norte de Puebla, las coordenadas geográficas son los paralelos 19º 49' 00.8'' N y 097º 48' 23.2'' W a 1744 msnm. Sus límites son: al norte con Cuautempan y Tepetzintla; al sur con Ixtacamaxtitlan; al este con Xochiapulco y Zautla y al oeste con Aquixtla y Zacatlán e Ixtacamaxtitlan. Tiene una superficie de 304.89 kilómetros cuadrados, lo que lo ubica en el lugar 27 con respecto a los demás municipios del estado (INEGI, 2006).

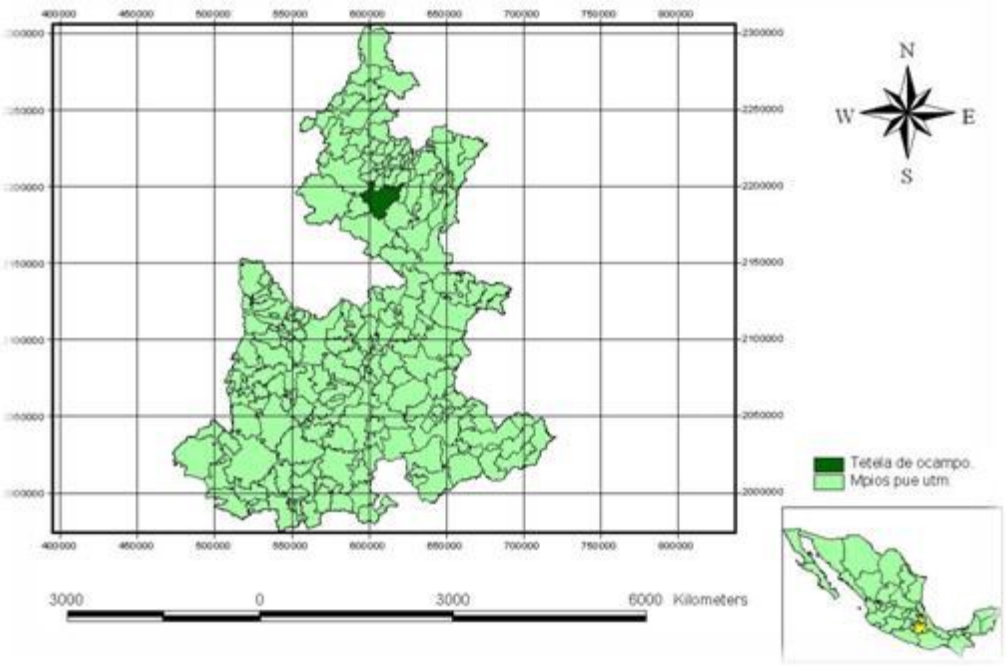


Figura 6. Localización del municipio de Tetela de Ocampo, Puebla.

5.1.2. Elección del sitio de experimentación

El experimento se llevó a cabo bajo las condiciones de temporal, en la comunidad de Eloxoxtla, Tetela de Ocampo. Su ubicación geográfica está dada por las siguientes coordenadas: 19° 50' 05.74" de Latitud Norte y 97° 41' 05.74" de Longitud Oeste a una altitud de 2122 msnm. El sitio experimental tiene una pendiente del 1%.

Figura 7. Ubicación del sitio experimental.

5.1.3. Clima

El municipio se ubica dentro de las zona de climas templados de la Sierra Norte de Puebla; conforme se avanza de sur a norte se incrementa la humedad, identificándose climas que varían desde el templado subhúmedo hasta el semicálido, pasando por el templado húmedo (Ruiz *et al*., 2004).

Dentro de las principales características del clima templado subhúmedo con lluvias en verano, se tiene que la temperatura media anual varía entre los 12º y 18º C; la precipitación del mes más seco es menor de 40 milímetros y la precipitación invernal con respecto a la anual es menor de 5 mm; este tipo de clima cubre una amplia franja centro sur del municipio (INEGI, 2006).

El clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano presenta una temperatura media anual que varía entre 12º y 18º C; el porcentaje de lluvia invernal es mayor de cinco y el porcentaje de precipitación invernal es menor de cinco; este tipo de clima abarca gran parte de la zona centro-norte (INEGI, 2006).

5.1.4. Topografía

El municipio pertenece a la región conocida como Sierra Norte de Puebla, y se ubica en la porción septentrional del estado. Está constituida por sierras más o menos individuales comprimidas unas contra otras y que suelen ser grandes o pequeñas altiplanicies intramontanas que aparecen frecuentemente escalonadas hacia la costa. En esta zona se encuentran materiales sedimentarios calcáreos y no calcáreos que han sido sepultados parcialmente por rocas volcánicas (INEGI, 2006).

5.1.5. Hidrología

La región hidrológica a la que el municipio pertenece a la cuenca del rio Tecolutla, la cual abarca la mayor parte de la Sierra Norte de Puebla; se extiende desde el límite sur de la región hidrológica, hasta la altura de las localidades de Zihuateutla, Xicotepec de Juárez y Huauchinango y ocupa una superficie en el estado del 17.46% de la superficie estatal, aproximadamente. Las corrientes derivadas de esta zona confluyen para formar el caudaloso rio Tecolutla en Veracruz (INEGI, 2006).

5.1.6. Suelo

En el municipio se identifican suelos pertenecientes a los siguientes grupos:

Andosol: Cubre el noroeste del municipio; presenta fase lítica (roca a menos de 50 centímetros de espesor).

Feozem: Ocupa una angosta franja al sureste del municipio; presentan fase lítica profunda.

Luvisol: Ocupa aproximadamente el 75% del municipio (Ruiz *et al*., 2004).

5.2. Materiales

Para llevar a cabo el establecimiento de las especies en campo y las pruebas en laboratorio se utilizaron los siguientes materiales.

- Desbrozadora Stihl® FS-38
- Machete
- Navaja
- Cuerda de 50 metros
- Flexometro

- Hilos
- Pala recta
- Cava hoyos
- Vernier Stainless Hardened
- GPS.
- Bolsas de plástico
- Plumones

Los materiales que se utilizaron para el análisis de laboratorio son los siguientes:

- Bascula digital
- Vernier digital Stainless Hardened
- Horno de secado Riosa® modelo H-41
- Bolsas de papel
- Cubeta
- Plumones
- Regla
- Flexometro
- Navaja

5.3. Metodología

5.3.1. Establecimiento del experimento

El experimento se realizó en la comunidad de Eloxoxtla Tetela de Ocampo, se utilizó un diseño en bloques completamente al azar en un predio que tiene un área de 720 m², la pendiente que se presenta en el sitio es de 1%, el tipo de suelo que se presenta es francoarcilloso.

5.3.2. Preparación del terreno

Esta etapa consiste en la eliminación de materia vegetal que se encuentra en el predio en el cual se hizo la plantación de las especies forestales y la siembra del cultivo agrícola. Este proceso se realizó con una desbrozadora de 3hp marca Sthill®, posteriormente se realizó barbecho tradicional que consta de una yunta de tracción animal, esta abrió el terreno a una profundidad de 25 a 30 cm aproximadamente lo cual permite que la tierra se encuentre suelta

para que de esta forma se pueda realizar la plantación y posteriormente la siembra del chícharo.

5.3.3. Apertura de cepas

La apertura de le cepa se hizo a cepa común: la cepa común consiste en hacer una apertura de suelo de 40 cm de largo por 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad, depositando a un lado de la cepa la tierra de los primeros 20 cm (es la tierra más fértil) y, en el otro lado, la tierra de los 20 cm más profundos (CONAFOR, 2010).

5.3.4. Obtención de la planta

La planta utilizada se obtuvo en el vivero de Xaltatempa, Tetela de Ocampo, perteneciente a la organización Zempoal Tikitini (20 hombres trabajando). Se obtuvieron 100 plantas de cada especie de un año de edad, las cuales fueron seleccionadas completamente al azar para su establecimiento.

5.3.5. Obtención de muestras de suelo

Previo al establecimiento del cultivo y la plantación de los brinzales, se tomaron muestras de suelo de 0 a 30 cm de profundidad para cada parcela cuya área será de 20 m², se colectaran cinco sub muestras con pesos aproximados de 300 g cada una y se obtuvo una muestra compuesta de1.5 kilos. La muestra compuesta se llevó al Laboratorio de Química de Suelos DICA-ICUP para evaluar el estado inicial del suelo. Los parámetros que se midieron son: Textura, capacidad de intercambio catiónico (CIC), Materia Orgánica (MO), N, P, K, Na, Mg, Ca, conductividad eléctrica y densidad aparente. Cuando el cultivo de chícharo llego a los 120 días de establecido se realizaran toma de muestras de suelo en cada parcela y nuevamente fueron enviadas a al laboratorio para su análisis. Los análisis de suelo se realizaran conforme a los lineamientos establecidos en la NOM-024-SEMARNAT-2002.

5.3.6. Plantación y siembra de las especies

La colocación de la planta en la cepa es una tarea delicada, ya que hay que ponerla verticalmente y rellenar el hoyo de modo que el cuello de la raíz quede ligeramente enterrada (nunca más de 2 o 3 cm arriba del cuello de la raíz). Después que se han llenado con tierra los espacios alrededor de la planta, se procede a apisonar a fin de evitar que queden espacios vacíos o bolsas de aire y asegurar además que la tierra este en contacto con la totalidad de la raíz (Cervantes *et al.,* 1996).

El establecimiento de las especies forestales se llevó a cabo el 15 de noviembre del 2012 a marco real a un distanciamiento de 2x2 m.

