



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

ARVENSES EN UNA PLANTACIÓN DE EUCALIPTO (*Eucalyptus pellita* F. Muell) EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO.

ROGER ARTURO DOPORTO ALFARO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

2014

La presente tesis, titulada: *Arvenses en una plantación de eucalipto (Eucalyptus pellita F. Muell) en Huimanguillo, Tabasco, México*, realizada por el alumno Roger Arturo Doporto Alfaro, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA:



_____ **DRA. EUSTOLIA GARCÍA LÓPEZ**

ASESOR:



_____ **DR. ÁNGEL SOL SÁNCHEZ**

ASESOR:



_____ **DR. EUGENIO CARRILLO ÁVILA**

H. CÁRDENAS, TABASCO A 30 DE JUNIO DE 2014

**Arvenses en una plantación de eucalipto (*Eucalyptus pellita* F. Muell) en Huimanguillo,
Tabasco, México**

RESUMEN

Los objetivos del presente estudio fueron analizar los cambios estacionales de las comunidades de arvenses asociadas a *E. pellita* y la distribución vertical de la densidad de la longitud de raíces finas (DLRF) de *Eucalyptus pellita* y arvenses en parcelas de eucalipto de uno, dos y tres años de edad, en dos épocas del año: húmeda (Septiembre) y seca (Abril), con (tratamiento) control de arvenses y testigo (sin control). El muestreo de arvenses se hizo utilizando cuadros de 60 X 60 cm, divididos en nueve subcuadros. Del análisis de la información de campo resultó que la flora de la comunidad de arvenses estuvo compuesta por 33 especies que se ubicaron en 31 géneros y 14 familias botánicas. Para la época de lluvias las parcelas testigo tuvieron una mayor riqueza florística, destacando *D. setigera*, *C. trinitatus*, *D. incanum* y *H. aturensis*, lo contrario se observó en la época seca, cuando fueron registradas *H. atrorubens*, *B. laevis*, *D. setigera*, *B. latifolia* y *M. charantia*. Los resultados de los tres índices considerados mostraron a las comunidades de arvenses, como áreas con poca riqueza florística.

En cuanto al segundo objetivo la variación de estos parámetros se evaluó en función de la profundidad (1.20 m) y épocas (húmeda y seca), la parcela de un, dos y tres años, presentaron una alta concentración de densidad de longitud de raíces (DLR) finas, en los primeros 20 cm, en conjunto con las arvenses, mostrando algunas diferencia estadística $p=0.05$ en la parcela de dos y tres años en los primeros 30 cm.

Palabras clave: biodiversidad, malezas, fertilidad, plantación forestal

Weeds in a planting of eucalyptus (*Eucalyptus pellita* F. Muell) Huimanguillo Tabasco, Mexico

ABSTRACT

The aims of this research were to analyze the seasonal changes of weed communities associated with *E. pellita* and vertical density distribution of fine root length (DLRF) of both eucalyptus and weeds in plots of one, two and three years old, in two seasons: wet (September) and dry (April), with (treatment) control weed and no control. Weed sampling was made using 60 X 60 cm squares, divided into nine sub-divisions. The analysis of field data proved that the flora of the weed community was composed of 33 species placed in 31 genera and 14 botanical families.

Wet control plots had higher species richness, highlighting *D. setigera*, *C. trinitatus*, *D. incanum* and *H. aturensis*, the opposite was observed in dry season, when there were registered *H. atrorubens*, *B. laevis*, *D. setigera*, *B. latifolia* y *M. charantia*. The results of the three indices considered showed weed communities as areas with low species richness.

With regard to the second aim, the variation of these parameters were evaluated in function of depth (1.20 m) and periods (wet and dry). The eucalyptus of one, two and three years, had a high concentration of fine root length density (DLR) in the first 20 cm, as weeds, showing some statistical difference $p = .05$ in the place of two and three years in the first 30 cm.

Keywords: biodiversity, weeds, fertility, forest plantation

AGRADECIMIENTOS

A Dios, lámpara es a mis pies tu palabra, y lumbrera a mi camino (Salmo 119: 105).

Al CONACYT, por el apoyo económico para la realización de mis estudio de maestría.

A mis padres y hermanos, por su gran respaldo que me han brindado a lo largo de mi vida.

Al Colegio de Postgraduados, por concederme la oportunidad de formación académica.

A la Dra. Eustolia García López, por la oportunidad y confianza que me brindó para adelantar mis estudios de Maestría.

A los Dres. Ángel Sol Sánchez, José Jesús Obrador, por su confianza, respaldo, labor en la enseñanza y orientación en mi trabajo de investigación.

Al Dr. Eugenio Carrillo Ávila, por su disposición y ayuda en mi trabajo de tesis.

A la empresa AGROPICAL S.A de C.V. por las facilidades, apoyo en materiales, equipo y personal para la realización del trabajo de tesis.

Al Ing. José Pablo Gamboa Zúñiga, por haberme apoyado en la plantación de eucalipto para la realización del presente trabajo.

Al Ing. Oscar Cantón Armengol, por el apoyo y permitir realizar mis estudio de investigación.

Agradecimiento a la LPI-2 Agroecosistemas Sustentables del Colegio de Postgraduados por el apoyo técnico recibido.

A mis compañeros de generación (PROPAT, primavera 2012), por haber compartido y vivido juntos esta etapa de superación en nuestras vidas.

A todos, mis más sinceros agradecimientos.

DEDICATORIA

A quien me ha enseñado la confianza en Dios y a quien además le debo la mitad de mi vida.

Mi Padre.

Para quién me ha enseñado que el amor de una madre lo puede hacer todo.

Quién se ha desvivido por mí.

Mi Madre.

A quien por tu inestimable apoyo hasta el último momento de este proceso y... aún. Compañera
y amiga

Mi Esposa.

Razón más grande de todos mis esfuerzos

Mi hija.

ÍNDICE

RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.2. HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. LAS ARVENSES	3
2.2. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO BIOLÓGICO Y ECOLÓGICO DE ARVENSES	5
2.3. INTERACCIÓN DE LAS ARVENSES CON LAS PLANTACIONES.....	6
2.4. MÉTODOS DE CONTROL DE ARVENSES	7
2.5. GENERALIDADES DE EUCALIPTO (<i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell).....	8
2.5.1. Descripción de la planta.....	9
2.5.2. Origen y distribución.....	10
2.5.3. Clima y altitud.....	10
2.5.4. Suelo adecuado para esta especie	11
2.5.5. Productos y germoplasma de gestión.....	11
III. REFERENCIA	13
CAPITULO II.....	17
CAMBIOS ESTACIONALES DE LA FLORA ARVENSE ASOCIADA A <i>Eucalyptus pellita</i> EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO.	17

CAMBIOS ESTACIONALES DE LA FLORA ARVENSE ASOCIADA A <i>Eucalyptus pellita</i> EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO	18
Resumen	18
Abstract	19
2.1. INTRODUCCIÓN	20
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS	22
2.2.1. Área de estudio	22
2.2.2. Muestreo de arvenses	23
2.2.3. Riqueza de especies	24
2.2.4. Densidad	24
2.2.5. Frecuencia	25
2.2.6. Índice de Shannon-Wiener	25
2.2.7. Índice de Simpson	25
2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
2.3.1. Riqueza	26
2.3.2. Frecuencia y densidad	26
2.3.3. Índice de Shannon-Wiener	29
2.3.4. Índice de Uniformidad de Shannon (SHEI)	29
2.3.5. Índice de Simpson	30
2.4. CONCLUSIONES	31
2.5. REFERENCIA	32
CAPITULO III.	34
DENSIDAD DE LONGITUD DE RAÍCES (DLR) DE ARVENSES Y	34
EUCALIPTO EN DOS ÉPOCAS EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO.	34

DENSIDAD DE LONGITUD DE RAÍCES (DLR) DE ARVENSES Y EUCALIPTO EN DOS ÉPOCAS EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO	35
Resumen	35
Abstract	36
3.1. INTRODUCCIÓN.....	37
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.2.1. Área de estudio.....	38
3.2.2. Muestreo de raíces.....	39
3.2.3. Caracterización de la unidad del suelo.....	40
3.2.4. Diseño experimental.....	40
3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
3.3.1. Caracterización de la unidad del suelo.....	40
3.4. CONCLUSIÓN	47
3.5. REFERENCIAS.....	48
3.6. CONCLUSIONES GENERALES	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Parámetros poblacionales de arvenses de la plantación de eucalipto de uno, dos y tres años en la época de lluvias. Frecuencia (F) y Densidad (D).	26
Cuadro 2. Parámetros poblacionales de arvenses de la plantación de eucalipto de uno, dos y tres años en la época de seca. Frecuencia (F) y Densidad (D).	28
Cuadro 3. Valores del Índice de diversidad de Shannon-Wiener para las parcelas de eucalipto de uno, dos y tres años en la época de lluvias.	29
Cuadro 4. Valores del Índice de Uniformidad para las parcelas de eucalipto de uno, dos y tres años en la época de lluvias.	30
Cuadro 5. Valores del Índice de Simpson para las parcelas de eucalipto de uno, dos y tres años en la época de lluvias.	30
Cuadro 6. Perfil representativo de la subunidad de suelo Acrisol	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de las plantaciones de <i>E. pellita</i> en estudio, Huimanguillo, Tabasco	22
Figura 1. 1. Cuadro de metal utilizado para el presente estudio.	24
Figura 2 Comportamiento de la DLR a seis profundidades (arvenses: negro; eucalipto: gris), en plantaciones de: a) un año, b) dos años, y c) tres años. Las barras verticales indican intervalos de confianza (0.95).	42
Figura 3 Comportamiento de la DLR de eucalipto a una profundidad de 1.20m en dos épocas: húmeda (negro) y seca (gris), en plantaciones de: a) un año, b) dos años y c) tres años. Las barras verticales indican intervalos de confianza (0.95).	45

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción y consumo de madera ha ido aumentando conforme lo ha hecho la población humana, lo que ha incrementado a su vez, la presión sobre los bosques naturales de donde, hasta hace muy poco, provenía la mayor parte de los recursos maderables. Afortunadamente, los bosques plantados o plantaciones forestales se perfilan como una importante fuente de recursos madereros, además de que proveen muchos otros recursos, lo que en el futuro será, sin duda, un mecanismo para reducir dicha presión (FAO, 2009).

Dentro del ciclo de vida de una planta, la fase de plántula es un periodo crítico en la dinámica de una población arbórea, ya que de ella depende la incorporación de nuevos individuos productores. En una plantación forestal esta etapa cobra mayor importancia si se tiene en cuenta que de ella depende el establecimiento y posterior desarrollo de individuos capaces de sobrevivir a una serie de factores adversos, tanto bióticos como abióticos, relacionados con el efecto de facilitación o inhibición que sobre ellos ejercen otras plantas (García-López, 2005; Germaine y McPherson, 1999).

Una vez que se ha superado la fase de vivero, el establecimiento de plántulas en campo suele ser la etapa crítica que determina el reclutamiento y buen desarrollo de la plantación (Labrada y Parker, 1996). En esta fase hay que tener en consideración diversos aspectos entre los que destacan las condiciones de la parcela, en general, y del micro-sitio en el que se ubicará cada individuo, en particular.

Una vez que se realiza la plantación, el desarrollo de los individuos puede detenerse o disminuir debido a que su sistema radicular lateral se ve afectado por cambios relacionados con escasez de nutrientes y humedad, efecto que suele reflejarse durante el primer año (Gliessman, 2002). Algunos de los factores que hay que tener en cuenta en este momento son la disponibilidad de agua y nutrientes, la radiación solar y las posibles relaciones de competencia o facilitación con otras especies vegetales presentes en la zona, factores que muchas veces pueden estar relacionados entre sí (García-López, 2005).

Las plantas asociadas al cultivo, conocidas también como arvenses o malezas, suelen ser muy eficientes en la captación de agua y algunos nutrimentos que se aplican vía fertilización, lo que va en detrimento de la especie maderable de interés que, en esta fase, mide apenas unos centímetros y cuyo desarrollo es, en general, muy parecido al de cualquier planta herbácea (Doll, 1994).

En este sentido, el control de arvenses es una de las actividades clave en la sobrevivencia, crecimiento y uniformidad de una plantación forestal ya que, si no se tienen los cuidados necesarios durante los primeros meses de la plantación puede haber pérdida de plantas y, dependiendo de su magnitud, podría requerirse programar una replantación que, lógicamente, representará gastos extraordinarios para el productor (Labrada y Parker, 1996).

En México el eucalipto es una de las especies exóticas que se ha cultivado con buenos resultados; tiene gran importancia, ya que su madera puede ser utilizada en una variedad considerable de productos, por ejemplo para la obtención de leña con alto poder calorífico, carbón vegetal, construcción, obtención de postes para comunicación, parquet, celulosa, entre otros (Martínez *et al.*, 2006). En el sureste del país, Tabasco es uno de los estados que, por contar con importantes cuencas, posee un elevado potencial productivo para las plantaciones forestales (J.P.C., 2004), sin embargo, muchos de los proyectos silvícolas de México se desarrollan en la sabana de Huimanguillo, donde el tipo de suelo que predomina son los Acrisoles, que ocupan 7.9% de la superficie del estado. De acuerdo con Palma-López *et al.* (2006) dichos suelos presentan condiciones adecuadas para el establecimiento de sistemas forestales, aunque Tabasco cuenta con más de 15, 000 ha establecidas (Pérez *et al.*, 2005).

1.1. OBJETIVOS

Analizar los cambios estacionales de las comunidades de arvenses asociadas a *E. pellita* de uno, dos y tres años en las épocas húmeda y seca.

