

**ESTRÉS HÍDRICO Y APORTE
DE NUTRIENTES POR CAÍDA
DE HOJARASCA EN
PLANTACIONES DE
TECTONA GRANDIS**

**FRANKLIN EDUARDO ARCOS ALCÍVAR
JAIME MORANTE CARRIEL**

**ESTRÉS HÍDRICO Y APORTE
DE NUTRIENTES POR CAÍDA
DE HOJARASCA EN
PLANTACIONES DE
*TECTONA GRANDIS***

**ESTRÉS HÍDRICO Y APORTE
DE NUTRIENTES POR CAÍDA
DE HOJARASCA EN
PLANTACIONES DE
*TECTONA GRANDIS***

**FRANKLIN EDUARDO ARCOS ALCÍVAR
JAIME MORANTE CARRIEL**

Título original: ESTRÉS HÍDRICO Y APOORTE
DE NUTRIENTES POR CAÍDA
DE HOJARASCA EN
PLANTACIONES DE
TECTONA GRANDIS

© FRANKLIN EDUARDO ARCOS ALCÍVAR
JAIME MORANTE CARRIEL

2020,
Publicado por acuerdo con los autores.
© 2020, Editorial Grupo Compás
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador

ISBN: 978-9942-33-307-0

Cita.

Arcos. F, Morante. J. (2020) ESTRÉS HÍDRICO Y APORTE DE NUTRIENTES POR CAÍDA DE HOJARASCA EN PLANTACIONES DE TECTONA GRANDIS, Editorial Compás, Guayaquil Ecuador, 58 pag

Contenido

Prólogo.....	v
Introducción.....	ix
CAPÍTULO I: Planteamiento del estudio.....	2
Situación actual	3
CAPITULO II: Conceptos principales	11
Cambio climático.....	11
Sequía.	11
Estrés.....	11
Estrés Hídrico.....	12
Contenido de humedad del suelo.....	12
Déficit hídrico	12
Fotosíntesis	13
Análisis foliar.....	13
Caducifolio.....	13
Producción y descomposición de la hojarasca.....	14
Fisionomía	15
Condiciones medio ambientales T. grandis.....	16
Requerimientos nutricionales.	19
Tasas de Crecimiento.....	20
Efectos del estrés hídrico	20
Factores limitantes del crecimiento en T. grandis	22
Composición de las hojarascas.....	23

CAPITULO III: Investigación de campo	24
Instrumentos de la Investigación.....	¡Error! Marcador no definido.
Características físicas químicos del suelo.....	24
Contenido de humedad del suelo.....	25
Dinámica de caída de hojas y cantidad de nutrientes que se integran al suelo.....	25
Colecta de hojarasca.....	25
Colecta de hojas frescas o verdes.....	25
Procesamiento y análisis	26
Análisis físico químico del suelo.....	26
Determinación del contenido de humedad del suelo.....	26
Dinámica de caída de hojas, nutrientes en hojarasca, hojas en la planta.	27
Colecta de hojas frescas y hojarascas.....	27
Cantidad de nutrientes que se movilizan desde las hojas a otras partes de la planta.....	28
Cantidad de nutrientes que se necesita aportar a la plantación en función de la hojarasca.....	28
CAPITULO IV: Resultados y discusión	30
Características físicas y químicas del suelo.....	30
Contenido de humedad en el suelo.....	32
Dinámica de aporte de nutrientes por la caída de hojarasca.....	33
Requerimiento de nutrientes en plantaciones de teca.....	40
CAPITULO V: Conclusiones	41

Referencias bibliográficas	43
----------------------------------	----

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Nutrientes absorbidos en plantaciones de teca</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 2: Nutrimientos acumulados durante 30 años.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 3: Interpretación de niveles foliares de nutrientes en teca.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 4: Porcentaje de Arena limo y arcilla a diferentes profundidades</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 5: pH concentración de N, P (ppm), K, Ca y Mg (meq/100mL) a diferentes profundidades.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 6: Relación entre la concentración de macronutrientes en la hojarasca caída con respecto a las hojas de los árboles</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 7: Total de aporte de N, P, K, Ca y Mg (Kg /ha) a través de la caída de hojarasca de Teca (4 años) en una región de Paján, Ecuador.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 8: Requerimiento de fertilizante según el aporte de la hojarasca, contenido nutricional del suelo relacionado con el requerimiento del cultivo a los 6 años.</i>	<i>42</i>

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1: Porcentaje del contenido de agua a 20 y 40 cm de profundidades durante el período de sequía 2017. Barras indican error estándar.</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 2: Promedio de caída de hojas de árboles de Teca. (Año 2017)</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 3: Promedio de concentración de macro nutrientes en las hojas de los árboles en el período de sequía en plantaciones de Teca de 4 años.</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 4: Promedio de concentración de macro nutrientes de la hojarasca caída en el período de sequía en plantaciones de Teca de 4 años.....</i>	<i>39</i>