La siembra del cultivo se realizó el 15 de diciembre del 2012 (un mes después del establecimiento de los brinzales), la siembra se realizó al boleo y posteriormente se cubrió la semilla con el paso de la yunta de tracción animal.

5.3.7. Evaluación de crecimiento de los árboles de pino

Se registraron los datos de los 180 árboles durante un periodo de 180 días, las mediciones se realizaron periódicamente (cada mes) tomando en cuenta las siguientes variables.

-Altura total de la planta (AT) en cm

- Diámetro al cuello de la raíz (DCR) en mm

La altura total de la planta se obtuvo con el empleo de un flexómetro. Para el caso del diámetro del tallo se utilizó un vernier digital Stainless Hardened de 150 mm con un margen de error del 0.01cm para obtener los datos de esta variable. Esto con el fin de conocer la tendencia que se presenta en la plantación con los tratamientos establecidos en este estudio.

5.3.8. Supervivencia de la plantación

Para saber cuál es la supervivencia de las diferentes especies forestales establecidas con la asociación del cultivo y sin ella se tomó en cuenta el total de las plantas establecidas en los diferentes tratamientos, la supervivencia se tomó a los 6 meses del establecimiento.

La supervivencia en campo indica el número de plantas vivas con relación al número total de plantas encontradas en las plantaciones. Es decir, este indicador considera sólo las plantas vivas y muertas de las que se encontró evidencia en campo.

La supervivencia en campo = Número de plantas establecidas en el predio / número de plantas registradas en el padrón (SEMARNAT, 2009).

5.4. Plantas analizadas en el laboratorio

Se tomó un lote de 30 plantas completamente al azar, 10 brinzales de cada especie para hacer el análisis de laboratorio y de esta forma evaluar la calidad de planta que se produce en

el vivero. Al pasar los 180 días (seis meses) del establecimiento de la plantación, se seleccionó un lote de 30 plantas, en esta ocasión se tomaron cinco plantas de cada tratamiento.

5.4.1. Índices morfológicos

Los índices morfológicos son la forma o estructura de un organismo o cualquiera de sus partes cuya evaluación podría incluir un número cuantioso de mediciones potenciales desde la altura y biomasa hasta el número de estomas o dientes en el borde de las hojas.

5.4.2 Peso anhidro total

Se retiró completamente el sustrato de la raíz y se lavó con agua; en el laboratorio se dividió la parte aérea de la subterránea a la altura del cuello de la raíz haciendo uso de una navaja. Se empacaron en bolsas de papel cada una de las partes de la planta previamente identificadas con (especie, numero de planta parte de la planta y tratamiento) y se introdujeron al horno de secado Riosa® modelo H-41 por un periodo de 72 horas a 70 °C para alcanzar un peso constante de la muestra; transcurrido este tiempo se pesaron en una balanza electrónica Oaus®, con capacidad de 200 con un margen de error de 0.1g. Con estos datos se obtendrán los indicadores señalados. En este caso se compararan las distintas especies en relación al peso total de la biomasa seca de los brinzales.

5.4.3. Peso anhidro de la parte aérea

Se llevó a cabo un análisis similar al anterior, pero utilizando sólo los resultados que se obtuvieron de la parte aérea de la planta.

5.4.4. Peso anhidro de raíz

Para complementar el análisis anterior, también se evaluó el peso seco de la raíz.

5.4.5. Relación biomasa aérea entre biomasa subterránea:

Se puede definir como la proporción que hay entre el tejido transpiratorio, que en general se considera al follaje, y el tejido absolvedor de agua y nutrientes, que son las raíces. Para obtener este valor, se tomaran 10 brinzales de cada especie al inicio del experimento dando un total de 30 árboles.

5.4.6. Índice de esbeltez

Para obtener este valor se divide la altura de la planta dada en centímetros, entre su diámetro al nivel del cuello de la raíz medido en milímetros. Los brinzales fueron medidos con

un flexómetro de 3m. El grosor del cuello de la raíz se determinó usando un vernier digital Stainless Hardened de 150 mm con un margen de error del 0.1cm.

5.4.7. Índice de Dickson

El índice de calidad de Dickson resulta de integrar los valores de peso seco total, índice de esbeltez y la relación parte aérea/raíz (Dickson *et al*., 1960).

$$\text{Índice de calidad de Dickson} = \frac{PST}{A/D+PSA/PSR}$$

PST: Peso seco total de la planta (g)

PSA: Peso seco de la parte aérea de la planta (g)

PSR: Peso seco de la parte radical de la planta (g)

A: Altura de la planta (cm)

D: Diámetro de la planta (mm)

Combina cinco variables morfológicas, con estas pruebas se determinaron la calidad de los brinzales para relacionar esta con su éxito en campo. Cuando se cumplan los 180 días después de la plantación, se evaluaran nuevamente las plantas a fin de conocer su desarrollo en campo.

5.5. Obtención de cantidad de materia seca de chícharo

La obtención de materia seca del chícharo se obtuvo a través del follaje de la planta en verde que fue introducido a un horno de secado de aire forzado a una temperatura de 60 °C durante 24 horas utilizando lo metodología empleada por De la Rosa *et al.,* 2002.

Para obtener este indicador se analizaron las plantas (planta completa) que se encontraban en 1m², lo que posteriormente se extrapolo a una hectárea.

5.6. Estimación de la producción de chícharo por hectárea.

Para estimar la producción del cultivo agrícola se tomaron tres muestras de vainas a diferentes tiempos en un metro cuadrado, los pesos obtenidos en cada muestreo fueron pesados para que los resultados arrojados sean extrapolados a una hectárea.

5.7. Evaluación a corto plazo: periodo de un año

Análisis de rentabilidad: La evaluación económica significa compara opciones que estén disponibles para el agricultor. Una de las opciones, la base de la comparación es la práctica actual del agricultor(Krishnamurthy y Ávila, 1998).

5.8. Diseño experimental

El diseño experimental que se empleó fue en bloques completamente al azar, en el cual se evaluaron seis tratamientos con tres repeticiones cada uno teniendo un total de 18 unidades experimentales con una dimensión de 20 m de largo por 2 metros de ancho ($40m^2$), en cada unidad se plantaron 10 árboles como se muestra en la figura 8.

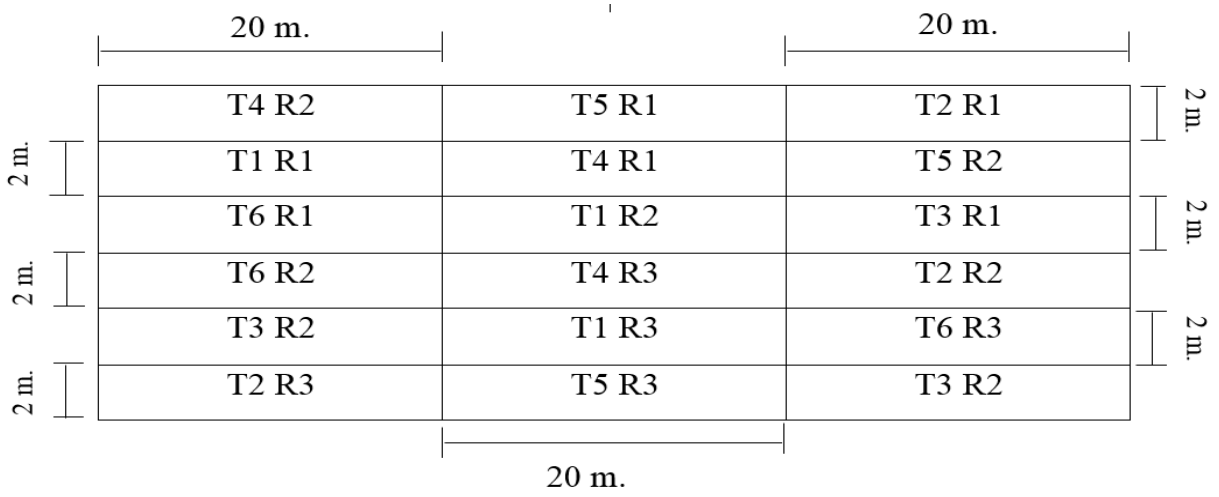


Figura 8. Diseño de la parcela experimental.

T1 *P. montezumae* Lamb con cultivo

T2 *P. montezumae* Lamb sin cultivo

T3 *P. patula* Schl. et Chamb con cultivo

T4 *P. patula* Schl. et Chamb sin cultivo

T5 *P. pseudostrobus* Lind con cultivo

T6 *P. pseudostrobus* Lind sin cultivo

R Repetición

5.9. Modelo estadístico

$Yij = \mu + Ti + Bj + Eij$

Donde:

Yij= variable de respuesta para i-esimo tratamiento en su j-esima repetición

μ= media general

Ti= efecto del i-ésimo tratamiento

Bj= efecto en la i-ésimo bloque

Eij= error en la i-esimo repetición del i-ésimo tratamiento

5.10. Análisis de variables

Con los datos obtenidos, se llevará a cabo análisis de varianza, desviación estándar y separación de medias según Tukey (α=0.05) para evaluarlos, utilizando el programa SAS para microcomputadoras, versión 8 (SAS Institute, 2002).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la información recabada en campo y los análisis realizados en laboratorio se presentan los resultados obtenidos.

6.1. Supervivencia

Los resultados reflejan una variación importante en la supervivencia entre los tratamientos, la baja supervivencia se presentó principalmente en los tratamientos que no contaban con la asociación del chícharo como se muestra en el en la figura 9.