Estimar la densidad horizontal y vertical de longitud de raíces (DLR) de *E. pellita* y arvenses en las épocas húmeda y seca en plantaciones de uno, dos y tres años

1.2. HIPÓTESIS

Las comunidades de arvenses asociadas a eucalipto pelita presentan variaciones estacionales.

La competencia espacial de las raíces de eucalipto y arvenses varía dependiendo de la época del año y la edad de la plantación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LAS ARVENSES

El término *arvense* hace referencia a una planta no cultivada, a la que con frecuencia se le denomina “maleza”. Las arvenses son plantas silvestres que crecen en hábitats frecuentemente modificados por la actividad humana. Una planta es maleza si, en cualquier área geográfica específica, sus poblaciones crecen sin que sean cultivadas con deliberación (Alan *et al.*, 1995), pues compiten con los cultivos por espacio, luz y nutrientes, disminuyendo la producción. Aunque tienen impacto negativo dentro de un cultivo, las arvenses no necesariamente son “malas” dentro de un agroecosistema, algunas tienen funciones benéficas, como servir de cobertura al suelo, evitando la erosión del mismo, lo que permite reconocer su papel ecológico, cultural y social dentro del agroecosistema y algunos otros beneficios que su presencia conlleva (Gliessman, 2002; Caamal, 2004). De hecho, algunas de ellas son fuente de alimentos directos para el hombre o de forraje para

los animales domésticos, lo que les da un valor adicional en los cultivos (Espinosa-García, 1998).

En la actualidad se reconocen aproximadamente 270,000 especies de plantas descritas del planeta puede y cualquiera de ellas puede llegar a ser arvense, de éstas apenas unas 250 se distinguen por competir con los cultivos. Cerca del 71% de las arvenses de mayor importancia están ubicadas en ocho familias botánicas, pero más de la mitad de ellas pertenecen a Asterácea y Poaceae (Holm *et al.*, 1977).

Siendo México uno de los doce países con mayor diversidad biológica, no es extraño que cuente también con una gran diversidad de arvenses, sobre todo si se considera la capacidad que éstas tienen de prosperar en sitios perturbados. Se estima que en el mundo existen alrededor de 3000 especies de arvenses, de las que 10-12% se han reportado para México.

En investigaciones ecológicas o de agricultura sustentable, en general, se ha optado por utilizar los términos “arvense” o “especie adventicia”, que hacen referencia a la presencia natural de estas especies en los sitios perturbados en general por actividades antropológicas (Caamal, 2004). Las arvenses son consideradas organismos estrategas *r* por ser oportunistas, tener fácil dispersión, alcanzar la madurez rápidamente, ocupar y dominar hábitats perturbados en el paisaje agrícola (Gliessman, 2002).

Las arvenses forman parte de la fase inicial del proceso de establecimiento de un cultivo; son exitosas por presentar ciertas ventajas con respecto a la especie cultivada, como la capacidad de desarrollarse rápidamente por tener la estructura de sus raíces bien desarrolladas, lo que les confiere una mayor y más rápida adsorción de nutrientes y les permite tener una mayor reproductividad; tienen gran producción de semillas y diversos mecanismos de dispersión que aseguran su estancia y les convierte en fuertes competidoras por recursos limitados como espacio, agua, luz y/o nutrientes (Alán *et al.*, 1995).

El manejo de arvenses en una plantación forestal es importante para el buen desarrollo de ésta, cuando no son controladas debidamente, el desarrollo de los árboles se reduce

(Maghembe *et al* 1986), por eso es importante mantener los campos limpios, por lo menos el primer año de establecimiento en campo, ya que, además de que el crecimiento de las arvenses es más rápido, pueden absorber hasta 68% del nitrógeno (N) aplicado vía fertilización y utilizar más rápido el N mineral del suelo que los arboles (Woods *et al.*, 1992) y, dependiendo de la cantidad de arvenses, pueden causar un severo estrés hídrico (Nambiar y Zed 1980).

Zutter *et al.* (1986), han realizado estudios donde se ha demostrado que el crecimiento en diámetro y altura de *Pinus taeda* durante el primer año en campo ha estado influido significativamente por la presencia de vegetación herbácea y su control.

El conocimiento de las especies presentes y su nivel de infestación es muy importante en la realización de un correcto manejo de las arvenses. La identificación de éstas debe ser precisa para asegurar que las prácticas para su combate tengan éxito. También hay que tener en cuenta que, durante ciertos períodos, las arvenses causan un mayor daño a las plantas cultivadas, por lo que las medidas de control durante este período son vitales, pues en muchas ocasiones los daños pueden ser irreversibles (Labrada y Parker, 1996).

2.2. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO BIOLÓGICO Y ECOLÓGICO DE ARVENSES

El conocimiento de la biología y ecología de las arvenses es requisito indispensable para la planeación de un manejo adecuado. Las estrategias de vida son diversas, ya que todo ser vivo trata de incrementar las posibilidades de supervivencia, ya sea especializándose en un ambiente concreto o tratando de ser extremadamente flexible y tolerante, de manera que logre progresar en múltiples situaciones. Para conocer la estrategia de vida de un organismo debemos conocer las adaptaciones de su ciclo biológico: nacimiento, crecimiento, reproducción y dispersión de la descendencia generada (Pareja, 1986).

Entre los aspectos positivos que las arvenses pueden tener, desde el punto de vista ecológico se pueden enumerar las siguientes:

- Control de la erosión: su rusticidad las hace idóneas en los planes de revegetación de taludes.
- Sirven de alimento y refugio a los animales (especialmente interesante en campos extensivos y zonas peri-urbanas).
- Pueden tener usos medicinales (como las solanáceas y otras, por sus alcaloides).
- Añaden materia orgánica al suelo, por lo que pueden utilizarse como abono natural (verde o seco).
- Gracias a sus altas tasas de crecimiento reciclan nutrientes con rapidez, por lo que pueden emplearse en tareas de limpieza de aguas y suelo.
- Su genoma puede ser potencialmente valioso (una arvense gramínea puede ser tolerante a una plaga y si se localiza el gen o genes responsables, podrían implantarse a la especie cultivada emparentada).
- Hospedan a insectos beneficiosos (recientemente se ha descubierto que en arvenses que rodean invernaderos pululan depredadores naturales de la mosca blanca).
- Su porte puede ser llamativo, constituyendo una fuente ornamental potencial a emplear en terrenos muy degradados.

2.3. INTERACCIÓN DE LAS ARVENSES CON LAS PLANTACIONES

Los organismos pueden tener entre sí interacciones positivas o negativas, las cuales pueden impactar sobre los agroecosistemas, añadiendo o removiendo de su ambiente inmediato algún recurso, lo que tiene consecuencias inter e intra específicas, que incluyen efectos alelopáticos y competitivos producidos por una planta sobre otra (Gliessman, 2002).

El grado de importancia de la competencia con las arvenses depende de cuatro factores: la etapa fenológica del cultivo, la cantidad de arvenses presentes, el grado de estrés hídrico o nutrimental y las especies particulares (composición florística) de las arvenses (Caamal,

2004). Como resultado de esa interferencia, las arvenses generan pérdidas en la agricultura, tanto en calidad como en cantidad de la producción y otros rubros, desperdiciándose enormes cantidades de energía, sobre todo no renovable. Los costos del combate y los efectos sobre los rendimientos son muy variables, pues dependen del agricultor, del manejo de las especies predominantes, de la superficie cultivada y de las condiciones agroecológicas de la unidad de producción, entre otros factores (Gliessman, 2002).

Algunas arvenses pueden causar más daño que otras, ya sea por la producción de sustancias alelopáticas (metabólitos secundarios que son liberados en la rizósfera) que dificultan o impiden el crecimiento normal de la planta de cultivo o de otras arvenses, incrementando así su dominancia (Rojas, 1980; Caamal, 2004).

En toda plantación forestal las arvenses se consideran un enemigo de primer orden, ya que en este, como en otros agroecosistemas, intervienen en el equilibrio ecológico provocando problemas fitosanitarios (al constituirse como hospederos de plagas y enfermedades), lento desarrollo, retraso de la floración, bajo rendimiento; y sus daños sólo son cuantificables al momento del corte, por lo tanto, se deben controlar en los dos primeros años posteriores a la siembra, aunque se recomienda realizar un manejo adecuado durante todo el ciclo de vida (Rojas, 1980; Caamal, 2004).

Gliessman (2002) menciona que la competencia que ejercen las arvenses en plantaciones establecidas es limitada si se tienen un buen manejo.

2.4. MÉTODOS DE CONTROL DE ARVENSES

Debido a su interacción con la plantación, se han desarrollado diferentes estrategias de control de arvenses que es preciso tener en consideración por los efectos que pueden tener sobre la dinámica de arvenses-sistemas agrícolas en conjunto (Caamal, 2004):

Preparación del terreno, que resulta básica para eliminar arvenses perennes, de existir, antes de la plantación.

Control mecánico o manual, que es una práctica de rutina para eliminar las arvenses entre las hileras de plantas.

De los métodos existentes para el control de arvenses, el químico es el más comúnmente practicado por los productores; en general es más efectivo que el “desmalezado” mecánico debido a que requiere menor esfuerzo, además de que la zona aplicada queda libre de arvenses por un período más prolongado (Wadsworth 2000); no obstante, tiene las desventajas del deterioro de las características físicas, químicas y biológicas de los suelos, contaminación ambiental, posibilidad de generar resistencia de las arvenses por la utilización intensiva de herbicidas, requerimiento de un equipo costoso para las aplicaciones y problemas de intoxicación para el aplicador.

Los métodos de control siempre van a influir en la población de arvenses, la incidencia de éstas se reduce con el método de control químico en comparación con el control mecánico, unas especies se pueden ver favorecidas por el corte, pudiendo haber un incremento en cuanto a riqueza de especies, diversidad y equidad en diferentes ciclos (Tena, 1998). Por ejemplo, la aplicación repetida de algún producto químico provoca la proliferación de algunas especies específicas, que se vuelven resistentes y tolerantes a ese producto (Labrada y Parker, 1996).

2.5. GENERALIDADES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus pellita* F. Muell)

El eucalipto pelita pertenece a la familia Myrtaceae, es una especie de planta latifoliada y heliófila, muy susceptible, en su fase inicial de crecimiento, a la competencia interespecífica.

En sus países de origen son llamados caobas rojas y crecen principalmente en bosques abiertos de eucalipto o junto a bosques húmedos. Se les asocia con “cadaga” (*Eucalyptus torrelliana*), “carbeen” (*Eucalyptus tessellaris*), “forest red gum” (*Eucalyptus tereticornis*), *Lophostemon* spp y acacias (*Acacia mangium*, *Acacia celsa*).

El significado de su epíteto específico *pellitus* (cubierto por una piel) es, en realidad una alusión vaga. Los frutos son más grandes que los de *Eucalyptus resinifera* y *Eucalyptus notabilis*.

2.5.1. Descripción de la planta

Dombro (2010) menciona que son árboles medianos comúnmente hasta de 40 m de altura y metro de diámetro. Normalmente tienen un fuste recto hasta la mitad de la altura total y una copa grande y muy ramificada. En sitios pobres suelen llegar sólo a 15-20 m y en sitios expuestos en la costa son árboles reducidos a una forma de arbusto con sólo 5-10 m de altura (IPEF, 2011).

Las características principales de la planta (Boland *et al.*, 2006) son las siguientes:

Corteza: Rugosa y persistente hasta en las ramas pequeñas, de fibra corta, fisurada longitudinalmente, marrón rojiza a marrón (Boland *et al.*, 2006). Los tallos de las plántulas y árboles juveniles son visiblemente cuadrangulares en sección transversal con bordes realzados.

Hojas: En plántula son opuestas, hasta cuatro-siete pares, luego alternas, pecioladas, ovadas, 5-15 x 1.6-7 cm, verdes, discoloras. En fase juvenil alternas, pecioladas, ovadas, 14-21 x 7-8.5 cm, verdes, discoloras (FAO, 1981). En la madurez son alternas, pecioladas, normalmente terminando en una punta afilada fina y alargada, ampliamente lanceoladas, lanceoladas a falcadas, 10-16 x 2-4 cm de largo, verdes, fuertemente discoloras.

Inflorescencia: Simple, axilar, normalmente con siete flores de 0.9-2.3 x 0.6-1.4 cm; pedúnculos anchos, aplastados, de 1-2.5 cm de largo; pediculada, los pedículos usualmente gruesos, angulares, 0.1-0.9 cm de longitud, brotes con hipantio obcónico, normalmente con costillas que continúan de los pedículos angulares, opérculo altamente variable, con pico, cónico o hemisférico, pudiendo ser más ancho o más angosto que el hipantio. Florece de diciembre a febrero.

Fruto: Cortamente pediculado, hemisférico a obcónico, seguido de una leve costilla, 0.7-1.4 x 0.7-1.7 cm, disco ancho, más o menos a nivel, 4 válvulas usualmente, exerto; la cicatriz del opérculo prominente (usualmente más ancha que el disco), cóncavo. Semillas piramidales, marrón, hilo terminal.

Madera: Albura rojo pálido, susceptible al ataque de barrenadores *Lyctus*; duramen rojo oscuro (similar a *E. marginata*), grano algo entrecruzado, de textura moderadamente rugosa, fácil de trabajar, de buen terminado, durable; densidad de 775-1085 kg m⁻³; usada para pisos, revestimientos, paneles, molduras y para construcción en general. La madera es idéntica a aquella de *E. resinifera*.