Prólogo

La Teca es una especie caducifolia y durante la época seca, su desarrollo se ve afectado por el bajo contenido de humedad en el suelo, lo cual produce altos niveles de estrés, lo que conlleva una eminente caída de hojas. En la región, se desconoce el nivel de estrés de las plantas frente a déficit de agua, tampoco se conoce su incidencia en la dinámica de la caída de hojas ni el aporte de nutrientes proveniente de la hojarasca. En caso de plantaciones comerciales de ***Tectona grandis***, que es una especie ampliamente sembrada en Ecuador, es interesante saber la relación de caída de hojas y el aporte de nutrientes al suelo en la medida que avanza la sequía.

Además, es importante para los diferentes nutrientes conocer su incorporación a la misma planta antes de la caída de las hojas. Esta información es relevante para programas de fertilización. En la metodología utilizada para esta investigación se evaluó la textura de suelo, contenido de humedad del suelo en el periodo seco; intercepción de hojarasca y recolección de hojas frescas de árboles seleccionados para su posterior análisis de macro y microelementos para relacionar que nutrientes son asimilados en este periodo seco. Los resultados demuestran que en el caso de la hojarasca de teca la tasa de descomposición de la hoja que cae es muy rápida. Los resultados encontrados muestran que los aportes de nutrientes en orden decrecientes fueron: Ca>N>K>P>Mg, y en mayor estrés hídrico la caída de hoja es de 8 ton/ha, que el aporte al suelo es de kg/ha 88,4 N; 8,96 P; 46,7 K; 181,32 Ca; 6,46 Mg; tomar en cuenta para el programa de nutrición de la plantación según requerimiento de la teca por edad en lo cual nos ayudaría en ahorro de fertilizante. Los beneficios de la hojarasca como el aporte de nutriente, mejorador de la

estructura del suelo; activando la flora bacteriana, hongos y otros microorganismos, manteniendo la temperatura y la humedad del suelo con la finalidad que esta interacción beneficie la absorción de nutrientes a la planta en los periodos críticos de estrés hídricos.

Introducción

Los bosques son ecosistemas claves como reguladores a escala global de los ciclos del agua y del carbono, pero también pueden constituir monitores de los efectos del cambio global sobre los ecosistemas terrestres y responden de forma fidedigna a los cambios recientes de clima, de usos del suelo y a las modificaciones de los ciclos biogeoquímicos (Bonan, 2008).

Desafortunadamente, la tala indiscriminada de los bosques está ocasionando su desaparición por lo que establecer sistemas agroforestales o plantaciones de árboles es una medida para amortiguar la extracción de los bosques y crear ambientes sustentables. Además, las plantaciones de árboles constituyen una estrategia para suplir las demandas futuras de madera.

Según lo anterior, el cambio climático producirá un aumento de las temperaturas, ocasionando mayor frecuencia de sequías y aumento de la variabilidad climática en muchas regiones del mundo (IPCC, 2007). En la actualidad, se prevé que el cambio climático cause mayores episodios de decaimiento forestal y mortalidad de los bosques, particularmente en zonas sometidas a estrés hídrico (Allen *et al.*, 2010, Sánchez-Salguero, 2012).

La variación del clima observado debido a crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero, como el CO₂ y el metano (CH₄), está conduciendo a aumentos de temperatura global, lo que trae cambios en los patrones precipitación, aumentos en el nivel del mar, disminución de las capas de hielo marino, y en algunas regiones los fenómenos climáticos extremos tales como olas de calor, fuertes precipitaciones y sequías.

Debido a los efectos sobre la biodiversidad, estos cambios afectarán procesos básicos en el funcionamiento de los ecosistemas y los sistemas productivos agroforestales. Por ejemplo, la concentración de CO₂ en la atmósfera afecta el nivel y eficiencia de la fotosíntesis, lo que puede afectar a la productividad de las plantas y a otros procesos en los ecosistemas. Los cambios de temperatura que han ocurrido en muy corto tiempo están afectando la composición de especies en los ecosistemas, y la productividad vegetal y animal, así como a otras funciones del ecosistema (Semanart, 2009).

Se predice para varias regiones disminuciones en la precipitación lo que conduce a menor disponibilidad de agua y al aumento del déficit de agua lo que ocasiona estrés hídrico (Munns y Tester, 2008; Luna-Flores, 2012). El estrés hídrico es uno de los factores que influyen en el establecimiento y mantenimiento de bosques nativos y rodales comerciales. Los parámetros como aumento de la tasa de mortalidad, cambios en la sucesión de las especies, disminución del crecimiento en altura y diámetro entre otros son consecuencia del déficit hídrico; logrando reducir la productividad de los proyectos forestales.