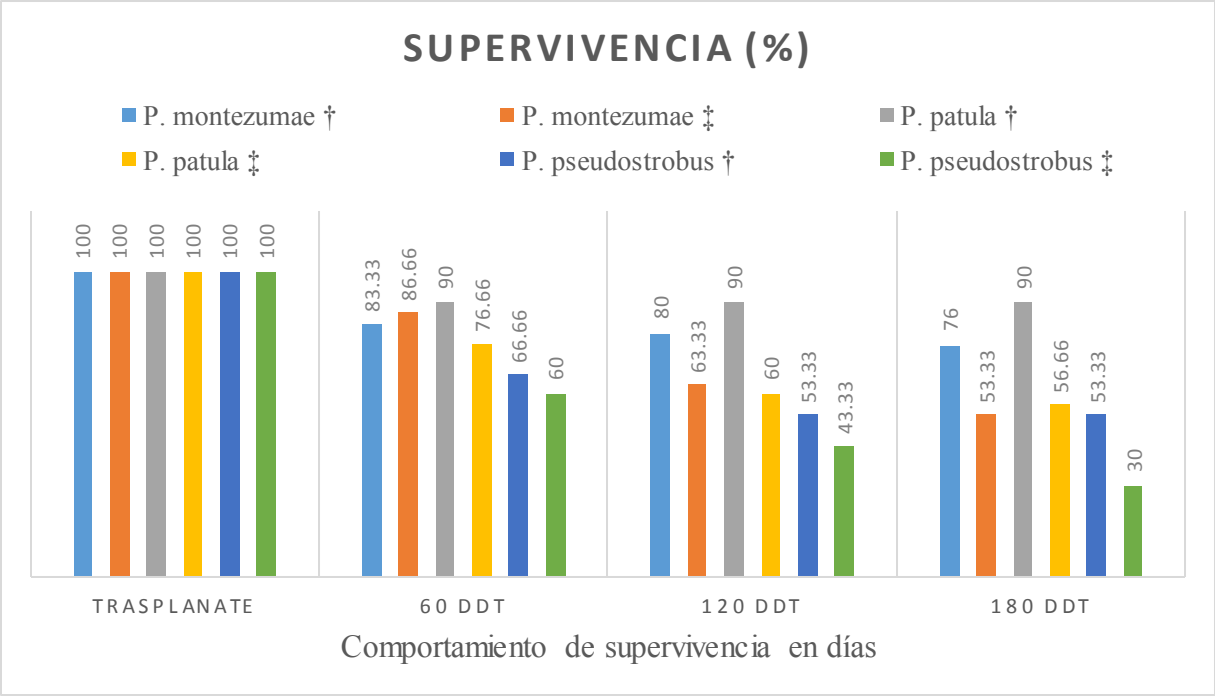


Figura 9. Supervivencia en porcentaje (%) de las tres especies de pino con y sin asociación de chícharo.

† Especies forestal asociada con chícharo ‡ Especie forestal sin asociación de chícharo

Los resultados indican una supervivencia altamente significativa en los seis tratamientos a los 6 meses de la plantación.

El tratamiento que presenta una mayor supervivencia es el T3, en donde se puede observar un 10% de mortalidad de las plantas establecidas, el T1 presenta una supervivencia del 76% y T4 del 53.33% lo que nos representa una mayor supervivencia con la asociación del cultivo. En los datos de la figura 9 se encuentra una tendencia clara de la supervivencia con la asociación de las especies. En este caso debe de tomarse en cuenta que la combinación de las

especies no causaron competencia entre ellas. Myers (1992) menciona que los arbustos ayudan a abatir las condiciones desecantes y aumentan la supervivencia de *Pinus palustris* Mill de regeneración natural en el sureste de Estados Unidos. De igual manera Rodríguez y Ramírez (2009) refiere mayor supervivencia en un tratamiento de *P. hartwegii* asociado con *Lupinus* a razón de una supervivencia del 89%. Mientras que Castro *et al.* (2002) mencionan mayor supervivencia de *Pinus nigra* J. F. Arnold, cuando se encontraba bajo el dosel del arbusto *Salvia lavandulifolia* Vahl de una plantación realizada en España, mientras que en las áreas abiertas la supervivencia fue menor.

6.2. Crecimiento en altura de la planta en campo

Es una variable que aporta información muy valiosa. Se ha determinado que existe correlación entre la altura al momento de plantación y supervivencia y el crecimiento uno o más años después (Rodríguez, 2008). En la figura 10 se muestran los incrementos en altura que presentaron las tres especies en los diferentes tratamientos.

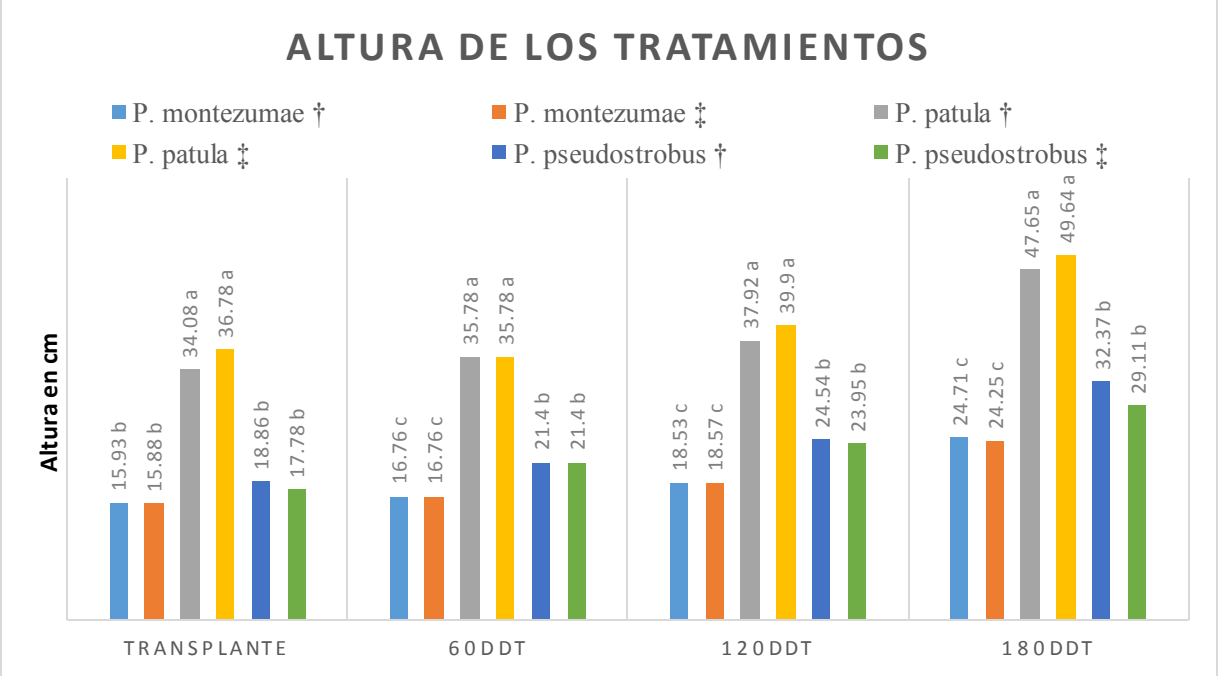


Figura 10. Incremento en altura (cm) de las tres especies de pino con y sin la asociación de chícharo.

† Especies forestal asociada con chícharo ‡ Especie forestal sin asociación de chícharo

* Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística significativa (Tukey P≤0.05).

Existió diferencia significativa (P <.0001) al momento del trasplante, siendo lostratamientosT4 y T3 los que presentaron una mayor altura y siguió la misma tendencia de crecimiento durante el periodo experimental, entre estos dos tratamientos no hubo diferencia significativa. El T5 y T6 no mostraron una diferencia entre ellos durante el periodo de evaluación y los tratamientos T1 y T2 siguieron la misma tendencia de crecimiento. Así mismo Rodríguez y Ramírez (2008) reportan un incremento en altura de plantas *P. hartwegii* que estuvieron asociadas con *Lupinus* superior a los tratamientos que no tienen ninguna asociación. Baker *et al.* (1986), señalan mayor crecimiento en árboles que fueron plantados cerca de plantas de *Lupinus*.

6.3. Diámetro de cuello de raíz

Las plantas con mayor diámetro está relacionado con un adecuado transporte de agua y nutrientes, así mismo refleja el tamaño del sistema radical, da una aproximación de la resistencia mecánica y la capacidad relativa para tolerar temperaturas extremas en la superficie del suelo (Prieto *et al.*, 1999; Rodríguez, 2008). En la figura 11 se presenta el incremento del diámetro que obtuvieron los seis tratamientos durante el tiempo de medición.