2.5.2. Origen y distribución

Es originaria de Australia, Papúa y Nueva Guinea (Machado *et al.*, 2010) y posiblemente de algunas islas de Indonesia (Dombro, 2010), donde se encuentra en forma de bosques abiertos esclerófilos, en zonas de altas pendientes y en los márgenes de ríos; crece también en ambientes húmedos y sub-húmedos. Igualmente se ha adaptado al trópico de altura y es resistente a las heladas, lo que denota su alta adaptabilidad a ambientes contrastantes (Bolandet *et al.*, 2006).

E. pellita en Australia se extiende desde el Iron Range hasta la península de Cape York, al sur de Coen y desde el norte de Cooktown hasta el sur de Ingham, con una pequeña presencia entre estas dos zonas en el Parque Nacional Cape Melville; también se extiende a las zonas bajas del sur de Nueva Guinea (Bolandet *et al.*, 2006).

2.5.3. Clima y altitud

Su distribución va desde sitios cercanos al nivel del mar hasta los 800 m, y en climas que presentan temperaturas del mes más cálido/más frío de 31-38°C/10-19°C, con baja incidencia de heladas y precipitación de 1200-3300 mm por año, con máxima en verano (FAO, 1981; Dombro, 2010).

2.5.4. Suelo adecuado para esta especie

Esta especie se desarrolla en topografías suaves a moderadas, en algunos casos con pendientes empinadas y bien drenadas (Machado *et al.*, 2010). Los mejores manchones de árboles se encuentran en las laderas inferiores de las montañas grandes y junto a los arroyos (Bristow, 2008). Los suelos varían desde arenas poco profundas y arcillas arenosas hasta suelos francos profundos y arenas costeras profundas. Los sustratos incluyen piedra arenisca, granito y pizarra (Boland *et al.*, 2006; Álvarez de León & García, 2007).

2.5.5. Productos y germoplasma de gestión

Productos

Apicultura: Las flores son una fuente menor para la elaboración de miel fina, de sabor fuerte, además de proporcionar grandes cantidades de polen para las colonias de abejas (Orwa *et al.*, 2009).

Combustible: *E. pellita* es una fuente adecuada de leña y para la elaboración de carbón vegetal (Orwa *et al.*, 2009).

Aceite esencial: El aceite obtenido de *E. pellita* es esencialmente un monoterpenoide muy variable, compuesto principalmente por alfa-pineno (20-51%), limoneno (11-44%), gamma-terpineno (0,2-23%), rho-cimeno (0,3-11%), beta-pineno (2 -6%) y terpinoleno (0,5-3%) (Orwa *et al.*, 2009).

Veneno: En Cuba los aceites esenciales puros fueron extraídos de las hojas de *E. pellita* y se encontró que tenían un gran efecto repelente sobre la hormiga *Wasmannia auropunctata*, una plaga tanto de las plantaciones forestales como de cultivos frutales, durante las 96 horas en las que se realizaron las observaciones (Orwa *et al.*, 2009).

Germoplasma de gestión

Las semillas permanecen viables durante muchos años bajo condiciones controladas de almacenamiento. En un kilogramo hay aproximadamente 69 000 semillas viables (FAO, 1981).

III. REFERENCIA

- Alán, E.; Barrantes, U.; Soto, A. y Agüero, R. 1995. Elementos para el manejo de malezas en agroecosistemas tropicales. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 223 p.
- Álvarez de León M. y García F. 2007. “Eucalipto pellita (F. Muell), especie multipropósito al servicio de la ganadería en los llanos orientales”. Ed. Produmedios Bogotá, Colombia. 4p.
- Boland D.J., Brooker M.I.H., Chippendale G.M., Hall N., Hyland B.P.M., Johnson R.D., Kleinig D.A., McDonald M.W., Turner J.D.. (2006). “Forest Trees of Australia”, 5ª edición (CSIRO Publishing, Australia). 768 pp.
- Bristow, M. 2008. Growth of *Eucalyptus pellita* in mixed species and monoculture plantations. A thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. Lismore, NSW. School of Environmental Science and Management Southern Cross University. 121p.
- Caamal, J. A. 2004. Arvenses. In: Bautista, F.; Delfín, H.; Palacio, J. Delgado, M., 2004. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. UNAM-UAY-CONACYT-INE. México. pp: 343-362.
- Doll J. D. 1994 Dynamics and Complexity of Weed Competition. Weed Management for Developing Countries. Edited R. Labrada, J. C. Caseley & C. Parker, Plant Production and Protection Paper No. 120, FAO, Rome, pp. 29-34.
- DOMBRO D. 2010. Eucalyptuspellita: Amazonia Reforestation's red mahogany. Planeta Verde Reforestación S.A. (en línea). Disponible en: <http://www.myreforestation.com>. Fecha de consulta: junio 2013.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, Italia). 2009. Situación de los bosques del mundo 2009. Roma, Italia. 158 p.
- FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Roma, Italia. 653 p. En línea: <http://www.fao.org/docrep/004/AC459S/AC455921.htm#ch14.76>. Fecha de consulta: junio de 2013.
- García López, E. 2005. Efecto del manejo sobre la producción y regeneración del arbolado en dehesas de encina (*Quercus ilex* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca, España. 95 p
- Germaine, H.L. y G. McPherson. 1999. Stages and spatial scales of recruitment limitation in southern Appalachian forest. *Ecological monographs* 68 (2): 213-235.
- Gliessman, S.R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en la agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 359 p.
- Holm, L., D. Plucknett, J. Pancho, y J. Herberger. 1977. Peores malezas del mundo: Distribución y Biología. Universidad de Hawái. 609 pp.
- Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), 2011. Chave de Identificação de Espécies Florestais (CIEF) (En línea). Fecha de consulta: junio de 2013. Disponible en: <http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/pellita.asp>
- J.P.C. (JAAKK PÖYRY CONSULTIN). 2004. Estudio de Prefactibilidad de la Cuenca Industrial Forestal del Golfo de México, Fase I y II. Informe Final. CONAFOR, México, 126p.
- Labrada, R.; Caseley, J.C. y Parker, C. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo (en línea). (Colección FAO Producción y protección vegetal No. 120. Consultado 05 sept. 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s00.htm>

- Machado, S; Deon, M; Couto, A; da Silva, L; Francisco, T; Grattapaglia, D. 2010. Manual Práctico de Mejoramiento Genético do Eucalipto. Ed. UFV. Universidad Federal de Viçosa. Departamento de Fitopatología. Viçosa, Brasil. 200p
- Maghembe, J.A.; Kaoneka, A.R.S. y Lulandala, L.L.L. 1986. Intercropping, Weeding and Spacing Effects on Growth and Nutrient Content in *Leucaenaleucocephala* at Morogoro, Tanzania. Forest Ecology and Management no. 16: 269 – 279.
- Martínez R. R., Azpíroz R. H. S., Rodríguez J.L., Cetina A. V. M., Gutiérrez E. M. A. 2006. Importancia de las plantaciones forestales de *Eucalyptus*. Ra Ximhai. 2(3): 815-846.
- Nambiar, E.K.S. y Zed, P.G. 1980. Influence of weeds on the water potential, nutrient content and growth of young radiata pine. Australian Forest Research no. 10: 249 – 288.
- Orwa C, Mutua A, R Kindt, Jamnadass R, Simons A. 2009. Agroforestry base de datos: una referencia árbol y guía de selección versión 4.0 (<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>).
- Palma-López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J.A. Rincón-Ramírez. 2006. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. 3ª. Ed. ISPROTAB, FUNDACION PRODUCE TABASCO-COLEGIO DE POSTGRADUADOS. Villahermosa, Tabasco, México.196 p.
- Pareja, M.R. 1986. Biología y ecología de malezas como base para el desarrollo de programas de manejo integrado de malezas (MIM). Turrialba, Costa Rica, CATIE. p 5-10.

- Pérez Vera, OA; Yáñez Morales, MJ; Alvarado Rosales, D; Cibrián Tovar, D; García Díaz, SE. 2005. Hongos asociados a Eucalipto, *Eucalyptus grandis* Hill: Maid. Agrobiencia. 39(3): 311-318.
- Rojas G. M. 1980. Manual teórico-práctico de herbicidas y fitorreguladores. Editorial: Limusa, México. 115 p.
- Tena M. y M. Pedro. 1998. Efecto de las prácticas de cultivo en poblaciones de arvenses y sus semillas en el suelo. Colegio de Postgraduados. Tesis. Maestría en ciencias. Instituto de Recursos Naturales. Especialidad en Botánica. Montecillo, Texcoco. Edo. de México. 123 p.
- Villaseñor Ríos, J.-L. y F. J. Espinosa García, 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario, Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Wadsworth, F.H. 2000. Producción Forestal para América Tropical. Washington, DC. Servicio forestal, USDA. 603 p. (Manual de agricultura 710. IUFRO-SPDC Textbook Project No.3).
- Woods, P.V.; Nambiar, E.K.S. y Smethurst, P.J. 1992. Effect of annual weeds on water and nitrogen availability to *Pinus radiata* trees in a young plantation. Forest Ecology and Management no. 48: 145 – 163.
- Zutter, B.R.; Glover, G.R. y Gjerstad, D.H. 1986. Effects of herbaceous weed control using herbicides on a young loblolly pine plantation. ForestScience 32 (4): 882 – 899.

CAPITULO II.

CAMBIOS ESTACIONALES DE LA FLORA ARVENSE ASOCIADA A *Eucalyptus pellita* EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO.

CAMBIOS ESTACIONALES DE LA FLORA ARVENSE ASOCIADA A *Eucalyptus pellita* EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO

Resumen

Cambios Estacionales de la Flora Arvensis Asociada a *Eucalyptus pellita* en Huimanguillo, Tabasco, México. El objetivo del presente estudio fue analizar los cambios estacionales de las comunidades de arvenses asociadas a *E. pellita* de uno, dos y tres años en dos épocas: para la húmeda se consideró el mes de septiembre y para la seca abril; y dos condiciones: con control de arvenses (tratamiento) y testigo (sin control). El número de muestreos se determinó usando el método del área mínima. Se seleccionaron tres árboles en cada parcela y, mediante el método de cuadrantes, se hicieron tres muestreos de arvenses en las dos épocas, registrando la información necesaria para el cálculo de los índices relacionados con la estructura y composición de la biodiversidad vegetal: riqueza de especies, frecuencia, diversidad, dominancia y similitud. La riqueza florística general constó de 33 especies 31 géneros y 14 familias. La plantación que tuvo la mayor riqueza específica fue la testigo de un año, de igual manera, la frecuencia y densidad tuvieron un comportamiento similar; en general, en la época de lluvias se observó los valores más altos y en las parcelas testigo. Las especies que destacaron por su frecuencia y cobertura fueron: *Digitaria setigera* Roth. y *Setaria pumila* Poir. Roem. & Schult. En cuanto a los índices diversidad, uniformidad de Shannon, y dominancia de Simpson en general, los bajos valores muestran comunidades con poca diversidad, muy variadas en cuanto a la superficie que ocupan las especies registradas. Las especies dominantes fueron: *Panicum aturense* Kunth, *Setaria pumila* Poir. Roem. & Schult. y *Digitaria setigera* Roth, las que habrá que considerar en las prácticas de control de arvenses, sobre todo porque se encuentran en dos de las tres épocas del año.

Palabras clave: época del año, malezas, fertilidad, plantación forestal

Abstract

Seasonal Changes Associated with Eucalyptus Flora Arvensis *pellita* Huimanguillo Tabasco, Mexico. The aim of this study was to analyze the seasonal changes of weed communities associated with *E. pellita* of one, two and three years in two seasons: wet to be considered in September and the dry April; two conditions: with weed control (treatment) and control (no control). The number of samples was determined using the method of minimum area. Three trees were selected in each plot and by the method of quadrants, three samplings weed were made in the two seasons, recording the information necessary for the calculation of the indices related to the structure and composition of plant biodiversity: species richness frequency, diversity, dominance and similarity. The overall species richness consisted of 33 species 26 genera and 13 families. The plantation had the highest species richness was witnessed a year, similarly, the frequency and density behaved similarly; generally in the rainy season and the highest values in the control plots was observed. The species noted for their frequency and coverage were: *Digitaria setigera* Roth. and *Setaria pumila* Poir. Roem. & Schult. As indices of Shannon diversity and evenness, and Simpson dominance in general, low values show communities with little diversity, varied as to the area occupied by the species recorded. The dominant species were *Panicum aturensis* Kunth, *Setaria pumila* Poir. Roem. & Schult. and *Digitaria setigera* Roth, which should be considered in weed control practices, especially because they are in two of the three seasons.

Keywords: season, weeds, fertility, forest plantation

2.1. INTRODUCCIÓN

Desde el momento en que el ser humano comenzó a establecer los monocultivos, las arvenses se han desarrollado asociadas a éstos. En las décadas de los 50's y 60's las arvenses cobraron una mayor importancia, no tanto por el impacto que tenían sobre las plantaciones o sobre los ecosistemas, sino por el hecho de que se difundió la idea de exterminarlas totalmente. La falta de experiencia en el manejo de las comunidades de arvenses originó que se ignoraran los principios fundamentales que algunas culturas habían implementado a lo largo de su historia, como las prácticas de conservación del suelo y la introducción de prácticas de manejo apropiadas para alcanzar los rendimientos deseados (Nambiar, 1995). Hoy en día la tasa de crecimiento de las plantaciones forestales puede aumentar sustancialmente con la implementación de un programa de manejo adecuado, que incluya la preparación del suelo, la fertilización y el control de arvenses, plagas y enfermedades.