Sin embargo, a lo largo de la evolución, las plantas han desarrollado diferentes respuestas y adaptaciones que les permiten sobrevivir en condiciones constantes de déficit hídrico (Nilsen y Orcutt, 1996; (Moreno, 2009)

En los bosques tropicales estacionalmente secos es común que las plantas queden expuestas a períodos de estrés hídrico (Hasselquist *et al.*, 2010). En estos bosques dominan las especies caducifolias ya que están adaptadas para minimizar la pérdida de agua durante los períodos de baja

disponibilidad (Murphy y Lugo, 1986). Dichas adaptaciones consisten en la abscisión foliar, disminución del potencial hídrico (Ψ) y almacenamiento de agua en sus órganos (Tyree *et al.*, 2002), pero dependiendo de la intensidad y duración del estrés hídrico éste influye en los efectos y la capacidad de las plantas para resistirlo (Engelbrecht, 2001; Garau *et al.*, 2009).

Entre los principales efectos del estrés hídrico sobre el crecimiento está la reducción en la altura, tallo, raíces, área foliar, peso foliar específico y biomasa de la planta (Farooqi *et al.*, 1994; Engelbrecht, 2001; Khurana y Singh, 2004; Singh y Singh, 2006). Asimismo, la eficiencia de uso de agua en la productividad (EUAp) también es alterada debido a los cambios en la biomasa total y en la evapotranspiración (Turner, 1986). Durante el estado de plántula se experimenta mayor estrés hídrico porque los individuos aún no han desarrollado un sistema radicular extenso ni profundo y su acceso al agua del suelo es limitado (Tyree *et al.*, 2003; Lüttge, 2007). Esta etapa condiciona el establecimiento de las especies vegetales ya que el estrés hídrico puede provocar su muerte; por ello es necesario estudiar sus respuestas fisiológicas y morfológicas ante condiciones de baja humedad del suelo (Cregg, 2004; Luna-Flores, 2012).

Dichos efectos debidos a la sequía, producidos por el cambio climático, más el desconocimiento de los requerimientos hídricos y edáficos de la especie forestal, es lo que conlleva a selección del sitio no adecuado, incrementando costos de inversión para el establecimiento y mantenimiento silvicultural; influyendo en el crecimiento óptimo o calidad de la plantación.

En el campo forestal, la investigación de esta problemática es prioritaria. En el caso de Ecuador, no existen investigaciones que apunten a ser resilientes a los cambios climáticos bruscos, siendo necesario estudios que permitan conocer cuál es la dinámica de las plantaciones en términos de caída de hoja y aporte de nutrientes en los periodos de sequía y los riesgos. Además, conocer la relación de nutrientes entre las hojas antes de caer con relación cuando ya caen permite estimar tasas de reciclaje y además poder establecer programas de fertilización más precisos en función del aporte de nutrientes a partir de la hojarasca caída. Esto serviría como herramienta para mejorar la selección de sitio, programas de enmiendas al suelo y fertilización, manejo silvicultural, y así asegurar el éxito de la plantación. Igualmente conocer la dinámica de caída de hojas permite también saber los momentos en el que el estrés comienza a afectar con mayor intensidad en función de la tasa de caída. No se sabe si la caída de hojas es igual en todos los meses o es variable y si esa variabilidad responde al contenido de agua en el suelo.

CAPÍTULO I: Planteamiento del estudio

El cantón Paján fue antiguamente un caseío, que recibió su nombre de Paján por la abundancia de paja mocora, una especie vegetal autóctona del lugar. Su cantonización tuvo lugar el 7 de noviembre de 1952, considerando su aporte a la provincia. En la Colonia se llamó "San Juan Bautista de Paján" en la actualidad el Cantón Paján está subdividido en cuatro parroquias rurales: Guale, Lazcano, Campozano, Cascol (GAD, 2015).

Este estudio se realizó en la parroquia Cascol que tiene una superficie de 430,41 km², lo que representa el 39,63% de la superficie total del cantón Paján, y tiene una densidad poblacional de 17 habitantes por kilómetro cuadrado. Límites de acuerdo con la División Política de la provincia de Manabí, la parroquia Cascol limita: Al Norte con Paján, cabecera parroquial. Al Sur con el cantón Colonche de la Provincia de Santa Elena. Al Este, con la parroquia Campozano y el cantón Pedro Carbo de la provincia del Guayas Al Oeste con la parroquia Pedro Pablo Gómez del cantón Paján.