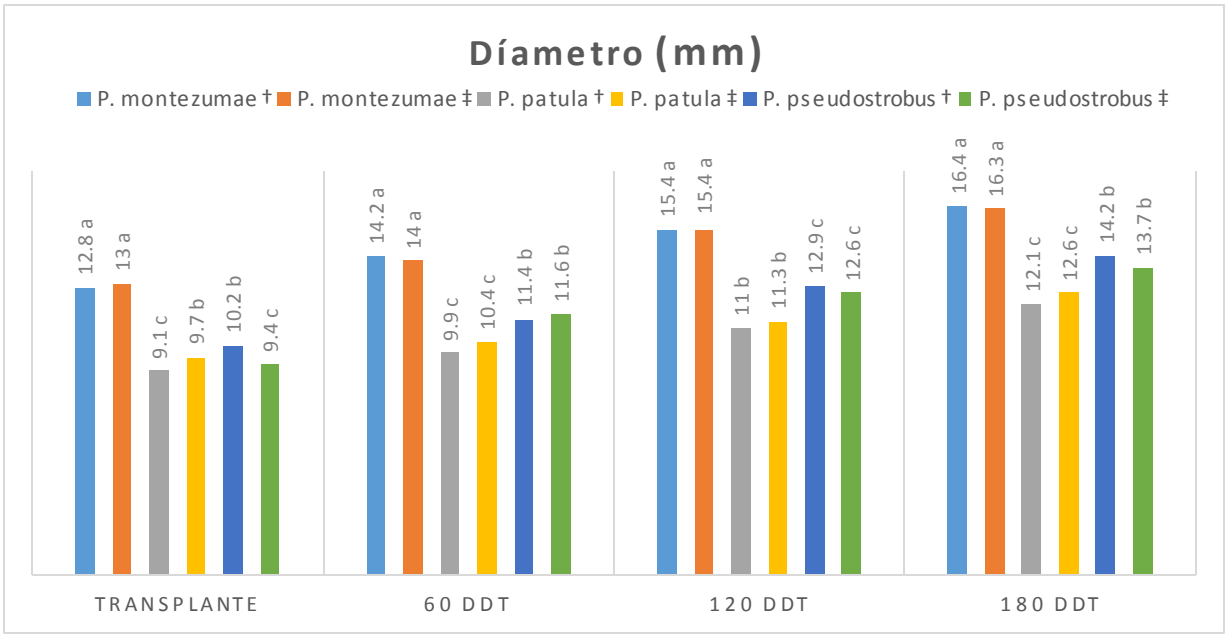


Figura 11. Incremento en diámetro al cuello de la raíz (mm) de los brinzales de las tres especies de pino con y sin la asociación de chícharo.

† Especies forestal asociada con chícharo ‡ Especie forestal sin asociación de chícharo

* Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística significativa (Tukey P≤0.05).

En este parámetro se observó una diferencia estadísticamente significativa desde el momento de la plantación, el incremento del diámetro al cuello de la raíz siguió con las mismas tendencias durante el tiempo del experimento.

El T1 fue el tratamiento que manifestó el valor más alto en el diámetro seguido por el tratamiento T5 mientras que el T3 fue la contra parte de los anteriores. Rodríguez (2008) menciona que a mayor diámetro a la altura del cuello de la raíz hay mayor supervivencia en el sitio de plantación.

Los resultados que presentan Morales (2012) refleja que la planta que tuvo mayor diámetro al cuello de la raíz de cuatro especies de coníferas fue *P. pseudostrobus* con0.8 mm después de 60 días del trasplante. Seguidos por *P. montezumae y P. patula.* Los datos reportados en este estudio son diferentes con relación a los resultados que se presentan en esta investigación en el mismo periodo, ya que la especie que presentó mayor crecimiento en el diámetro es *P. montezumae* seguido por *P. pseudostrobus.*

6.4. Crecimiento de raíz

Esta variable es poco utilizada en los índices de calidad de planta, sin embargo es de mucha importancia ya que a través de este parámetro se observa que a mayor área radicular mayor posibilidad de adaptarse al entorno ambiental y viceversa, aunque también influye la forma de sus raíces (Bidwell, 2002). Dado lo anterior en esta investigación se tomó en cuenta esta variable, en el cuadro 10 se representan los resultados de este indicador en las diferentes evaluaciones que se realizaron.

Cuadro 10: Crecimiento de la raíz de las tres especies de pino con y sin la asociación de chícharo.

Tratamiento	Tamaño inicial (cm)	Tamaño final (cm)	Diferencia incremento (cm)
T1*P. montezumae* †	20.89 a	23.00 b	2.11
T2 *P. montezumae* ‡	20.89 a	21.80 b	0.91
T3 *P. patula* †	25.21 a	29.16 a	3.95
T4 *P. patula* ‡	25.21 a	29.60 a	4.39
T5 *P. pseudostrobus* †	23.16 a	23.22 b	0.06
T6 *P. pseudostrobus* ‡	23.16 a	23.60 b	0.44

* Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística significativa (Tukey P≤0.05).

† Especies forestal asociada con chícharo ‡ Especie forestal sin asociación de chícharo

Al momento que salió la planta del vivero *P. patula* presentó el mayor tamaño de la raíz pero no se observa una diferencia estadística significativa entre las especies. A los seis meses de la plantación los resultados en el tamaño de la raíz para T3 y T4 fueron los que representaron un aumento más evidente en este parámetro en comparación con los tratamientos T1, T2, T5, T6 que se mantuvieron muy similares en comparación con la primera medición que se realizó. Rodríguez y Duryea (2003) reportan que en las plantas de *Pinus palustris* Mill., la longitud de la raíz al momento de plantar se correlacionó significativamente con supervivencia, diámetro del cuello, longitud del tallo y con los pesos anhidros de la parte aérea y total.

6.5. Relación peso húmedo de la parte aérea / peso húmedo de la parte subterránea

Se ha determinado que el peso de la planta tiene gran correlación en la supervivencia en campo; una planta de calidad debe ser lo más pesada posible para que tenga la mejor eficiencia fisiológica y un mayor crecimiento, siempre y cuando tenga buen balance entre la parte aérea y la raíz, de manera que no se afecte la supervivencia (Thompson, 1985).

Este índice en base húmeda, no es comúnmente considerado en los trabajos de calidad de planta, ya que se analiza por lo general en base seca, sin embargo en este trabajo se tomó en

cuenta para observar cual es el efecto que se tiene entre los tratamientos y cuáles son aquellos que presentan una mejor relación lo cual se observa en el cuadro 11.

Cuadro 11: Comparación de medias del peso húmedo de la parte aérea entre el peso húmedo de la parte subterránea de las tres especies de pino con y sin asociación de chícharo.

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Diferencia
T1*P. montezumae* †	5.63 a	5.42 a	-0.21
T2 *P. montezumae* ‡	5.63 a	3.41 b	-2.22
T3 *P. patula* †	3.32 ab	3.25 b	-0.07
T4 *P. patula* ‡	3.32 ab	3.99 b	0.67
T5 *P. pseudostrobus* †	3.17 ab	5.21 ab	2.04
T6 *P. pseudostrobus* ‡	3.17 ab	6.35 a	3.18

* Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística significativa (Tukey P≤0.05).

† Especies forestal asociada con chícharo ‡ Especie forestal sin asociación de chícharo

La especie que se encontró más balanceada al momento de salir del vivero fue *P. pseudostrobus,* pero aun así presenta un desbalance de acuerdo al optimo que es de 1 a 2, la especie del T1 y T2 fueron los que presentaron el mayor desbalance.

En la evaluación final se puede observar que no hay diferencia significativa para los tratamientos T2, T3, T4, de los cuales se observa que no hubo una variabilidad entre la primera evaluación y la final y en los tratamientos T1, T5 y T6 se presenta una diferencia significativa pero se alejan mucho del nivel óptimo para esta relación.

6.6. Relación peso seco aéreo / peso seco subterráneo

Córdova (2006) menciona que una proporción mayor a tres en este indicador, incrementa las posibilidades de desequilibrio hídrico y pone en riesgo la supervivencia de la planta. En el cuadro 12 se muestra los resultados obtenidos en este indicador.

Cuadro 12. Comparación de la relación peso seco aéreo entre peso seco subterráneo al inicio y al final de la evaluación de las tres especies de pino con y sin asociación de chícharo.

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Diferencia (g)
T1*P. montezumae* †	5.63 a	3.21 a	-2.42
T2 *P. montezumae* ‡	5.63 a	1.76 b	-3.87
T3 *P. patula* †	3.32 ab	3.99 a	0.67
T4 *P. patula* ‡	3.32 ab	4.66 c	1.34
T5 *P. pseudostrobus* †	3.17 ab	3.25 a	0.08
T6 *P. psudostrobus* ‡	3.17 ab	3.55 a	0.38

* Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística significativa (Tukey P≤0.05).† Especies forestal asociada con chícharo ‡ Especie forestal sin asociación de chícharo

Las plantas en las que se encontró un mejor balance al momento de salir del vivero fueron los brinzales de *P. pseudostrobus* aunque se encuentran por arriba del parámetro que reporta Rodríguez (2008), nos indica que un brinzal con un índice biomasa aérea/biomasa subterránea bajo, por ejemplo <1, tendrá mayores posibilidades de adaptarse a un sitio con restricciones de humedad, que otro con un valor mayor, por ejemplo > 1. Las plantas de *P. montezumae* son las que presentan un mayor desbalance al salir del vivero.

A los 180 días el tratamiento T2 es el que presenta mejor balance en comparación con los otros tratamientos mientras que T4 presenta el mayor desbalance a los seis meses de evaluación. Con estos indicadores podemos decir que estas plantas serían susceptibles si se implementaran en áreas en las que haya restricción de humedad.

Sin embargo en la comparación del cuadro 11 con el cuadro 12 podemos observar que se mostró mayor balance en las resultados arrojados del peso anhidro de las plantas lo cual significa que la planta presentó mayor lignificación durante el tiempo evaluado.

6.7. Índice de esbeltez

Se refiere a la relación que hay entre la altura y el diámetro y permite estimar la resistencia física de las plantas durante las operaciones de plantación y su resistencia al efecto mecánico por el viento (Quiroz *et al*., 2009). Por ello es uno de los índices utilizados para determinar calidad de planta, en el cuadro 13 se observan las diferencias que hay en este indicador al momento de salir de vivero y al final de la evaluación experimental.