El tiempo para que una plantación llegue a su turno de corta depende principalmente de la especie de que se trate y de las condiciones climatológicas en las que se quiera desarrollar; aunque México tiene una amplia variedad de climas, el de Tabasco es, en general tropical, pero suele estar diferenciado en tres épocas que se presentan durante el año (Larios y Hernández, 1992): seca, de norte y de lluvia. En la época seca, la mayoría de las arvenses y otras especies indeseables compiten con las especies forestales, sobre todo en la fase de desarrollo inicial (más joven) de la plantación, en tanto que la disponibilidad de agua (y nutrientes) en la de lluvias y nortes determinará una menor competencia.

No obstante que la interacción arvenses-plantación se dará a lo largo de todo el ciclo de cultivo, las etapas juveniles suelen ser determinantes para el futuro desarrollo de los árboles productores. Lo anterior hace prudente la continuación del control de arvenses hasta el inicio del cierre de copas, momento en el cual el bosque comenzará a dominar o suprimir el crecimiento de las plantas herbáceas y a establecer un ambiente forestal (Haig *et al.*, 1990; Willoughby y Dewar, 1995). Cabe mencionar que no todas las especies suprimen su crecimiento, quedarán aquellas que soporten mejor las condiciones ambientales que

prevalezcan en el sistema, las cuales se considera que, en general representan una menor competencia.

El acelerado crecimiento de la superficie plantada con especies de rápido crecimiento, entre las que destacan las del género *Eucalyptus* ha obligado a los empresarios forestales a buscar una mayor productividad silvícola, programando cada una de las actividades involucradas en el establecimiento de las plantaciones forestales, entre las que el manejo de las arvenses ha tomado cada vez mayor relevancia si se tiene en cuenta que es uno de los principales factores limitantes en el desarrollo de las plántulas (Nambiar, 1990).

El control de las comunidades de arvenses en la silvicultura mexicana en los últimos años se ha estado haciendo mediante la aplicación de herbicidas, con experiencias aisladas y resultados erráticos, debido básicamente al desconocimiento del uso de dichos productos en el sector forestal, la susceptibilidad de las distintas especies de arvenses y forestales, las dosis y métodos de aplicación. Sin embargo, siguen siendo ampliamente utilizados por su efectividad en el control y su relación costo/beneficio. Actualmente, las recientes exigencias y restricciones impuestas por las certificaciones ambientales en el sector forestal, han generado nuevos desafíos en la búsqueda de soluciones en el control de arvenses con herbicidas que sean de bajo riesgo ambiental (Nambiar, 1995).

La importancia del estudio de la comunidad de arvenses en las diferentes épocas del año es fundamental para determinar cuáles de ellas son tolerantes a la sequía, por lo que es en la época de seca cuando interfieren mayormente con la planta de interés, compitiendo por nutrientes, espacio, agua etc. Al tener la identificación taxonómica de familia, género y especie, además de considerar la secuencia de parcelas de uno, dos y tres años, se puede recomendar un mejor manejo en la plantación en cuanto al control de arvenses y épocas del año, reduciendo la contaminación que se genera por el uso indiscriminado de los agroquímicos debido al desconocimiento de las dosis adecuadas para cada arvense y contribuyendo al cuidado del medio ambiente (Labrada y Parker, 1996).

Tomando en cuenta lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo analizar los cambios estacionales en la flora arvense asociada a *E. pellita* en las épocas seca y húmeda en plantaciones de uno, dos y tres años.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en plantaciones forestales, de la empresa Agropical, ubicada en el Km 34 de la carretera a Francisco Rueda, en la Colonia Unidad Modelo Sabana Larga, municipio de Huimanguillo, Tabasco, México, cuyas coordenadas son 17°48'58" N y 93°40'33" W, a 32 msnm. El clima se clasifica como AmW, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y el suelo corresponde a un Acrisol (Palma-López *et al.*, 2006).

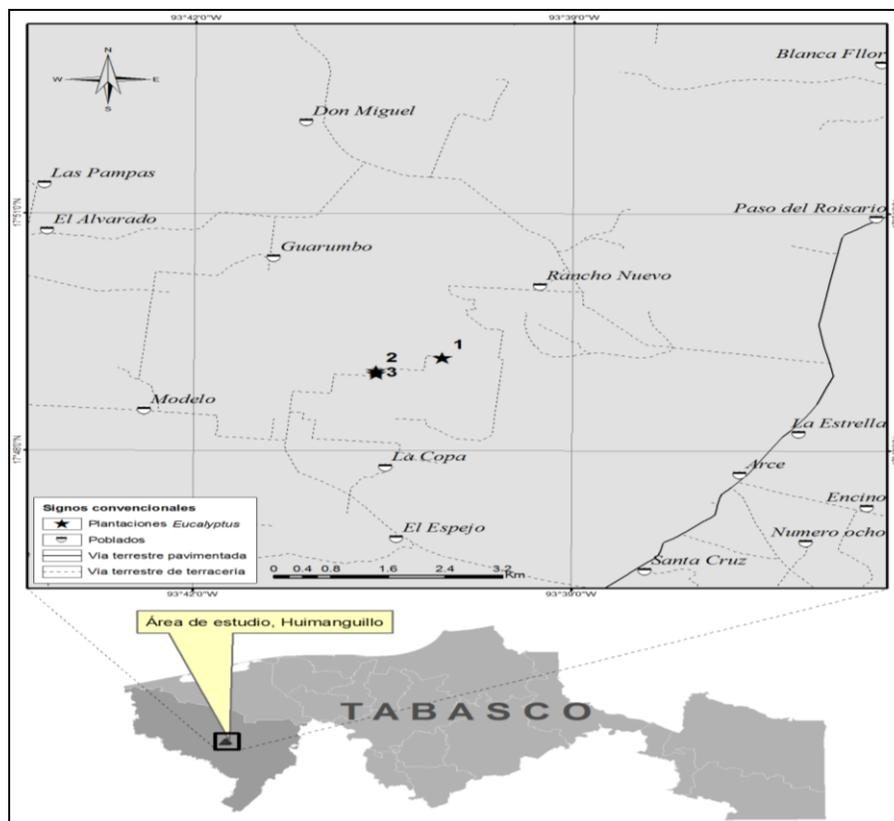


Figura 1. Ubicación geográfica de las plantaciones de *E. pellita* en estudio, Huimanguillo, Tabasco

2.2.2. Muestreo de arvenses

Para realizar el muestreo se seleccionaron tres árboles de eucalipto de uno, dos y tres años de edad, en dos épocas, de acuerdo con las condiciones climáticas: húmeda (mes de septiembre) y seca (abril). Todas las parcelas estaban establecidas sobre suelos Acrisoles. Los árboles fueron elegidos al azar, que tuvieran una altura y un diámetro promedio y estuvieran ubicados en el centro de la parcela para evitar el efecto de borde. Considerando que básicamente se trata de plantas herbáceas y trepadoras, los muestreos de arvenses se realizaron mediante el método de cuadrantes, el cual permite hacer muestreos más homogéneos que con el método de transeptos, evitando el efecto de borde.

El método de cuadrantes consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación y registrar todos los elementos que quedan dentro del mismo; los datos que se anotan son los siguientes: nombre y número de especies, número de individuo por especie y cobertura calculada en porcentaje de cada especie. La información registrada mensualmente permite calcular índices diferentes índices relacionados con la estructura y composición de la biodiversidad vegetal, entre los que destacan la riqueza de especies, diversidad, dominancia y similitud, etc. (Magurran, 1989; Moreno, 2001; Badii *et al.*, 2007).

En este caso se utilizaron cuadros de metal de 60 x 60 cm, con (nueve) divisiones de 20 cm (Fig. 1.1.), se colocaron tres cuadros por árbol, con una dirección de norte a sur. Se consideraron dos condiciones, con tratamiento de control de arvenses y sin tratamiento (testigo), siendo un total de 18 cuadrantes por edad y un total de muestreo mensual por plantación de 54 cuadrantes (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Al tiempo de hacer los muestreos se colectaron las especies registradas en campo, se colocaron en una prensa botánica, siendo etiquetadas, con fecha, localidad, sitio de colecta, número de cuadrante, número de colecta, nombre de colector y características de la planta. Luego fueron llevadas al Herbario CSAT del Campus Tabasco para su identificación a nivel de familia, género y especie, con base en la consulta de claves de identificación, descripciones y cotejo de ejemplares del herbario (Lot y Chiang, 1986).

El número de muestreos se determinó usando el método del área mínima, definida como el área más pequeña que representa adecuadamente la composición de especies de la comunidad (Franco *et al.* 1985).



Figura 1. 1. Cuadro de metal utilizado para el presente estudio.

Con los datos registrados en campo y una vez identificados los ejemplares colectados, se efectuaron los cálculos, a través del programa informático Microsoft® Office Excel 2007, para obtener los siguientes parámetros e índices con la finalidad de conocer los atributos de las especies y las poblaciones (Gámez *et al.*, 2011; Mostacedo, 2000; Moreno, 2001):

2.2.3. Riqueza de especies

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas.

2.2.4. Densidad

Parámetro con el que se puede conocer la abundancia de una especie; se expresa en número de plantas de una especie por unidad de área.

2.2.5. Frecuencia

Es la probabilidad de encontrar una especie en una unidad muestral; se expresa en porcentaje

Existen varios índices de diversidad, más de 20, cuyo objetivo es describir lo diverso que puede ser una comunidad, considerando la riqueza de especies y el número de individuos. Para efecto de comparar y analizar los atributos de las plantaciones estudiadas se eligieron los siguientes (Magurran, 1984; Mostacedo y Fredericksen, 2000):

2.2.6. Índice de Shannon-Wiener

Es uno de los más utilizados para determinar la diversidad de especies de una comunidad vegetal en un determinado hábitat.

2.2.7. Índice de Simpson

Simpson (1949): Mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una población de N individuos, provengan de la misma especie. Si una especie es representada en una comunidad, la probabilidad de extraer al azar dos individuos pertenecientes a la misma especie., La medida de diversidad de Simpson es sensible a la abundancia de una o dos de las especies más frecuentes de la comunidad por lo que puede ser considerada como una medida de dominancia. Por lo tanto, el índice de pocas especies en la comunidad constituye al interés primario, más que cuando existe equidad de abundancias de todas las especies.

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.3.1. Riqueza

La riqueza florística total de las plantaciones de eucalipto de las tres edades estuvo compuesta por 33 especies, considerando solamente las que se registraron en los cuadros de muestreo, las cuales se distribuyen en 31 géneros y 14 familias botánicas; las mejor representadas en estas condiciones fueron: Asteraceae con seis especies, Poaceae (cinco), Rubiaceae (cuatro) y Fabaceae (cuatro). La comunidad de arvenses asociadas al eucalipto es más bien pobre, si se compara con los datos obtenidos por Ramírez *et al.* (2013).

2.3.2. Frecuencia y densidad

Época húmeda

El registro de especies en la época de lluvias fue de 27, ubicadas en 13 familias y 25 géneros. Las familias mejor representadas fueron: Fabaceae, Poacea, Melastomataceae y Rubiaceae, con cuatro especies cada una; Euphorbiaceae y Asteraceae tuvieron tres (Cuadro 1).

La plantación que tuvo, en general, la mayor riqueza específica fue la de dos años (15) y, en particular las parcelas de uno y dos años que no tuvieron prácticas de control, en ambas se registraron 11 especies. En general el número de especies fue más alto en las parcelas testigo, con excepción de la parcela de tres años, donde se invirtieron los valores.

Época seca

En esta época el registro de especies fue de 17, ubicadas en 10 familias y 17 géneros. Las familias mejor representadas fueron: Asteraceae y Poacea con cuatro especies cada una y Fabaceae con tres (Cuadro 2).

En este caso, las parcelas que tuvieron al mayor número de especies fueron aquéllas en las que se realizaron prácticas de control de arvenses. La plantación que tuvo, en general, la mayor riqueza específica fue la de un año (11) y, en particular la un año que tuvo control de arvenses, en la cual se registraron 11 especies. En este caso el número de especies más alto se registró en las parcelas tratadas.

Cuadro 1. Parámetros poblacionales de arvenses de la plantación de eucalipto de uno, dos y tres años en la época de lluvias. Frecuencia (F) y Densidad (D).