Cuadro 13. Comparación del índice de esbeltez al inicio y al final de la evaluación de las tres especies de pino con y sin la asociación de chícharo.

Tratamiento	Inicial	Final	Diferencia
T1*P. montezumae* †	3.96 b	1.85 c	-2.11
T2 *P. montezumae* ‡	3.96 b	2.01c	-1.95
T3 *P. patula* †	6.89 a	5.04 a	-1.85
T4 *P. patula* ‡	6.89 a	4.52 a	-2.37
T5 *P. pseudostrobus* †	2.49 b	2.69 b	0.2
T6 *P. pseudostrobus* ‡	2.49 b	2.66 b	0.17

* Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística significativa (Tukey P≤0.05).

† Especies forestal asociada con chícharo ‡ Especie forestal sin asociación de chícharo

Valores más bajos del índice de esbeltez están asociados a mejor calidad de planta, ya que ésta es más robusta; en cambio, valores altos indican que la planta es más esbelta y existe desproporción entre la altura y el diámetro de la planta; generalmente, se recomienda que éste sea menor a seis (Prieto *et al.*, 1999).

El cuadro 13 se observa que los seis tratamientos se encuentran dentro del rango reportado por (Toral, 1997; Prieto *et al.*, 1999; Rodríguez, 2003; Ramírez, 2008). El tratamiento T1 es el que presentó el índice de esbeltez más bajo lo cual representa que hay correlación entre la altura total de la planta entre el diámetro al cuello de la raíz, lo cual hace una planta más robusta, seguido por T2. Los tratamientos T4 y T5 presentaron diferencia significativa (P≤0.05) en comparación con T1 y T2, a su vez los tratamientos T3 y T4 arrojaron los niveles más altos en

este índice lo que nos indica que existe una mayor desproporción en este índice en la evaluación inicial. Román *et al.* (2004) reporta que en plantas de *P. greggii* muestran un valor por arriba de seis ocasionado por la fertilizaciones nitrogenadas que se les aplican en vivero, lo cual ocasiona que exista un incremento en la altura de las plantas a costa del incremento del diámetro y del crecimiento de la raíz.

6.8. Peso anhidro total

A mayor cantidad de biomasa presente (considerando plantas con dimensiones similares), la probabilidad de supervivencia es mayor debido a la alta concentración de materia seca, aunque, también influye la concentración de la materia orgánica en la parte aérea y subterránea, debido a que no siempre está distribuido en cantidades similares (Rodríguez, 2008).

En el cuadro 14 se muestra los resultados obtenidos en este indicador al momento de salir del vivero y a seis meses de su establecimiento en campo.

Cuadro 14: Peso seco total de las tres especies de pino con y sin la asociación de chícharo.

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Diferencia incremento (g)
T1*P. montezumae* †	3.34 a	8.14 b	4.8
T2 *P. montezumae* ‡	3.34 a	3.96 c	0.62
T3 *P. patula* †	5.21 a	13.58 a	8.37
T4 *P. patula* ‡	5.21 a	10.32 a	5.11
T5 *P. pseudostrobus* †	4.55 a	13.92 a	9.37
T6 *P. pseudostrobus* ‡	4.55 a	12.34 a	7.79

* Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística significativa (Tukey $P \leq 0.05$).

† Especies forestal asociada con chícharo ‡ Especie forestal sin asociación de chícharo

Cuando la planta salió del vivero la especie que tuvo el valor más alto de biomasa anhidro fue *P. patula* sin embargo no se indicó una diferencia estadísticamente significativa con respecto a las otras especies. En la medición final se obtuvo un incremento notable en el peso seco total en los tratamientos T3, T4, T5 y T6 sin embargo no se observa una diferencia

significativa entre ellos. Mientras que en el tratamiento T1 se observa una diferencia significativa con T2.

6.9. Índice de Dickson

El índice de Dickson es uno de los parámetros más utilizado para evaluar calidad de planta forestal, es empleado por los investigadores porque incluye una mayor cantidad de variables y por ello arroja resultados más confiables en la calidad de la planta. En el cuadro 15 se muestran los resultados de este índice para las especies evaluadas.

Cuadro 15. Índice de Dickson de las tres especies de pino con y sin asociación de chícharo.

Tratamiento	Inicial	Final	Diferencia
T1 *P. montezumae* †	10.11 a	7.79 a	-2.32
T2 *P. montezumae* ‡	10.11 a	3.72 b	-6.39
T3 *P. patula* †	4.1 b	6.67 a	2.57
T4 *P. patula* ‡	4.1 b	6.93 a	2.83
T5 *P. pseudostrobus* †	5.33 b	8.71 a	3.38
T6 *P. pseudostrobus* ‡	5.33 b	8.31 a	2.98

* Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadística significativa (Tukey P≤0.05).

† Especies forestal asociada con chícharo ‡ Especie forestal sin asociación de chícharo

Las plantas de *P. montezumae* mostraron el índice de Dickson más alto al salir del vivero mostrando una diferencia significativa en comparación de las otras especies. De acuerdo con

En el análisis final el T5 fue el que presentó el parámetro más elevado en este índice, sin embargo no mostro una diferencia significativa con los tratamientos T1, T3, T4 y T5 y a su vez el tratamiento T2 fue la contraparte de estos tratamientos. Este índice nos muestra que las especies que pueden tener mejor desarrollo en campo son las plantas de los tratamientos T5 y T6, sin embargo en el presente estudio estos tratamientos no fueron los que presentaron la mayor supervivencia.

6.10. Estimación de materia seca del chícharo

La producción de MS del chícharo fue de 4,710 kg.ha^{-1}, Domínguez *et al.,* (2002) reporta que *P. sativum* L aporta de tres a ocho toneladas de materia seca por hectárea, como podemos observar la producción de materia seca obtenida en el sistema implementado en esta investigación se encuentra dentro de los rangos que se reportan. Con la incorporación de la materia seca del chícharo al suelo se estará agregando materia orgánica que posteriormente será aprovechado por los cultivos posteriores.

6.11. Producción de chícharo

En México se siembran 1,521 hectáreas de chícharo, de las cuales se tiene una producción de 2,977 toneladas, el rendimiento es de 1.96 toneladas / hectárea y se obtiene un valor de producción (miles de pesos) de 12,644$^{\underline{00}}$.

La producción de chícharo en el estado de Puebla corresponde a 950 hectáreas sembradas de estas se obtiene una producción de 1845 toneladas, el rendimiento es de 1.94 ton.ha^{-1} y el valor de producción es de \$6,262$^{\underline{00}}$ (SIAP-SAGARPA, 2012).

En la comunidad de Eloxoxtla Tetela de Ocampo se obtuvo un rendimiento de 1.85 toneladaspor hectárea como lo muestra la figura 12, lo cual nos arroja un valor de producción de \$5,971.8$^{\underline{00}}$. En un ciclo de producción que es de 4 meses, por lo cual se obtendrán dos cosechas al año con lo cual se obtendría mayor ganancia

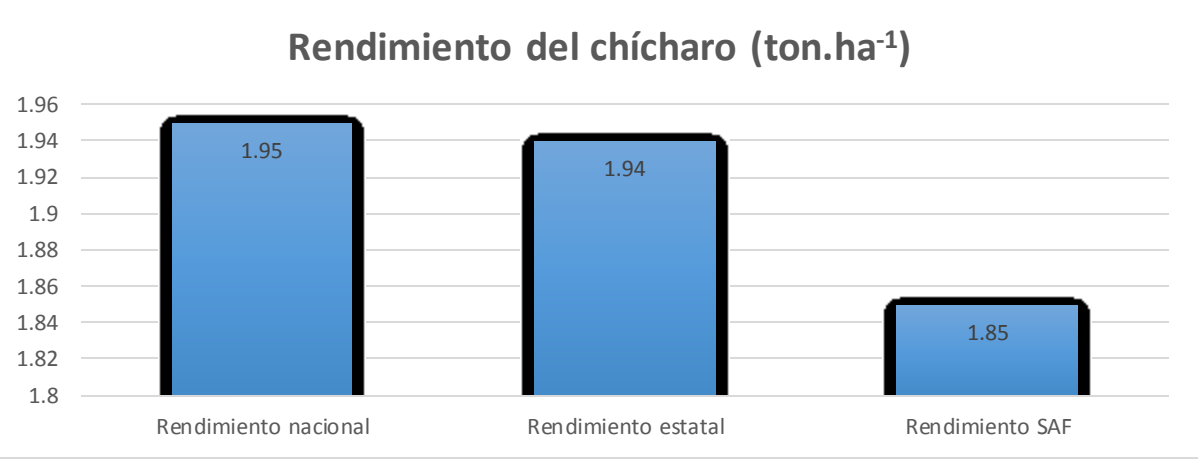


Figura 12. Rendimientos del chícharo a nivel nacional, estatal y en la implementación del sistema agroforestal.

En la barra tres se mencionan el rendimiento del chícharo en el sistema agroforestal que se estableció, es de gran relevancia ya que además de que se obtuvo la producción de la verdura se originó una interacción entre las especies debido a que el cultivo de chícharo ayudo a las plantas de pino tener mayor supervivencia duran la etapa del establecimiento, sin dejar de lado que se obtendrán recursos forestales de las plantas maderables establecidas en este sistema, aunado a esto se puede incorporar a futuro la materia orgánica derivada de la cosecha del chícharo para mejorar las características del suelo.