Especies	1 Año				2 Años				3 Años			
	Testigo		Tratada		Testigo		Tratada		Testigo		Tratada	
	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D
<i>Digitaria setigera</i> Roth	0.36	5.56	-	-	0.58	15.7	0.43	5.51	0.01	0.23	0.36	4.31
<i>Croton chamaedrifolius</i> Lam.	0.27	2.44	-	-								
<i>Pterolepis pumila</i> (Bonpl.) Cogn.	0.10	1.12	-	-					0.06	1.16	-	-
<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.	0.06	1.03	0.04	0.4								
<i>Hyptis atrorubens</i> Poit.	0.07	0.69	0.1	1.7	0.09	0.96	0.02	0.37	0.01	0.09	-	-
<i>Borreria laevis</i> (Lam.) Griseb.	0.04	0.23	0.06	0.5	0.16	2.57	0.12	1.2	-	-	0.22	2.59
<i>Emilia fosbergii</i> Nicholson.	0.02	0.19	-	-	0.19	2.49	0.02	0.37				
<i>Vernonia cinerea</i> (L.) Less.	0.02	0.17	-	-	-	-	0.01	0.28				
<i>Stigmaphyllon humboldtianum</i> (DC.) Juss.	0.01	0.14	-	-	0.22	1.95	-	-				
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) Raven	0.01	0.05	-	-								
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.)	0.01	0.05	-	-	0.2	3.2	0.11	0.83	0.16	2.69	0.17	1.44
<i>Tibouchina longifolia</i> (Vahl.) Baill.	-	-	0.04	0.5								
<i>Panicum laxum</i> Sw.	-	-	0.3	5.1								
<i>Centrosema pubescens</i> Benth.					0.14	2.03	-	-				
<i>Desmodium triflorum</i> (L) DC.					0.07	1.11	-	-	0.02	0.32	0.01	0.19
<i>Acalypha arvensis</i> Poepp.					0.05	0.96	-	-				
<i>Panicum aturense</i> Kunth					0.02	0.46	-	-	0.94	44.3	0.04	0.32
<i>Mimosa pudica</i> L.					0.04	0.23	-	-				
<i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K. Schum.					-	-	0.23	4.07	-	-	0.14	2.13
<i>Mormodica charantia</i> L.					-	-	0.41	3.7	0.1	0.97	0.44	5.19
<i>Citrus latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez					-	-	0.01	0.19				
<i>Phyllanthus amarus</i> Schum & Thonn									-	-	0.01	0.09
<i>Richardia scabra</i> L.									-	-	0.02	0.28
<i>Syngonium podophyllum</i> Schott.									-	-	0.17	1.48
<i>Wedelia trilobata</i> (L.) Hitchc.									-	-	0.01	0.09
<i>Pennisetum villosum</i> R. Br. ex Fresen.									-	-	0.05	0.46
<i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC.									-	-	0.03	0.37
Total	0.97	11.7	0.54	8.2	1.76	31.7	1.36	16.5	1.31	49.8	1.68	18.9

Cuadro 2. Parámetros poblacionales de arvenses de la plantación de eucalipto de uno, dos y tres años en la época de seca. Frecuencia (F) y Densidad (D).

Especies	1 Año				2 Años				3 Años			
	Testigo		Tratada		Testigo		Tratada		Testigo		Tratada	
	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D
<i>Panicum aturense</i> Kunth	0.02	0.19	0.02	0.19					1	59.6	-	-
<i>Hibiscus costatus</i> A. Rich.	0.01	0.05	-	-					-	-	0	0.09
<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.	0.02	0.14	0.02	0.14								
<i>Eupatorium pycnocephalum</i> Less.	0.01	0.05	0.16	1.19								
<i>Mikania</i> sp	0.07	0.32	-	-								
<i>Borreria laevis</i> (Lam.) Griseb	-	-	0.01	0.05	0.15	1.31	0.02	0.19	-	-	0.1	0.42
<i>Digitaria setigera</i> Roth	-	-	0.04	0.37	0.3	3.66	0.01	0.05				
<i>Panicum laxum</i> Sw.	-	-	0.27	2.87								
<i>Ageratum houstonianum</i> Mill.	-	-	0.07	0.65								
<i>Acisanthera quadrata</i> Pers.	-	-	0.02	0.19	0.01	0.19	0.01	0.09	-	-	0.1	1.3
<i>Acalypha arvensis</i> Poepp.	-	-	0.02	0.19								
<i>Centrosema pubescens</i> Benth					0.25	2.59	-	-				
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult.					-	-	0.06	1.2				
<i>Mimosa pudica</i> L.					-	-	0.05	0.37				
<i>Syngonium podophyllum</i> Schott.									-	-	0.1	0.83
<i>Emilia fosbergii</i> Nicholson.									-	-	0	0.09
<i>Mormodica charantia</i> L.									-	-	0.1	0.88
Total	0.15	0.74	0.65	5.81	0.7	7.75	0.16	1.9	1	59.6	0.4	3.61

2.3.3. Índice de Shannon-Wiener.

El índice de diversidad de Shannon de las parcelas estudiadas (Cuadro 3) indican que todas las comunidades analizadas son muy poco diversas, así lo confirman los valores obtenidos; no obstante, se puede observar que los valores correspondientes a las parcelas con tratamiento (control de arvenses) fueron, en general, las que presentaron los valores más bajos, observándose la misma tendencia en las dos épocas estudiadas, con excepción de la plantación de dos años en la época de sequía, que presentó un valor alto, con respecto a las demás parcelas, pero que sigue siendo bajo. Los valores más altos se situaron en la época de lluvias y en las parcelas sin control de arvenses, con excepción de la de tres años con tratamiento. Estos valores contrastan con los obtenidos por Ramírez *et al.* (2013) para plantaciones de cacao, donde el índice de Shannon alcanzó hasta 2.89; pero están cercanos a los obtenidos por Vitta *et al.* (2005) al evaluar comunidades de malezas.

Cuadro 3. Valores del Índice de diversidad de Shannon-Wiener para las parcelas de eucalipto de uno, dos y tres años en la época de lluvias.

Época	Lluvias		Secas	
	Tratado	Testigo	Tratado	Testigo
Un año	0,5281	0,8542	0,4194	0,5075
Dos años	0,4186	0,7770	0,4867	0,8283
Tres años	0,4226	0,5472	0,5706	0,3944

2.3.4. Índice de Uniformidad de Shannon (SHEI)

Respecto al Índice de Uniformidad, los valores obtenidos fueron también muy bajos (Cuadro 4), lo que nos indica una tendencia general a la variación en cuanto a la superficie ocupada por las diferentes especies registradas en cada una de las parcelas estudiadas. El valor más alto se obtuvo para la parcela de eucaliptos de 3 años en la época seca, cuyo valor estuvo incluso arriba del reportado por Ramírez *et al.* (2013) para plantaciones de cacao. La composición de esta parcela estuvo integrada solamente por cuatro especies pero con una distribución más o menos uniforme.

Cuadro 4. Valores del Índice de Uniformidad para las parcelas de eucalipto de uno, dos y tres años en la época de lluvias.

Época	Lluvias		Secas	
	Tratado	Testigo	Tratado	Testigo
Un año	0.2125	0.4768	0.2606	0.2310
Dos años	0.1746	0.3536	0.3511	0.5147
Tres años	0.2172	0.2133	0.8231	0.2201

2.3.5. Índice de Simpson

Con excepción de la parcela testigo de tres años en la época de sequía, los valores son también bajos, lo que nos está indicando que en esa parcela específica existen unas pocas especies, en este caso destaca la presencia de *Panicum aturensis* Kunth., cubriendo aproximadamente 90% de la superficie muestreada. El segundo valor más alto correspondió a la parcela tratada de dos años de la época seca, en la que destacó la presencia de *Setaria pumila* Poir. Roem. & Schult. Otras de importancia en las parcelas de estudio son *Digitaria setigera* Roth., *Panicum laxum* Sw., *Momordica charantia* L., y *Borreria laevis* (Lam.) Griseb. Para el caso de este índice no se observa una tendencia en los valores obtenidos, pero hay que poner especial atención a las plantas que ocupan superficies importantes, sobre todo porque habrá que tenerlas en consideración en las prácticas de control de arvenses.

Cuadro 5. Valores del Índice de Simpson para las parcelas de eucalipto de uno, dos y tres años en la época de lluvias.

Época	Lluvias		Secas	
	Tratamiento	Testigo	Tratamiento	Testigo
Un año	0,44	0,30	0,31	0,30
Dos años	0,22	0,31	0,45	0,36
Tres años	0,17	0,80	0,25	1,00

2.4. CONCLUSIONES

La composición florística del área muestreada en la plantación de eucalipto en estudio estuvo compuesta por 33 especies ubicadas en 31 géneros y 14 familias, destacando Asteraceae con seis especies, Poaceae (cinco), Rubiaceae (cuatro) y Fabaceae (cuatro). Para la época de lluvias las parcelas testigo presentaron, en general, una mayor riqueza florística, en cambio en la seca las que tuvieron el mayor número de especies fueron aquéllas en las que se hicieron prácticas de control de arvenses.

En la época húmeda destacó la presencia de las siguientes especies *Digitaria setigera* Roth., *Croton chamaedrifolius* Lam., *Desmodium incanum* (S.w) y *Panicum aturense* Kunth; en tanto que para la época seca *Hyptis atrorubens* Poit., *Borreria laevis* (Lam.) Griseb., *Digitaria setigera* Roth., *Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum. y *Mormodica charantia* L., fueron las especies más comunes. En ambas épocas la familia más importante fue Poaceae la que presentó, además valores más altos de frecuencia y densidad.

En cuanto a la diversidad los valores del índice de Shannon-Wiener indican que todas las comunidades de arvenses muestreada son muy poco diversas. En cuanto a las parcelas tratada los valores fueron más bajos. En las dos los valores más altos se encontraron en la época de lluvia.

Con respecto a la dominancia, los valores del índice de Simpson, con excepción de la parcelas testigo de tres años en ambas épocas, fueron también muy bajos; sin embargo, hay que destacar que especies como *Panicum aturense* Kunth. y *Setaria pumila* Poir. Roem. & Schult. pueden encontrarse cubriendo la mayor parte de la superficie de la parcela (hasta 90% en la primera), las cuales deben considerarse en la planeación de las prácticas de control.

2.5. REFERENCIA

Arnaldo J. Gámez López, Manuel Hernández, Rómulo Díaz y José Vargas. (2011). Caracterización de la Flora Arvensis Asociada a un cultivo de Maíz bajo Riego para Producción de Jojotos. *Agronomía Trop.* 61(2): 133-139.

Aurora Ramírez-Meneses, Eustolia García-López, José Jesús Obrador-Olán, Octavio Ruiz-Rosado, Wildel Camacho-Chiu. (2013). Diversidad florística en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. 16 p.

Badii, M. H., J. Landeros., y E. Cerna (2007). Patrones de asociación de especies y sustentabilidad *International Journal of Good Conscience.* 3(1): 632-660.

Franco. L. J, *et al.* (1985). *Manual de Ecología.* Trillas, México.

IUSS Grupo de Trabajo WRB. (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. 130 p.

LARIOSR. J. y J. HERNÁNDEZ (1992). *Fisiografía, Ambientes y Uso Agrícola de la Tierra en Tabasco, México: Universidad Autónoma Chapingo.* Texcoco, Edo. De México. 130 p.

Lot A. y F. Chiang (1986) *Manual de Herbario.* 1a Ed. Consejo Nacional de la Flora de México. A. C. México. 142 pp.

Magurran AE (1989) *Diversidad Ecológica y su medición (Ecological diversity and its measurement),* Traducción: Dra. Antonia M. Cirer, Ediciones Vedral, Barcelona, España. 200 pág.

Moreno, C. E. (2001) *Método para medir la biodiversidad.* [En línea] *Manuales y Tesis SEA.* Zaragoza: CYTED, ORCYT/UNESCO & SEA. Vol. 1, 86 p. ISBN: 8492249528. [Consultado: Junio 2014]

Mostacedo, Bonifacio; Fredericksen, Todd S. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.

NAMBIAR, E.K.S. (1995). "Sustained productivity of plantations: science and practice", *Bosque* 16 (1): 3-8.

NOM-021-SEMARNAT-2000. (2002). Norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México, D. F. 85 p.

Palma-López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J.A. Rincón-Ramírez. (2006). Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. 3^a. Ed. ISPROTAB, FUNDACION PRODUCE TABASCO-COLEGIO DE POSTGRADUADOS. Villahermosa, Tabasco, México.196 p.

Puricelli, E.; Tuesca, D.; Faccini, D.; Nisensohn, L.; Vitta, J.I. (2005). Análisis en los cambios de la densidad y diversidad de malezas en rotaciones con cultivos resistentes a glifosato en Argentina. In Resistencia a Herbicidas y Cultivos Transgénicos: Seminario-Taller. Coord. A. Ríos.

Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 168: 688.

Villaseñor Ríos, J.-L. y F. J. Espinosa García, (1998). Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario, Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

CAPITULO III.

DENSIDAD DE LONGITUD DE RAÍCES (DLR) DE ARVENSES Y EUCALIPTO EN DOS ÉPOCAS EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO.

DENSIDAD DE LONGITUD DE RAÍCES (DLR) DE ARVENSES Y EUCALIPTO EN DOS ÉPOCAS EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO

Roger Arturo Doporto Alfaro¹, Eustolia García López¹, José Jesús Obrador Olán¹, Eugenio Carrillo Ávila² & Ángel Sol Sánchez¹

¹Área de Ciencia Vegetal, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n, Km 3 Carr. Cárdenas-Huimanguillo, 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México. arturo.doporto@colpos.mx; rogarlopez@colpos.mx; obradoro@colpos.mx; sol@colpos.mx

²Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Carretera Haltunchén-Edzná km 17.5, Sihochac, municipio de Champotón, Campeche. C.P. 24450. México; ceugenio@colpos.mx

Resumen

Densidad de longitud de raíces (DLR) de arvenses y eucalipto en dos épocas en Huimanguillo, Tabasco, México. El objetivo del presente estudio fue evaluar la distribución vertical de la densidad de longitud de raíces (DLR) finas (hasta 2 mm de diámetro) de *Eucalyptus pellita* y las arvenses en parcelas de eucaliptos de uno, dos y tres años de edad. Las raíces fueron muestreadas en la zona cercana al tronco de tres árboles por edad de Eucalipto; y las arvenses utilizando el método del cilindro. La parcela de un año tuvo una alta concentración de densidad de longitud de raíces finas (DLRF), 83%, en los primeros 20 cm, en contraste con las arvenses que tuvieron 73% en la misma profundidad, aunque no se tuvo diferencia estadística, con excepción de la segunda profundidad (20-40 cm). La parcela de dos años tuvo una alta concentración de DLRF en los primeros 20 cm del suelo para ambos componentes del estudio 68% y 83%, mostrando diferencia estadística significativa ($p=.05$) en los primeros 30cm del suelo, siendo estadísticamente similares conforme se incrementó la profundidad, aunque se observa una mayor DLRF en el eucalipto. En el caso de la parcela de tres años, se tuvo una alta concentración de DLRF finas en los primeros 20 cm del suelo para ambas especies en estudio 70% y 49%, no hubo diferencia estadística significativa ($p=<.05$) en ninguna profundidad. La variación de estos parámetros se evaluó en función de la profundidad (1.20 m) y época del año. También se observó una disminución gradual en la densidad de longitud de raíces (DLR) finas cuando fue aumentando la profundidad.

Palabras clave: radical, malezas, fertilidad, plantación forestal

Abstract

Root length density (RLD) of weeds and eucalyptus at two seasons in Huimanguillo, Tabasco, Mexico. The aim of this study was to evaluate the vertical distribution of root length density (RLD) thin (up to 2 mm diameter) of *Eucalyptus pellita* and weeds in plots of one, two and three years old. Roots were sampled near the trunk area of three Eucalyptus trees per age; and weeds using the method of the cylinder. The plot of a year had a high concentration length density of fine roots (DLRF), 83% in the first 20 cm, in contrast to 73% that had weed at the same depth, although there was no statistical difference, except to the second depth (20-40 cm). The two years plot had a high concentration of DLRF in the first 20 cm of soil for both components of the study 68% and 83%, showing statistically significant difference ($p=.05$) in the first 30 cm of soil, being statistically similar according the depth was increased, although it is observed a greater DLRF of eucalyptus. For the plot of three years, a high concentration of DLRF took into the top 20 cm of soil for both species under study 70% and 49%, there was no statistically significant difference ($p<.05$) in any depth. The variation of these parameters was evaluated as a function of depth (1.20 m) and season of year. A gradual decrease was also observed in root length density (RLDF) when increasing depth.

Keywords: radical, weeds, fertility, forest plantation

3.1. INTRODUCCIÓN

El sistema radical representa una de las estructuras más importantes de las plantas, ya que es el principal responsable de la absorción de nutrientes y agua, incluyendo la regulación hídrica; funciona como órgano de reserva y soporte de la biomasa aérea; distribuye ramificaciones en el suelo con la finalidad de asegurar el mejor anclaje, participa en la regulación fisiológica de la planta produciendo una serie de sustancias específicas capaces de favorecer, no solamente al crecimiento de órganos aéreos, sino también cambios cualitativos en el desarrollo, tales como la iniciación de estolones o la liberación de yemas axilares sometidas a la dominancia apical (Ressell, 1977; Baker *et al.*, 2001; Neumann *et al.*, 2009). En los sistemas agrícolas la raíz es además un órgano que fija carbono aportando materia orgánica al suelo (Gallardo *et al.*, 2000; Obrador *et al.*, 2004). La densidad de la raíz en el suelo determina la capacidad de las planta para tomar aquellos elementos necesarios para sostener su crecimiento (Pritchett, 1986; Baker *et al.*, 2001). Diversos estudios han documentado la importancia de la Densidad de Longitud de Raíces (DLR) en la captación de carbono, como fuente de materia orgánica y como órgano indicador de nutrientes (Vogt *et al.*, 1996). Sin embargo, la profundidad y la distancia hasta la cual pueden penetrar las raíces finas está relacionada con la concentración de nutrientes intercambiables del suelo y la humedad relativa (Stark y Spratt, 1977). Jackson *et al.* (1997) menciona que en los bosques húmedos tropicales se ha encontrado hasta un 57% de biomasa de raíces finas en los primeros 30 cm.

El crecimiento de las raíces finas interactúa con los factores climáticos, que pueden ser usados para explicar su variación en cuanto a masa, volumen y densidad, la combinación de temperatura y precipitación tiene una fuerte influencia sobre su desarrollo (Vogt *et al.*, 1996). El hábito de anclaje, en relación con la forma, dirección y distribución de las raíces primarias, tiende a estar codificado genéticamente, en cambio la densidad y longitud de raíces finas interactúa con las condiciones del suelo (Pritchett, 1986; Nambiar, 1990, 1992).

Santantonio (1990) resalta la importancia de separar las raíces primarias de las raíces finas, debido a que tienen características muy diferentes de crecimiento, mortalidad y función, las primarias están más asociadas al soporte mecánico de la planta y conducción de las sustancias asimiladas por las segundas en los diferentes micrositios del suelo.

Fabiao *et al.* (1994) estudiando la distribución de raíces finas (< 2mm) de *Eucalyptus globulus* en rodales de 12 y 18 años, observaron que 71.9% y 57.9% de biomasa de dichas raíces se encontraron en los primeros 20 cm del suelo y que su densidad y distribución dependió de las características del sitio; textura, disponibilidad de agua, nutrientes y la densidad aparente.

Múltiples estudios han demostrado que el crecimiento de raíces finas está marcadamente influenciado por el ritmo estacional (Vogt *et al.*, 1996; Zhang, 2001) y que, a mayor captura de carbono subterráneo, aumenta la disponibilidad de los recursos del suelo, lo que acelera su crecimiento (Burton *et al.*, 2000; Gaudinski *et al.*, 2001; King *et al.*, 2002).

La disponibilidad del recurso suelo no solo cambia según la época del año, sino también con la profundidad; sin embargo, esta variación puede alterar la estructura y la función de las raíces finas en las diferentes épocas (Canadell *et al.*, 1996).

Especies del género *Eucalyptus* han sido plantadas en varias partes del mundo debido a su alta productividad y adaptabilidad en suelos pobres (agua, nutrientes, ácidos o alcalinos) difíciles de cultivar (Fabiao *et al.*, 1994). La capacidad de adaptación de estas especies a diferentes condiciones ambientales puede estar relacionada con la alta docilidad de su sistema radical (Carbon *et al.*, 1980).

Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo analizar el comportamiento de la Densidad de Longitud Raíces (DLR) finas de *Eucalyptus pellita* F. Muell. de uno, dos y tres años de edad y de la comunidad de arvenses en dos épocas del año (Húmeda/Seca).

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en plantaciones forestales, de la empresa Agropical, ubicada en el Km 34 de la carretera a Francisco Rueda, en la Colonia Unidad Modelo Sabana Larga, municipio de Huimanguillo, Tabasco, México, cuyas coordenadas son 17°48'58" N y 93°40'33" W, a 32 msnm; El clima se clasifica como AmW, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y el suelo corresponde a un Acrisol.

3.2.2. Muestreo de raíces

El estudio de raíces se realizó en árboles de eucalipto de uno, dos y tres años de edad, en dos épocas, de acuerdo con las condiciones climáticas: húmeda y seca, establecidas sobre suelos acrisoles. Los árboles, elegidos al azar, tuvieron una altura y un diámetro promedio, y estuvieron ubicados en el centro de la parcela para evitar el efecto de borde. Se estimó la densidad de longitud de raíces finas del eucalipto considerándose tres árboles por edad, en cada uno de ellos se tomaron muestras mediante el método del cilindro (Schroth *et al.*, 2000) en estratos de 20 cm, hasta llegar a 1.2 m de profundidad y tres repeticiones por árbol en dirección N-S. Los monolitos tenían las siguientes dimensiones: 10 cm por lado y 20 cm de alto. Se obtuvo un total de dieciocho muestras por árbol, cincuenta y cuatro por edad y ciento sesenta y dos muestras por época. Para el caso de las arvenses se consideraron tres puntos con tres repeticiones seleccionados al azar por edad y tres profundidades: 0–20 cm, 20-40 y 40-60 cm, teniendo un total de veintisiete muestras por edad y ochenta y uno por época. El suelo obtenido en cada estrato se colocó en bolsas de plástico etiquetadas con: número de árbol, distancia, profundidad, edad y época. El material se trasladó al Campus Tabasco donde las raíces fueron cuidadosamente separadas del suelo seco, para después separar el resto por el método de lavado a mano (Böhm, 1979). Las raíces provenientes de cada monolito fueron medidas con la ayuda de un calibrador vernier, registrándose la longitud y grosor de cada una de ellas, luego se estimó la densidad aparente y su distribución vertical y horizontal. De acuerdo con su diámetro, las raíces se clasificaron en finas (<1 mm), delgadas (1-3 mm), medias (3-10 mm) y gruesas (>1cm) (Cuanalo, 1990) y, considerando el volumen de suelo de cada monolito, se calculó la densidad de longitud de raíces (**DLR**) a través de la siguiente ecuación (Moreno *et al.*, 2005):

$$\text{DLR: LR (Km)/Vol. suelo (m}^3\text{)}$$

Donde:

LR: Longitud de raíces expresada en Km

Vol: Volumen de suelo expresado en m³

3.2.3. Caracterización de la unidad del suelo

La determinación de la unidad de suelo en el que desarrolló el presente estudio se hizo con base en la descripción de un perfil a 1.2 m de profundidad, siguiendo la metodología de Cuanalo (1981) y con base en la norma oficial mexicana (NOM-021-RECNAT-2000) y la Base Referencial Mundial de Recurso Suelo (WRB, 2007).

3.2.4. Diseño experimental

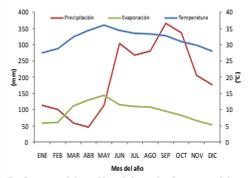
Los resultados de los parámetros estudiados fueron analizados estadísticamente mediante un diseño completamente al azar con un arreglo factorial en el que se consideraron dos épocas (húmeda y seca), tres repeticiones y seis profundidades por cada perfil, para observar las diferencias de las variables en estudio (DLF) entre las distancias y las profundidades, utilizando el software SAS system versión 9.0, *ProcAnova* y prueba de comparación de medias (Tukey 0.05).

3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1. Caracterización de la unidad del suelo

En la cuadro 6 se presenta la descripción física y química del perfil de suelo, el cual corresponde al grupo mayor de los Acrisoles (AC) (WRB, 2007).

Cuadro 6. Perfil representativo de la subunidad de suelo Acrisol

1) Perfil # 1	9) Material parental: aluvial antiguo, pleistoceno	Foto panorámica 	Climatograma  <p>Información climática de la estación meteorológica Francisco Rueda, Huimanguillo ubicada ±28.15 km del área de estudio (coordenadas 17°50'12" N 93°56'30" W).</p>
2) Descrito por: Roger A. Doporto Alfaro, José Jesús Obrador Olán.	10) Flora cultivada: Eucalipto		
3) Fecha: 17/03/2012	11) Flora nativa: Pasto Chontalpo		
4) Localización: 15Q 0428329-19689447	12) Fauna: venado, gavián, pericos, armadillo		
5) Elevación: 28 msnm (±3m)	13) Presencia de grietas actuales o en alguna parte del año: No		
6) Relieve: cóncavo-convexo	14) Aplicación de enmiendas orgánicas o fertilizantes: Cal agrícola y roca fosfórica		
7) Pendiente: menos del 5%	15) Practicas de manejo con maquinaria: Si		
8) Drenaje del sitio: Mas receptor que donador	16) Condición climática del día: Soleado		



Ho 1 (Ap): límite tenue horizontal; ligeramente húmedo; color 7.5YR 3/1, gris muy oscuro; textura franco-arcilloso; sin pedregosidad; estructura fuertemente desarrollada, en bloques subangulares grumosos, finos y muy finos; consistencia en húmedo friable; cutanes delgados por eluviación, en caras de agregados, de minerales arcillosos con óxido e hidróxido de hierro; sin reacción al HCl 10%; sin reacción al peróxido de hidrogeno; numerosos poros finos, muy finos y medianos, continuos y caóticos dentro y fuera de los agregados tubulares; rápida permeabilidad; raíces extremadamente abundantes, delgadas, finas, gruesas y muy gruesas; fauna hormigas, lombrices y coleópteros; imperfectamente drenado.

Ho 2 (A2) límite medio horizontal; húmedo; color 7.5 YR 3/1 (dark gray); textura franca-arenosa; sin pedregosidad; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares finos y muy finos; consistencia en húmedo friable; cutanes delgados por eluviación, en caras de agregados, de minerales arcillosos con óxidos e hidróxido de hierro; sin reacción al HCl 10%; sin reacción al peróxido de hidrogeno; numerosos poros finos, muy finos y medianos, continuos y caóticos dentro y fuera de los agregados tubulares; rápida permeabilidad; raíces comunes, finas, delgada y medias; fauna de hormigas, lombrices y coleópteros; imperfectamente drenado.

Ho 3 (Bt1) límite medio horizontal; ligeramente húmedo; color 10 YR 2/2 (very dark brown); textura franco-arcillo- arenosa; sin pedregosidad; estructura fuertemente desarrollada, en bloques subangulares y angulares finos y muy finos; consistencia en húmedo firme; cutanes continuo espesos, por eluviación, en caras de agregados de minerales arcillosos con óxido e hidróxido de hierro; sin reacción al HCl 10%; sin reacción al peróxido de hidrogeno; frecuentes poros finos y muy finos, continuos, caóticos dentro y fuera de agregados tubulares; moderada permeabilidad; raíces comunes, finas, delgadas y medias; imperfectamente drenado.