6.12. Análisis del sistema agroforestal

La interacción de los componentes agroforestales fue considerada pertinente en esta investigación, debido a que se observó una mayor supervivencia en la plantación en comparación de los tratamientos que fueron establecidos sin la asociación del cultivo, se pudo observar una mayor cantidad de humedad en aquellos que estaban asociados, así como protección que proporcionó el chícharo a las especies de pino como menciona Callaway y Pugnaire (1999), quienes reportan que bajo la sombra de una planta nodriza, incluyendo árboles, las temperaturas del aire y del suelo son menos extremas, y la humedad de las capas superficiales del suelo tiende a permanecer a menor profundidad; aunado a esto se obtuvo un beneficio por la cosecha del chícharo, que no normalmente en una plantación forestal se observarían ganancias hasta los siete años si la plantación fuera de árboles de navidad.

En este experimento los tratamientos que presentaron una interacción positiva en cuanto al desarrollo de las plantas forestales fueron T1 y T3 ya que presentaron los valores más altos en la supervivencia en campo a 180 días, el tratamiento T5 no presento una diferencia significativa con T6 en la supervivencia lo cual nos indica que esta la especie de *P. pseudostrobus* no tiene un comportamiento similar con las otras especies. Los tratamientos T1 y T3 resultaron son los que presentaron una interacción positiva entre las especies, ya que se presentó una mayor supervivencia en ambos tratamientos, en el caso contrario el tratamiento T5 es el que se vio afectado por la asociación estudiada.

En el presente estudio se realizaron dos análisis de suelo uno al principio de la investigación y el otro a los 120 días para observar cual es el efecto en el suelo con la implementación de las especies como se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 16. Resultados del análisis de suelo inicial y a los 120 días del establecimiento del experimento.

Parámetro	Muestra inicial	Muestra final (120 días)
Textura	Franco arcillosa (Cr)	Franca (C)
C. I. C.	11.3	10.3
pH	5.7	5.3
Materia orgánica	4.7	3.9
Nitrógeno	0.175	0.170
Fosforo	8.2	12.6
Sodio	0.55	0.68
Magnesio	0.82	0.80
Calcio	9.4	8.62
Potasio	0.97	1.28
Conductividad eléctrica	0.26	0.35
Densidad aparente	1.3	1.3

En el área experimental se encontró una heterogeneidad de texturas de suelo, por lo cual se presenta ciertas diferencias en algunos parámetros, por ejemplo en la muestra final disminuyo el pH, la materia orgánica, nitrógeno, magnesio, calcio, en comparación con el análisis inicial, sin embargo en otros parámetros se observa un aumento en comparación de los dos análisis de suelo. Cabe mencionar que la obtención de materia seca del chícharo será reincorporado al suelo para que se mejore la cantidad de materia orgánica con el paso del tiempo, es necesario hacer referencia en que el suelo posee un alto contenido de materia orgánica como se muestra en el anexo A.

En cuanto al parámetro de nitrógeno se observa una disminución de la muestra final en comparación de la inicial, esto se puede atribuir a la absorción de nitrógeno por la planta forestal como lo reporta Haines *et al.* (1978) que muchas leguminosas aumentan la cantidad de N que puede estar disponible para especies que se encuentran creciendo junto a ellas. De manera similar, se reporta mayor cantidad de N foliar en *Juglans regia* L., cuando crece junto

a algunas leguminosas (Van Sambeek *et al*., 1986) y las plantas de *P. radiata* D. Don., plantados junto a *Lupinus arboreus* incremento la cantidad de N foliar (Baker *et al.*, 1986).

6.12.1. Evaluación a corto plazo: periodo de un año

En este tipo de sistemas se encuentran impactos positivos en la cuestión económica, debido a que en las plantaciones forestales comerciales se obtiene una ganancia económica al menos a partir del séptimo año de haberse establecido (en el caso de las plantaciones de árboles de navidad), con la implementación de esta alternativa de producción agroforestal se obtienen recursos económicos a partir del primer año del establecimiento hasta el quinto año de la plantación. En este caso se optó por la implementación del chícharo porque es un producto aceptado por los habitantes, la producción de este cultivo agrícola es empleados para el autoconsumo de las familias, ya que la gran mayoría son agricultores de subsistencia. Aunado a esto se crean fuentes de empleo para la familia por a través de los jornales utilizados en las actividades del sistema establecido durante los primeros cinco años de la plantación como se muestra en el cuadro 17, y de esta manera se empieza la rehabilitación de áreas agrícolas que han sido abandonadas por los bajos rendimientos que se tienen en estas áreas.

Cuadro 17. Costos de campo del establecimiento de las especies de pino asociadas con chícharo.

Actividad e insumo	Cantidad	Jornales (día)	Costo del jornal o insumo	Costo total
Limpieza del terreno		25	80	2000
Yuntas		7.5	200	1500
Apertura de cepas		9	80	720
Plantación		9	80	720
Semilla	80 kg		$10 kg	800
Siembra		12.5	80	1000
Cosecha		17.5	80	1400
Planta	1111		$1.5/ planta	1566
Total		80		9706

En el cuadro 17 se muestran los costos de campo que fueron ocupados para poder hacer los cálculos de la relación beneficio costo de este sistema de forma global, los costos que se presentan son los que utilizaron al momento de establecer el sistema y son los costos que se manejan en la región donde se realizó el experimento, cabe mencionar que el ciclo del cultivo es de cuatro meses se pueden llegar a establecer dos ciclos por año el primero sería de

otoño-invierno y el otro de primavera-verano obteniendo dos cosechas por año. Es muy importante mencionar que los gastos del establecimiento del área productiva se reducirían en el segundo ciclo debido a que solamente se harían los gastos respecto al establecimiento del cultivo que es un costo de $4,700^{\underline{00}}$ por hectárea.

Durante el primer año del sistema no se obtendrán ganancias económicas ya que la inversión inicial es la más amplia y la recuperación del recurso económico puede ser lento, la inversión inicial en este sistema es de $14,406^{\underline{00}}$, para el establecimiento de las plantas y el cultivo agrícola, el beneficio que nos aporta el chícharo es de $11,941^{\underline{00}}$ por año (dos ciclos del cultivo), en el primer año no se alcanzaría a cubrir la inversión inicial. Para el año dos la inversión sería de $9,400^{\underline{00}}$y el beneficio económico seria $11,941^{\underline{00}}$en el año dos se cubriría la inversión inicial y se obtendría una ganancia de $36^{\underline{00}}$. Hasta el tercer año se observara una ganancia de $2,541^{\underline{00}}$lo cual representa una relación beneficio costo de 1.27, lo que nos indica que se obtienen 0.27^{00} pesos por peso invertido, es necesario considerar que de la plantación forestal se obtendrán recursos a mediano o largo plazo dependiendo del objetivo de la misma.

VII. CLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base a los objetivos planteados al inicio de esta investigación y a los resultados obtenidos y la metodología empleada llegó a las siguientes conclusiones.

La implementación del sistema agroforestal Taungya es eficiente en cuanto a la asociación de especies durante las primeras etapas de crecimiento, debido a que las condiciones bajo este tipo de sistemas son benéficas para los brinzales de las plantas establecidas tomando en cuenta la época de plantación ya que los cultivos agrícolas proveen de temperaturas más bajas, mayor cantidad de humedad lo que repercute positivamente la continuidad del crecimiento de las plantas.

La presencia de plantas nodrizas (chícharo) ayudan a tener una mayor supervivencia de las plantas forestales debido a que prestan protección a las especies maderables durante las época más desfavorable para los brinzales lo cual se ve reflejado en la supervivencia de las especies, el incremento en diámetro al cuello de la raíz y el mayor peso anhidro de los brinzales. Así mismo se concluye que la asociación de *Pisum sativum* L. con *Pinus montezumae y Pinus patula* son aptos para este tipo de sistema agroforestal.

La asociación de *Pinus pseudostrobus* Lind con *Pisum sativum* L., no presenta un efecto positivo debido a la alta tasa de mortandad presente en esta investigación para esta especie forestal. Esto se puede atribuir a la época de plantación ya que se presentan cambios climáticos bruscos durante la temporada invernal y de estiaje.

Con este sistema se obtiene beneficio al corto plazo con la obtención de la cosecha del cultivo agrícola, lo cual es utilizada para satisfacer las necesidades alimentarias de las familias y los excedentes pueden ser comercializados para obtener un poder adquisitivo de otros artículos básicos para la familia, aunado se amplía la sobrevivencia y el desarrollo de las plantas forestales de las cuales se obtendrán recursos económicos al largo plazo dependiendo del objetivo de la plantación establecida.

Se recomienda seguir con investigaciones en este tipo de sistemas agroforestales para poder observar las interacciones ecológicas más afondo que se pueden presentar en este tipo de sistemas, para poder adoptarlos y adaptarlos en zonas templadas, ya que existe muy poca información sobre las especies que pueden ser empleadas para obtener una diversificación de productos en las mismas áreas de producción.

De igual forma se recomienda realizar estudios en los índices fisiológicos de las especies forestales para observar cual es el efecto que presenta la asociación en cuanto a la cantidad de Nitrógeno presente en las acículas de las plantas ya que es la parte de los brinzales en donde se encuentra en mayor cantidad este componente, debido a que en esta investigación no se tomó en cuenta.

VIII. LITERATURA CITADA

Aguilera, R. M. 2001. Pinus patula. SIRE-Paquetes Tecnológicos. 8 p.

Altieri, M. 1996. Agricultura Orgánica. En: Agroecología y agricultura orgánica sostenible. De. CEAS-ISCAH. La Habana, Cuba. 142 p.

Anónimo. 1999. Ficha técnica N° 5 de especies forestales estratégicas. Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal No. 2 pp.63-66.

Arriaga, V.; V .Cervantes.; A .Vargas-Mena. 1994. Manual de Reforestación con Especies Nativas: Colecta y Preservación de Semillas, Propagación y Manejo de Plantas. SEDESOL/INE - Facultad de Ciencias UNAM. México. 219p.

Baker, T. G.; Oliver, G. R.; Hodgkiss, P. D. 1986. Distribution and cycling of nutrients in Pinus radiata as affected past lupin growth and fertilizer. Forest Ecology and Management 17. p. 169-187.

Bidwell, R., G. S. 2002. Fisiología Vegetal, Traducido por Guadalupe Gerónimo Cano y Cano. Editorial A.G.T. S. A. 1ª. Ed. En español. México, D. F. 784 p.

Birchler, T. Rose.; R. W .Royo.; A. M. Pardos. 1998. La planta ideal: revisión del concepto de calidad, parámetros definitorios e implementación práctica. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales. 7:109-121.

Caballero, D.M.; Bermejo, B V. 1994. An overview of the diversity and richness of México pin species. Montreal, Canadá. Eco decisión pp. 82-83.

Callaway, R. M. y Pugnaire, F. I. 1999. Facilitation in plant communities. Handbook of functional plant ecology. Marcel Dekker. New York. pp. 623-649.

Castro, J.; Zamora, R.; Hódar, J. A.; Gómez, J. M. 2002. Use of shrubs as nurse plants: a new technique for reforestation in mediterranean mountains. Restoration Ecology 10. pp. 297- 305.

CATIE. 1997. Nota técnica sobre manejo de semillas forestales. Pinus pseudostrobus Lindl. No. 13. Turrialba, Costa Rica.

Cavieres, L. A.: Badano, E. I., Sierra A., A.; Gomez G., S.; Molina M., M. A. 2006. Positive interactions between alpine plant species and the nurse cushion plant Laretia acaulis do not increase with elevation in the Andes of central Chile. New Phytologist 169 p.

Cervantes V. López M., Salas N. y Hernández. G. 1996. Técnicas para propagar especies nativas de la selva baja caducifolia y criterios para establecer áreas de reforestación. Facultad de Ciencias UNAM–PRONARE SEMARNAP. México, D. F.

Challenger, A., y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 87-108.

CONAFOR, 2010. Prácticas de Reforestación. Manual Básico. Zapopan, Jalisco, México. 66 p.

Córdova, S. T. 2006. Caracterización de sustratos y su influencia en la producción de plántulas de *Pinus patula.* Schel et Chamb. Tesis Maestría en Ciencias. COLPOS Montesillos, México 80p.

De la Rosa, D. B. Martínez, F. Argamentería, G. A. 2002. Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para el análisis. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Asturias, España. pp. 91-104.

Dickson, A.; A. L. Leaf.; J. F. Hosnerm.1960. Quality appraisal of white spruce and White pine seedling stock in nurseries. For Chron., 36: 10-13.

Domínguez, G. A.; Aguado. J.; Rosello, J. 2002; Diseño y manejo de la diversidad vegetal en agricultura ecológica; Edita PHYTOMA-España y Sociedad Española de Agricultura Ecológica; 132 pp.

Eguiluz, T. 1978. Ensayo de Integración de Conocimientos sobre el Género Pinus en México. Tesis Profesional. Departamento de enseñanza Investigación y Servicios en Bosques. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Eguiluz P. T. 1982. Clima y distribución del género *Pinus* en México. Cien. For. 7 (38):30-44.

FAO. 1996. Prácticas de Plantación Forestal en América Latina. FAO, Roma.

Farjón, A. 1996. Biodiversity of pinus (Pinaceae) in México. Speciation and paleoendemism. Bot. J. Linn. Soc. 121: 365-384 p.

García M. J. J. 1996(a). Coníferas promisorias para reforestaciones en Sierra Purhépecha. Agenda Técnica. No. 2. CIRPAC-INIFAP-SAGAR. Uruapan, Mich. México. 79 p.

Guadelj, V. Vallones, P. Galazar, C. Guadelj, O. Masiero, B. 2010. Efecto de la utilización de vicia como cobertura y de la fertilización nitrogenada sobre el cultivo de maíz. EEA. INTA Marcos Juárez, Rosario, Pcia de Santa Fe, Argentina. p4.

Haines, S. G.; Haines, L. W.; White, G. 1978. Leguminous plant increase sycamore growth in Northern Alabama. Soil Science Society of America Journal 42: 130-132.

INEGI. 2006. Síntesis geográfica del estado de Puebla. México.

INIFAP. 2011. Especies promisorias de clima templado para plantaciones forestales comerciales en Michoacán. Uruapan Michoacán, México. Boletín núm. 10. 236 p.

Johnson, J. D. y Cline, M. L. 1991. Calidad de la plántula de pinos del Sur. Archivo digital. 19p.

Johnson, J. y E., Magariños. 1995. Alternativas para la integración de los sistemas agroforestales con manejo forestal. Inf Tec. No. 23 CIAT-MBAT. Bolivia. 37 p.

Krishnamurty, L. 1998. Tecnologías Agroforestales para el Desarrollo Rural Sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. pp. 17-46.

Loock E. E. M. 1977. The pines of Mexico and British Honduras: a report on a reconnaissance of Mexico and British Honduras during 1947. 2a. Edición. Department of Forestry. Pretoria, Republic of South Africa. 244 p.

López, T. G. 2007. Sistemas agroforestales 8. SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo

López-Upton, J. 2002. Pinus pseudostrobus Lindl. In: Vozzo, J. A. (ed). Tropical Tree. Seed Manual. United States Department of Agriculture. Forest Service. USA. pp: 636-637

Madrigal, S. X. 1982. Claves para la identificación de las coníferas silvestres del Estado de Michoacán. Boletín Divulgativo. No. 58. INIF-SARH. México, D. F. 100 p.

Martínez, M. 1994. Catálogo de nombres vulgares y científicos de las plantas mexicanas. Fondo de Cultura. Económica, México, D. F.

Monrroy, R. C. 1995. *Pinus patula* Schl. et Cham., en México. Folleto téc. No. 29 SAGAR/CIRGOC-INIFAP. Veracruz. 145 p.

Morales, M. R. E. 2012. Establecimiento de cuatro especies de coníferas en el predio Ateno, municipio de Xochiapulco, Puebla. México. 79 p.

Muzilli, O. 1992. Plantas promisorias para protección del suelo en sistemas de producción. Inf. Tec. No. 8. CIAT-MBAT Bolivia. 24 p.

Myers, R. L. 1992. Shrub and high pine. In: MYERS R. L.; EweI, J.J. (eds.). Ecosystems of Florida. University of Central Florida Press. Orlando, Florida. pp. 150-193.

Nepomuceno M. F. 1994. Botánica y ecología. *In*: Guía tecnológica para el establecimiento de plantaciones de pino patula (*Pinus patula*) en México. Guía Tecnológica No. 4. CENID-COMEF. INIFAP. Coyoacán. México, D. F. p. 7-14.

Niembro, A. 1986. Árboles y Arbustos Útiles de México. Limusa. México 206p.

Ospina. A. A. 2006. Agroforestería. Aportes conceptuales, Metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal. Asociación del Colectivo de Agroecología del Suroccidente Colombiano – ACASOC. Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia, Suramérica.

Peñuelas, R. J. y Ocaña, B. L. 2000. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 190 p.

Pérez, C. R. 1998. Leguminosas herbáceas perennes una alternativa para la diversificación de las fincas citrícolas. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". 45p.

Pérez, O.C. y Olvera, P.C. 1981. Anatomía de la madera de 16 especies de coníferas. Boletín técnico No. 69. INIF. SFF. SARH. 111 p.

Perry, J. S. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press, Inc. USA 231p.

Perry, J. S. Jr. Granham, A. y Richardson, M.D. 1998. The history of pines in Mexico. Ecology and biogeography of *Pinus*. Cambridge University Prees. Cambridge. 137-149 p.

Prado L, (2008). Evaluación agronómica de dos líneas de arveja (Pisum sativum L) y su efecto a la fertilización química y orgánica, en el Cantón Chimbo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Bolívar, Ecuador.

Prieto R., J. A. y Alarcón, M. B. 1998. Producción de planta forestal. Folleto técnico número 10. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP-SAGAR. Durango, Durango. 19 p.

Prieto R., J. A.; Cornejo O., E. H.; Domínguez C., P. A.; Návar Ch., J. de J.; Marmolejo M., J. G. y Jiménez J. P. 2004. Estrés hídrico en Pinus engelmannii Carr., producido en vivero. Invest Agrar: Sist Recur For. 13(3). pp. 443-451.

Prieto, R. J.A., Vera C. G. y E. Merlin B. 1999. Factores que influyen en la calidad de los brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Tecnico N° 12. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, México. 23 p.

Puga, J. 1992. Manual de arveja. Quito, Ecuador. Promoción de exportaciones agrícolas no tradicionales. 86 p.

Quiroz, M. I.; O. M. Garcia.; R. H. Soto.; D. K Casanova. 2009. Evaluación de la germinación de semillas y crecimiento de Pitavia punctata Mol de la costa de La region del Maule. Instituto Forestal- INFOR. Centro Tecnológico de la Planta Forestal. 14 p.

Roa, M. R. y Coe, R. 1992. Evaluating the result of agroforestry research. Agroforestry today. pp 4-8.