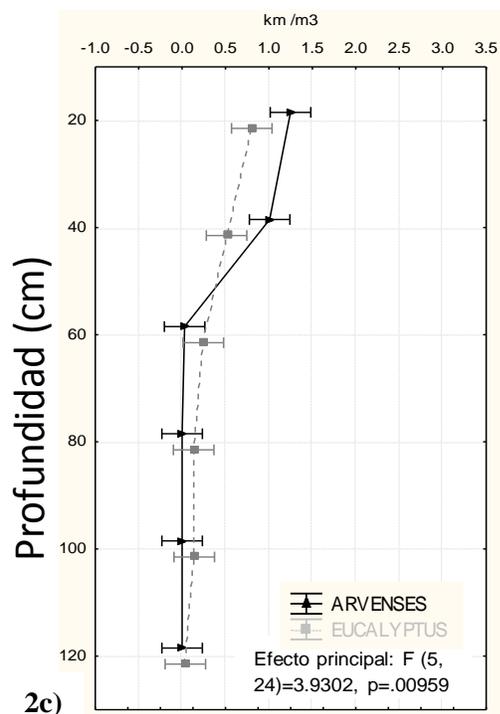
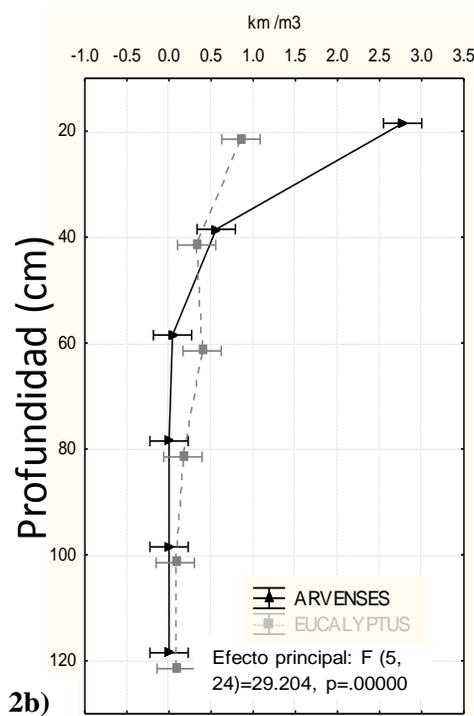
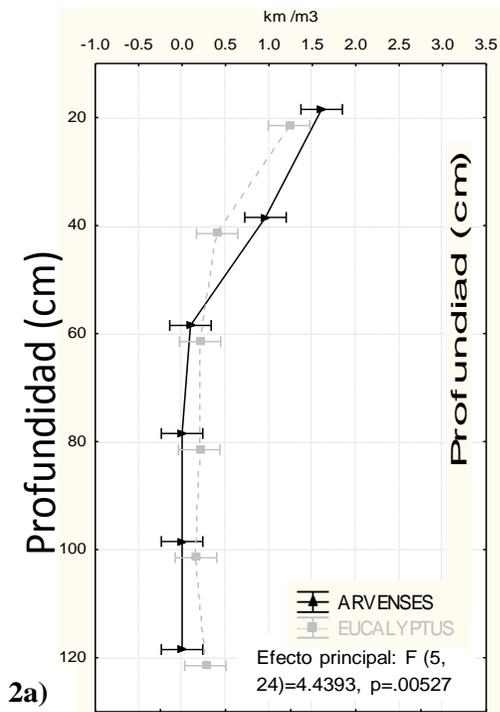
Ho 4 (Bt2) límite medio horizontal; húmedo; color 50% de matriz 10 YR 8/2 (very pale brown) y 50% moteado de color 10 YR 5/8 (yellow); textura arcillosa; sin pedregosidad; fuertemente desarrollada en bloques subangulares, finos y muy finos; consistencia en húmedo muy firme; cutanes continuo espesos, por eluviación, en caras de agregados de minerales arcillosos con óxido e hidróxido de hierro; sin reacción al HCl 10%; sin reacción al peróxido de hidrogeno; frecuentes poros finos y muy finos, continuos, caóticos dentro y fuera de agregados tubulares; moderada permeabilidad; raíces pocas, finas y delgadas; imperfectamente drenado.

Ho 5 (Cg) límite tenue horizontal; húmedo; color de matriz 5Y 7/1 (light gray) y motas prominentes, comunes, muy finas y finas 2.5 YR 4/8 (red); textura franco arcillo-limoso; moderadamente desarrollada en bloques subangulares y angulares finos y muy finos; consistencia en húmedo firme; cutanes continuos espesos, por eluviación, en caras de agregados de minerales arcillosos con óxido e hidróxido de hierro; sin reacción al HCl 10%; sin reacción al peróxido de hidrogeno; frecuentes poros finos y muy finos, continuos, caóticos dentro y fuera de agregados tubulares; lenta permeabilidad; raíces, pocas y finas; fauna sanguijuelas; imperfectamente drenado.

Propiedades químicas y físicas del perfil

Horizonte	pH relación 1:2 (H2O)	CE dSm ⁻¹	MO (%)	N (%)	P (mgkg ⁻¹)	K (cmokg ⁻¹)	Ca (cmokg ⁻¹)	Mg (cmokg ⁻¹)	CIC (cmokg ⁻¹)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Clasificación Textural
Ho1.....0-21	5.2	0.02	4.7	0.16	1.15	0.03	0.45	0.17	8.37	40	17	43	Franco arcilloso
Ho2.....21-58	4.9	0.01	1.8	0.10	0.29	0.01	0.07	0.07	3.91	18	19	53	Franco arenosa
Ho3.....58-87	4.7	0.01	0.9	0.04	0.14	0.01	0.20	0.10	6.70	28	11	61	Franco-arcillo-arenoso
Ho4....87-111	4.6	0.01	0.2	MLD	MLD	0.01	0.20	0.22	9.21	48	13	39	Arcilla
Ho5...111-139	4.5	0.01	0.1	MLD	MLD	0.02	0.06	0.23	13.4	36	45	19	Franco arcillo-limoso

MLD: Menor al límite de detección



Univariate Tests of Significance for km /m3 1 año de edad					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	6.577943	1	6.577943	164.2348	0.000000
profundidad	8.630966	5	1.726193	43.0987	0.000000
Arvenses y Eucalytus	0.009686	1	0.009686	0.2418	0.627354
profundidad*Arvenses y Eucalytus	0.889017	5	0.177803	4.4393	0.005273
Error	0.961250	24	0.040052		

Univariate Tests of Significance for km /m3 (Arvenses-Eucalytus parcela de 2 años)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	6.95421	1	6.954209	191.2465	0.000000
profundidad	14.30428	5	2.860857	78.6759	0.000000
Arvenses/Eucalytus	0.54452	1	0.544521	14.9748	0.000732
profundidad*Arvenses/Eucalytus	5.30968	5	1.061936	29.2041	0.000000
Error	0.87270	24	0.036363		

Figura 2 Comportamiento de la DLR a seis profundidades (arvenses: negro; eucalipto: gris), en plantaciones de: a) un año, b) dos años, y c) tres años. Las barras verticales indican intervalos de confianza (0.95).

En la parcela de eucaliptos de un año, la mayor densidad de longitud de raíces finas (DLRF) de las arvenses se localizó en los primeros 20 cm de profundidad (73%), en cambio, en la misma profundidad el eucalipto tuvo 77.1%. De hecho, en la segunda profundidad las especies en estudio presentaron diferencias estadísticas significativas $p=0.05$, siendo similares estadísticamente conforme se incrementó la profundidad pero observándose una mayor DLR del eucalipto (Fig. 2a), resultados que concuerdan con los obtenidos por Moreno *et al.* (2005) quienes, en estudios realizados en un sistema de especies arbórea y herbácea encontraron una mayor DLR de ésta última en las primeras profundidades.

En la gráfica de la parcela de dos años (Fig. 2b), donde las arvenses (83%) y eucalyptus (47.2%) mostraron diferencia estadística significativa y una alta concentración de raíces finas en los primeros 20 cm, fueron similares estadísticamente conforme se incrementó la profundidad pero se observó una mayor DLR en el eucalipto. En las parcelas de tres años (Fig. 2c) la DLR no mostró diferencia estadística significativa entre arvenses y eucalipto; en los primeros cm del suelo se encontró la mayor DLRF para ambas especies (49% y 29.6%, respectivamente) disminuyendo a mayor profundidad.

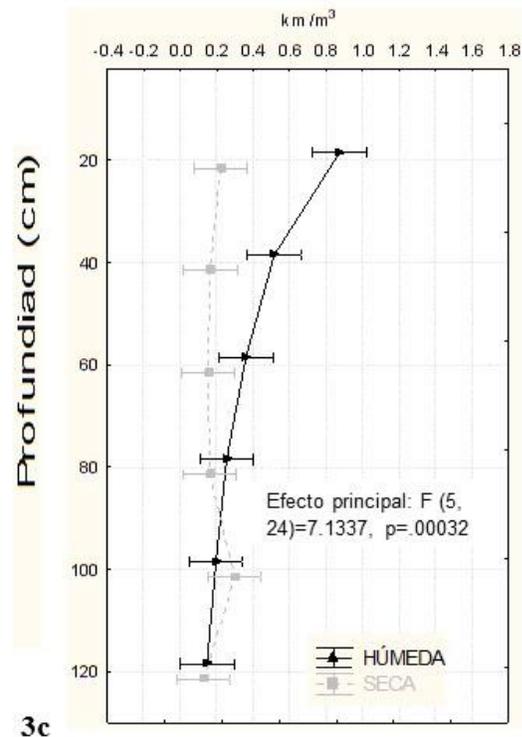
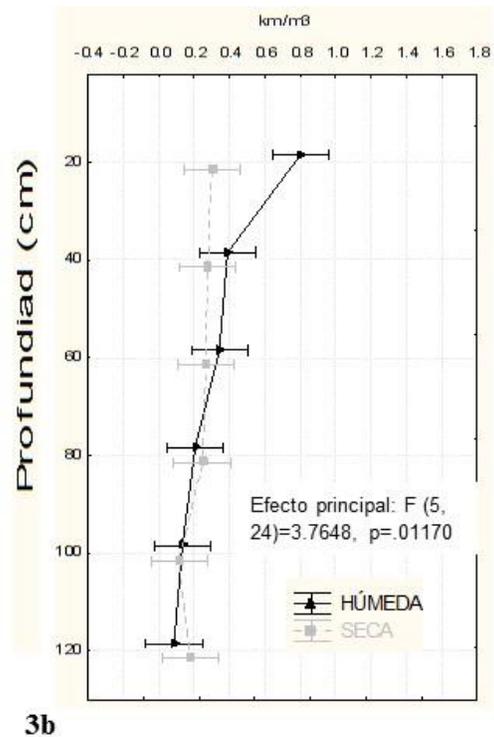
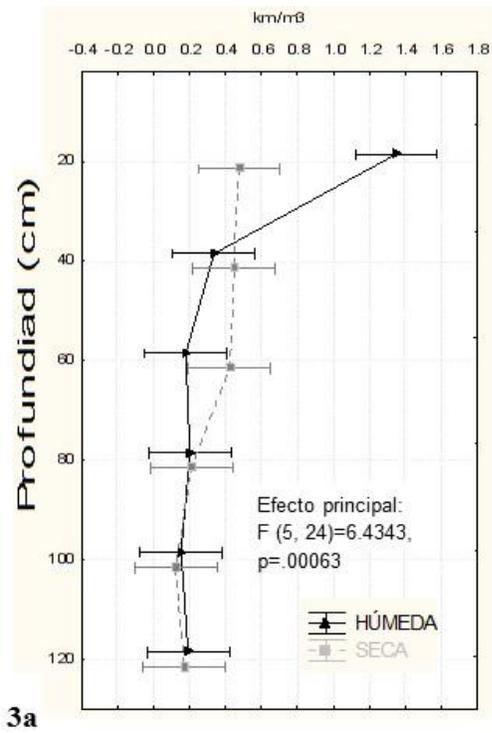
Los valores más altos de DLRF de arvenses en los primeros 20 cm se encontraron en las parcelas de eucalipto de dos años (2.7 km/m^3), en las otras dos los valores fueron similares, al igual que para las dos siguientes profundidades, a partir de los 60 cm ya no se registraron raíces de arvenses. Por su parte, las parcelas de un año fueron las que reportaron los mayores valores de DLRF de eucalipto, tanto en 0-20 cm, como en el resto de los intervalos de profundidad.

La Fig. 3a muestra que la DLRF en los eucaliptos en la época húmeda es mayor (83%) en los primeros 20 cm de profundidad, en contraste con lo observado en la época seca (45%) en las plantaciones de un año. En la parcela de dos años también hay un mayor porcentaje de DLRF en la época húmeda (68%) respecto a la seca (34%) en los primeros 20 cm (Fig. 3b), siendo ésta mayor hasta los 60 cm en la época húmeda. El comportamiento de la DLRF en la parcela de tres años es similar al de las anteriores en su porcentaje (Fig. 3c), 70 y 29% en la primera profundidad en las épocas húmeda y seca, respectivamente.

La DLRF de las arvenses en los primeros 20 cm presenta porcentajes altos respecto a la del eucalipto debido a que la profundidad de exploración radical de las plantas herbáceas es mayor

en las capas superficiales que la de las arbóreas, razón por la que, a partir de los 20 cm, se observa una disminución drástica para el componente herbáceo, siendo menos contundente para el caso del eucalipto.