Rodríguez, T. D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-Prensa. UACHANCF. México, D. F. 156 p.

Rojas, F. 1997. Plantaciones Forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Centro de Información Tecnológica. Cartago Costa Rica. 114 p.

Rojas, F. 2002. Metodología para la evaluación de calidad de plántula de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill*.)* en vivero. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente Vol. 8 pp 75-81.

Romahn, C. F. 1992. Principales Productos Forestales No Maderables de México. Jose Manuel Rodríguez Sánchez México, Universidad Autonoma de Chapingo. p. 25-124.

Ruiz, C, J; Riverol, R, M; Castelán, V, R; Torres, T, E; Martínez R, F. 2004. Manejo y conservación de los suelos en minifundios de la Sierra Norte de Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Fundación Produce, Puebla, A.C. Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, Cuba. pp. 13-36.

Rural. Colegio de Post-graduados. Puebla. 8 p.

Rzedowski, J. 1978.Vegetación de México. Limusa, México, 431 p.

Sáenz, R. J. T., Muñoz F. H. J. y Rueda S. A. 2011. Especies Promisorias de Clima Templado para Plantaciones Forestales Comerciales en Michoacán. Libro Técnico Núm. 10.

SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 213 p.

SEMARNAT, 2006. Informe de la situación del medio ambiente en México. Anuario estadístico de la producción forestal (en línea). Consultado el 19 diciembre de 2012. Disponible en: www.semarnat.gob.mx

SEMARNAT. 2009. Reforestación: Informe de Entidades Federativas. Resultados, Aciertos y Áreas de Oportunidad 388p

Serrada, R. 2000. Apuntes de Repoblaciones Forestales. FUCOVASA. Madrid.

SIAP-SAGARPA. 2012. Consulta en línea 25 de octubre 2013. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/

Sigala, R. J. A. 2009. Calidad de planta en diez viveros forestales del estado de Durango. Tesis de licenciatura. UACH, México. 117p.

Somarriba, E. 1987. Revisting the pastan essay on agroforetry definition. Agroforestry systemss. pp 233-240.

Terranova Enciclopedia Agropecuaria. 2001. "Producción Agrícola 1", Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá – Colombia, 520 pp.

Thompson, B. E.1985. Seedling morphology: what you can tell by looking. In: Evaluating Seedling Quality. Principles, procedures, and Predictive Abilities of Major Tests. Duryea M. L, ed. Corvallis Oregon. FRL, 59-71 p.

Toral I., M. 1997. Documentos técnicos 1. Concepto de calidad de planta en viveros forestales. Programa de desarrollo forestal integral de Jalisco. Jalisco, México. 28p.

UAM. 2003. Evaluación externa del programa de reforestación (PRONARE) en el estado de Tlaxcala. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 67p.

Vaca, P. R. E. 2011. Evaluación de Tres Bioestimulantes con Tres Dosis en el Cultivo de Arveja (*Pisum sativum* L.). En Santa Martha de Cuba- Carchi. Ibarra Ecuador. 104 p.

Van sambeek, J. W.; Ponder, F.; Rietveld, W. J. 1986. Legumes increase growth and alter foliar nutrient levels of black walnut saplings. Forest Ecology and Management. 17. pp.159-167.

Vela, G. L. 1976. *Pinus patula*, una importante especie mexicana de pino. Ciencia Forestal (1): 10-20.

Vela, G. L. 1980. Contribución a la ecología de *Pinus patula* Schl. et Cham. Publicación especial No. 19 INIF/SARH. México, D.F. 109 p.

Vela G. L. 1981. Contribución a la ecología de *Pinus patula*. Publicación Especial No. 19. INIF-SARH. México, D. F. 109 p.

Villarreal, F. (2006). Determinación del efecto en la productividad de cinco dosis del bio-estimulante "Florone" en tres variedades de arveja (Pisum sativum) aplicado en dos

épocas. San José-Carchi. Tesis de grado previo a la obtención del título del Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Wormald T. J. 1975. *Pinus patula*. Tropical Forestry 7. Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. Oxford, UK. 212 p.

IX. ANEXOS

ANEXO A

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS
DEPTO. DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

"Dr. Sergio Flores Suárez"

SR. E REYES L.
TETELA DE OCAMPO
P R E S E N T E.

Resultados analíticos/VTF05/09/2013

POR ESTE CONDUCTO LE ENVIO LOS RESULTADOS DEL ANALISIS FISICOQUÍMICO REALIZADOS A LA MUESTRA DE SUELO DEL MUNICIPIO DE TETELA DE OCAMPO, PUEBLA, QUE NOS HIZO ENTREGA.

		PROPIETARIO. E REYES L.			
Parámetro	Muestras de Suelos Profundidad 0-30 cm				Predio: Rosa de Castilla Tetela de Ocampo
	M1	Observación	M2	Observación	Método
TEXTURA % Arena % Limo % Arcilla	 36 34 30	Francoarcillosa (Cr)	 40 34 26	Franca (C)	NOM-024-SEMARNAT-2002
C. I. C. Cmol(+)/kg	11.3	Baja	10.3	Baja	NOM-024-SEMARNAT-2002
pH suelo:agua 1:2	5.7	Moderadamente ácido	5.3	Moderadamente ácido	NOM-024-SEMARNAT-2002
Matéria Orgânica %	4.7	alto	3.9	alto	NOM-024-SEMARNAT-2002
Nitrógeno Total %	0.175	Alto	0.170	Alto	NOM-024-SEMARNAT-2002
Fósforo extraíble mg/kg	8.2	Bajo	12.6	Bajo	NOM-024-SEMARNAT-2002
Na intercambiable Cmol(+)/kg suelo	0.55		0.68		NOM-024-SEMARNAT-2002
Mg intercambiable Cmol(+)/kg suelo	0.82	Baja	0.80	Baja	NOM-024-SEMARNAT-2002
Ca intercambiable Cmol(+)/Kg suelo	9.4	Media	8.62	Media	NOM-024-SEMARNAT-2002
K intercambiable Cmol(+)/Kg suelo	0.97	Alta	1.28	Alta	NOM-024-SEMARNAT-2002
Conductividad eléctrica dS/m	0.26	Efectos despreciables de la salinidad	0.35	Efectos despreciables de la salinidad	Significado agronómico
Densidad Aparente g/ml	1.3	Efectos despreciables de la salinidad	1.3	Efectos despreciables de la salinidad	Significado agronómico

Sin otro asunto por el momento quedo de usted.

ATENTAMENTE
H. PUEBLA DE Z. A 6 DE SEPTIEMBRE DEL 2013

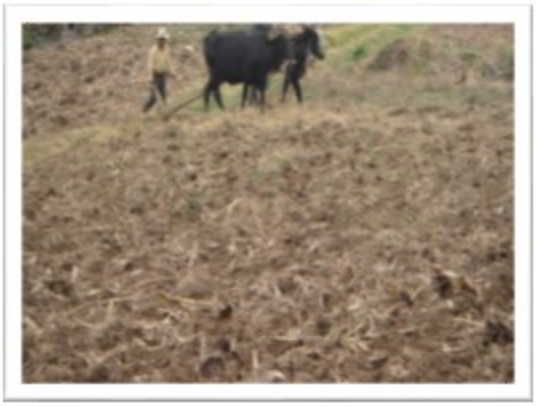
DR. JOSÉ VICTOR TAMARÍZ FLORES
LAB. DE QUÍMICA DE SUELOS-DICA-ICUAP

Av. 14 Sur No. 6301 Ciudad Universitaria C.P. 72570 Puebla, Pue., México
Tel. (012) 229 55 00 Ext.7353 Fax. Ext. 7351 E-mail:jtamariz@siu.buap.mx

ANEXO B

Limpieza del terreno

Terreno después de la remoción del material vegetal



Barbecho con tracción animal

Siembra de chícharo

Apertura de cepas

Plantación

Plantación de *P. montezumae*

Plantación de las especies de pino

Plantas establecidas en campo

Chícharo en estado de floración

Pinus patula asociado con chícharo

Pinus pseudostrobus con chícharo

Crecimiento de la plantación

Mortalidad de las plantas

Mortalidad

Árboles analizados en laboratorio

Medición de la parte aérea

Medición de la parte subterránea

Diámetro al cuello de la raíz

Peso de la parte subterránea

Relación parte aérea / subterránea

Peso aéreo

Horno de secado con las muestras

Parte aérea después del secado

BENEMÉRITA
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE
INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

OFICIO No. 991/IAH/2013

Asunto: Impresión de tesis.

C. ERNESTO REYES LÓPEZ
EGRESADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
P R E S E N T E

Con base en el dictamen emitido por el M.C. Francisco Javier Hernández Archundia (Director de Tesis), M.C. Ignacio Vázquez Martínez (Asesor), M.C. José Nelson Montoya Toledo (Asesor), M.C. Benjamín Barrios Díaz (Asesor) y M.C. Ramiro Escobar Hernández (Asesor) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la tesis titulada:

"EVALUACIÓN DE TRES ESPECIES DE PINO ASOCIADOS CON *Pisum sativum* L. EN TETELA DE OCAMPO"

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agroforestal.

Sin otro particular por el momento, me despido reiterando a Usted mi más atenta y distinguida consideración.

A T E N T A M E N T E
"PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR"
SAN JUAN ACATENO TEZIUTLÁN, PUE., 03 DE DICIEMBRE DE 2013

M.C. FABIÁN ENRIQUEZ GARCÍA
DIRECTOR

Dirección de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica B.U.A.P.

c.c.p.- Archivo y Minutario
**/mlsm