En general, la DLRF del eucalipto fue mayor en la época húmeda con respecto a la seca en las tres parcelas estudiadas, también en este caso el mayor porcentaje de DLRF se presentó en los 20 primeros centímetros de profundidad, donde mostro diferencia estadística significativa $p = .05$, lo que probablemente se justifique en el hecho de que en la época húmeda las abundantes lluvias y las altas temperaturas generan una mayor tasa de descomposición de la materia orgánica en los primeros cm del suelo generando, a su vez, un enriquecimiento de nutrientes. Como ya se mencionó, la función de las raíces finas es la captación de nutrientes, ésta se ve favorecida con la humedad del suelo. Resultados similares fueron reportados por Rojas (2000) en su estudio de raíces finas y relaciones hídricas del guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) que tuvo mayor concentración de raíces finas en los primeros 20 cm del suelo después de las primeras lluvias. En la época seca la tasa de descomposición de la materia orgánica es lenta y, por ende, las raíces exploran más adentro del suelo, buscando más recursos para su desarrollo.



Univariate Tests of Significance for km /m³ Epocas(Húmeda y Seca)
Sigma-restricted parameterization
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4.573182	1	4.573182	125.4065	0.000000
Prof.	2.462196	5	0.492439	13.6134	0.000002
Epocas-Húmeda y Seca	0.079242	1	0.079242	2.1730	0.153450
Prof.*Epocas-Húmeda y Seca	1.173185	5	0.234637	6.4343	0.000633
Error	0.875205	24	0.036467		

Univariate Tests of Significance for km/m³ Epocas Húmeda y Seca
Sigma-restricted parameterization
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2.812868	1	2.812868	159.0631	0.000000
Prof.	0.752180	5	0.150436	8.4534	0.000100
Epocas Húmeda y Seca	0.083136	1	0.083136	4.6716	0.040860
Prof.*Epocas Húmeda y Seca	0.334992	5	0.066998	3.7648	0.011705
Error	0.427104	24	0.017796		

Univariate Tests of Significance for km/m³ Epoca Húmeda y Seca
Sigma-restricted parameterization
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3.016011	1	3.016011	199.5269	0.000000
Prof.	0.617074	5	0.123415	8.1646	0.000129
Epocas Húmeda y Seca	0.374952	1	0.374952	24.8053	0.000044
Prof.*Epocas Húmeda y Seca	0.539156	5	0.107831	7.1337	0.000324
Error	0.362780	24	0.015116		

Figura 3 Comportamiento de la DLR de eucalipto a una profundidad de 1.20m en dos épocas: húmeda (negro) y seca (gris), en plantaciones de: a) un año, b) dos años y c) tres años. Las barras verticales indican intervalos de confianza (0.95).

En cuanto a las dos épocas estudiadas, el hecho de que la mayor DLRF se localice en las parcelas de un año contrasta con las expectativas que se tenían ya que, debido a un mayor desarrollo arbóreo y radical, se esperaba tener un incremento gradual en la DLRF, considerando su ventaja en cuanto al tiempo, Hay que resaltar que en la época húmeda también en la parcela de un año la DLRF es mayor y se mantiene hasta los 40 cm de profundidad, mostrando una diferencia estadística significativa $p=0.05$ (Fig. 3c). Al respecto, Guerra *et al.* (2005) en su evaluación de *Pinus radiata* en Chile mencionan que las raíces finas exploran de manera selectiva y, al experimentar estrés por humedad, su alcance de exploración se incrementa en la profundidad, disminuyendo en los primeros cm del suelo.

El comportamiento de la DLRF de las tres parcelas estudiadas es muy similar en la época húmeda, cuando la mayor proporción (70%) se localiza en los primeros 20 cm, lo cual coincide con lo propuesto por Rojas (2000), quien encontró en las especies que estudió, que la mayor producción de raíces finas se dio después de la caída de las primeras lluvias (época húmeda) presentando diferencia estadística significativa $p=0.05$ en los primeros 20 cm del suelo.

La DLRF en la época seca en la parcela de tres años se mantiene constante hasta una profundidad de 40 cm presentando diferencia estadística significativa $p=0.05$, no obstante que en la húmeda fue disminuyendo gradualmente (Wassenaar, 1995; Moreno-Chacón y Lusk, 2004), observándose que a un metro aumentó significativamente la DLRF. Lo anterior se fundamenta en el hecho de que las raíces finas, en plantas de tres años tienen una mayor exploración radical, debido a que en esta época sufren escasez de agua y nutrientes, la planta se estresa y recurre a realizar una mayor exploración de raíces finas a mayor profundidad, resultados que coinciden con los de Guerra *et al.* (2005) quienes analizaron la biomasa de raíces en diferentes tipos de bosques de *Pinus radiata*, donde observaron que las raíces se encuentra en mayor cantidad cuando existen restricciones de humedad y nutrientes.

En los estudios realizados por Usman *et al.* (1999) y Harper *et al.* (1991) en *Quercus leucotrichophora* y *Pinus roxburghii* se observó que la producción de raíces finas varió en las diferentes estaciones del año, y que la distribución vertical de las raíces finas estaba correlacionada con la distribución de nitrógeno en el suelo, observándose también una variación estacional en el crecimiento radicular. Las plantas muestran un mayor crecimiento en DLR como respuesta a una mayor solubilidad de los nutrientes (Rojas, 2000), que se ve incrementada

además por el aumento de la tasa de mineralización de la materia orgánica (Obrador *et al.*, 2004). Kavanagh y Kellman (1992) y Rojas (2000) mencionan que el principal factor que estimula la producción de raíces finas es el incremento en humedad del suelo, lo cual coincide con nuestros resultados en la mayor concentración de la DLRF en la época húmeda.

Los resultados muestran la necesidad de profundizar en este tipo de estudios, con la finalidad de contar con las herramientas necesarias para la toma de decisiones (de manejo), siembra, aclareo, etc., cuando se trata del empleo de especies de interés comercial para la producción de madera y/o frutos.

3.4. CONCLUSIÓN

Al analizar el comportamiento de la DLRF en plantaciones de eucalipto de uno, dos y tres años de edad, se detectaron los mayores valores en los primeros 20 cm de profundidad para los dos componentes del sistema: arvenses y eucalipto, tanto para la época húmeda como la seca.

3.5. REFERENCIAS

Baker, T.T., Conner, W.H., Lockaby, B.G., Stanturf, J.A. & Burke, M.K. (2001). Fine root productivity and dynamics on a forested floodplain in south Carolina. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 545-556.

Böhm, W. (1979). Methods of studying root systems. SpringerVerlag, Berlin, FGR.

Burton A. J., Pregitzer K. S., Hendrick R. L., Relationships between fine root dynamics and nitrogen availability in Michigan northern hardwood forest. (2000) *Oecologia* 125: 389–399.

Canadell J., Jackson R. B., Ehleringer J. R., Mooney H. A., Sala O. E. & Schulze E. D. (1996) Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia* 108: 583–595.

Carbon, B.A., Bartle, G.A., Murray, A.M. & Macpherson, D.K. (1980) The distribution of root length and the limits to flow of soil water to roots in a dry sclerophyll forest. *Forest Science* 26: 656-664.

Cuanalo de la C., H. (1990). Manual para la descripción de perfiles de suelos en el campo. 3ª ed. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo. 40 p.

Fabiao, A., Madeira, M., Steen, E., Kätterer, T. & Ribeiro, C. (1994). Growth dynamic and spatial distribution of root mass in *Eucalyptus globulus* plantations in Portugal. In: Pereira, J. S. & Pereira, H. (Ed). Eucalyptus for biomass production: the state of the art. Brussels: CEC, p.60-76.

Gallardo, A., Rodriguez-Saucedo, J.J., Covelo, F. & Fernandez-Alés, R. (2000). Soil nitrogen heterogeneity in a Dehesa ecosystem. *Plant and Soil* 222:71-82.

Gaudinski J. B., Trumbore S. E., Davidson E. A., Cook A. C., Markewitz D. & Richter D. D. (2001). The age of fine-root carbon in three forests of the eastern United States measured by radiocarbon. *Oecologia* 129: 420–429

Guerra C. J., Gayoso A. J., Schlatter V. J. & Nespolo R. R. (2005). Análisis de la biomasa de raíces en diferentes tipos de bosques: Avances en la evaluación de *Pinus radiata* en Chile. *Bosque* (Valdivia) 26(1): 5-21.

Harper, J., Jones, M. & Sackville-Hamilton, NR. (1991). The evolution of roots and the problems of analyzing their behavior. In: Plant root growth, an ecological perspective. Ed. D. Atkinson. Oxford, UK, Blackwell Scientific Publications. p. 3-22.

Jackson, R. B.; Mooney, H. A. & Schulze, E. D. (1997). A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proceedings of National Academy of Sciences* 94: 7362-7366.

Kavanagh, T. & Kellman, M. (1992). Seasonal pattern of fine root proliferation in a tropical dry forest. *Biotropica* 24(2):157-165.

King J. S., Albaugh T. J., Allen H. L., Buford M., Strain B. R. & Dougherty P. (2002). Below-ground carbon input to soil is controlled by nutrient availability and fine root dynamics in loblolly pine. *New Phytol* 154: 389–398

Moreno-Chacón, M. & Lusk, C. H. (2004). Vertical distribution of fine root biomass of emergent *Nothofagus dombeyi* and its canopy associates in a Chilean temperate rainforest. *Forest Ecology and Management* 199: 177-181.

Moreno G., Obrador J. J., Cubera E. & Dupraz C. (2005). Fine Root distribution in dehesas of Central-Western Spain. *Plant and Soil*. 277: 153-162

Nambiar, E.K. (1990). Interplay between nutrients, water, root growth and productivity in young plantations. *Forest Ecology and Management* 30: 213-232.

Nambiar E.K. & Sands R. (1992). Effects of compactation and simulated root channels in the subsoil on root development, water uptake and growth of radiata pine. *Tree physiology* 10: 297-306.

Neumann, G., George, T. S. & Plassard, C. (2009). Strategies and methods studying the rhizosphere-the plant science toolbox. *Plant Soil* 321:430-455.

NOM-021-SEMARNAT-2000 (2002). Norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México, D. F. 85 p.

Obrador J, J., García L, E., & Moreno, G. (2004). Consequences of dehesa land use on nutritional status of vegetation in Central- Western Spain. In: *Advances in GeoEcology 37: Sustainability of Agrosilvopastal systems – Dehesas, Montados*-Eds. S Schnabel and A Ferreira, Catena Verlag, Reiskirchen, p. 327.340.

Pritchett, W.L. (1986). Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento. Noriega: Ed. Limusa, 643 pp.

Rojas, K. (2000). Fenología de la copa y del sistema de raíces finas y relaciones hídricas de *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste) en el bosque tropical seco. Tesis M.Sc. San José, CR, Universidad de Costa Rica. 62 p.

Ressell, R. S. (1977). Plant root systems: the ir function and interaction with the soil. McGraw-Hill Book Co. (UK). 298 p.

Santantonio, D. (1990). Modelling growth and production of tree roots. In: Dixon, R. K.; Meldahl, R.S.; Ruah, G.A. & Warren, W.G. (eds) Process modeling of forest growth responses to environmental tress. P. 124-140.

Schroth G., Rodriguez M.R.L., Angelo, S.A.D. 2000. Spatial pattern of nitrogen mineralization, fertilizer distribution and roots explain nitrate leaching from mature Amazonian oil palm plantation. *Soil Use and Management*, 16: 222-229

Stark, N. & Spratt, M. (1977). Root biomass and nutrient storage in rain forest oxisols near San Carlos de Rio Negro. *Tropical Ecology* 18: 1-9.

Usman, S; Singh, S. & Rawat, Y. (1999). Fine root productivity and turnover in two evergreen central Himalayan. *Annals of Botany* 84(1):87-94.

Vogt K. A., Vogt D. J., Palmiotto P. A., Boon P., O'Hara J. & Absbjornsen H. (1996). Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. *Plant Soil* 187: 159–219

Wassenaar, T. (1995). Roots, their dynamics and distribution. A study on standing stocks and fine root dynamics in Colombian Amazonia. Bogotá, Colombia: The Tropenbos Foundation, 54 p.

WRB. (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. IUSS Grupo de Trabajo. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. 130 p.

Zhang X. Q. (2001). Fine root biomass, Production and turnover of trees in relations to environmental conditions. *For. Res.* 14: 566–573 [张小全, 环境因子对树木细根生物量、生产与周转的影响. 林业科学研究, 2001, 14: 566–573]

3.6. CONCLUSIONES GENERALES

La composición florística del área muestreada en la plantación de eucalipto estuvo compuesta por 33 especies ubicadas en 31 géneros y 14 familias, destacando Asteraceae que tuvo seis especies, y Poaceae, Rubiaceae y Fabaceae, cada una con cuatro. En la época de lluvias las parcelas testigo presentaron una mayor riqueza florística, ocurriendo lo contrario para la época seca.

En cuanto a la cobertura, en la época húmeda destacaron las especies: *Digitaria setigera* Roth., *Croton chamaedrifolius* Lam., *Desmodium incanum* (S.w) y *Panicum aturense* Kunth. ; y en la seca: *Hyptis atrorubens* Poit, *Borreria laevis* (Lam.) Griseb., *Digitaria setigera* Roth *Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum y *Momordica charantia* L. En ambas épocas la familia más importante fue Poaceae la que presentó, además valores más altos de frecuencia y densidad.

Los resultados de los índices calculados mostraron que la comunidad de arvenses del eucalipto es poco diversa, más aún en la seca, y que el control de arvenses al menos en este parámetro. Al momento de planear el manejo de la plantación es importante considerar especies como *Panicum aturense* Kunth. y *Setaria pumila* Poir. Roem. & Schult, ya que pueden encontrarse cubriendo superficie importantes (hasta 90%).

Los mayores valores de DLRF en las parcelas de eucalipto de uno, dos y tres años de edad se detectaron en los primeros 20 cm de profundidad para los dos componentes del sistema: arvenses y eucalipto, tanto para la época húmeda como la seca.