Cascol es una de las cuatro parroquias rurales del Cantón Paján, se encuentra ubicada al Sur de la provincia de Manabí, en la longitud Oeste - 80.4667 y Latitud -1.66667 Sur un clima Cálido Húmedo Tropical. La temperatura media anual es de 24°C. Existen dos estaciones claramente marcadas, época seca y lluviosa. La temporada de lluvias se caracteriza por incremento de la temperatura y la estación seca por la baja de temperatura.

La parroquia Cascol dentro de su relieve podemos encontrar tanto sus lugares altos montañosos, siendo estos de la prolongación oriental de las montañas de Colonche. La pendiente de los suelos varía de 12% al 70% con suelos limosos limo-arcillosos a arcillosos profundos, el pH varía entre 6,5 a 7.5.

Este sector se caracteriza por su potencial agrícola del cultivo de maíz y café, ganadería de carne aprovechando la época lluviosa para obtener los productos mencionados. Cascol tiene las siguientes características: son terrenos subutilizados en agricultura con limitaciones en riego y mecanización, por su topografía; temperatura promedio de 24 a 26°C, precipitaciones de 1000 a 1250 mm, la estación seca está muy marcada, siete a ocho meses secos. (GAD, 2015).

Específicamente el estudio se realizó en el sitio San Juan, que pertenece a la parroquia Cascol, cantón Paján provincia de Manabí, en el predio Rancho "California". El predio se encuentra en la vía Guayaquil-Manta kilómetro noventa y ocho. Está ubicado en las coordenadas latitud Sur 1° 42'47.3" y longitud Oeste 80° 24'32.9" El predio cuenta con una topografía ondulada, irregular con un promedio a nivel del mar de 210 msnm, suelo de textura arcillosa.

Situación actual

Cerca de 45.000 hectáreas de teca plantadas, el país apunta a ser en el corto plazo el primer productor regional del recurso maderero. En los últimos años aumentó el interés por cultivar teca, uno de los factores es el incentivo que da el Gobierno para los productores. En las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas se concentra la mayor parte de las aproximadamente 1.200 plantaciones del árbol comercial, según la Asociación de Productores y Comercializadores de Teca y Maderas Tropicales Asoteca (El Telegrafo, 2015).

La realidad es que Manabí es una provincia con muchas dificultades para reforestar. Para esta actividad se necesitan que llueva mínimo 1.100 milímetros de agua por año y en la mayor parte de Manabí no llueve esa cantidad.

En poblaciones como Jaramijó, Manta y Montecristi, dice Zambrano, llega a llover menos de 300 milímetros. Señala que las zonas aptas para reforestar son Pichincha, Chone, una zona alta de Pedernales, que son las áreas donde llueve como se espera (El Diario, 2018).

El crecimiento del interés comercial de esta especie, ha aumentado en el sector de estudio aparentemente sin tomar en cuenta los parámetros eco fisiológicos de la plantación; tales como la dificultad de crecimiento en suelos arcillosos, y periodo seco más de 6 meses; que aumentaría el estrés hídrico y la irregularidad de periodo de lluvia que a veces es intenso en los primeros meses; que produce estrés por exceso de agua. Y si aumentamos problemas de manejo como la quema excesiva de los rodales, perdiendo la hojarasca que es el principal aporte de nutrientes del rodal; disminuyendo los otros beneficios como cuidar la estructura y fertilidad del suelo.

Por tal motivo los bosques naturales por la diversidad que se encuentra en su entorno, la dinámica del reciclaje de las hojarasca y otros materiales orgánicos ayudan a cuidar la estructura e incrementar la fertilidad del suelo; siendo un aporte nutricional para el crecimiento de las especies.

Los ecólogos que se ocupan de las áreas silvestres han prestado mucha atención a la descomposición de la hojarasca, en relación con el ciclo de los nutrientes y con la productividad del suelo. Es evidente que lo hacen porque la descomposición de la hojarasca influye mucho en la disponibilidad de nutrientes, que es un determinante fundamental del crecimiento de los árboles y de la producción de madera (Thaiutsa et al., 2015). Las tasas de estos procesos involucrados en el reciclaje de nutrientes en los bosques están reguladas por las condiciones de temperatura y humedad (Prescott, 2002).

El desarrollo del crecimiento de las plantaciones forestales comerciales depende de los factores ambientales y edáficos. El parámetro de humedad

es primordial para el desarrollo de la planta que depende de procesos de acumulación, descomposición y reciclaje de nutrientes que provienen de los residuos vegetales como hojas especialmente que sirven como aporte nutricional. En el caso de especies forestales que se usan en el Ecuador la información sobre la dinámica de caída de hojas y su aporte de nutrientes en periodos de sequía es muy escasa. Tal información es importante para la toma de decisiones y establecer estrategias de manejo del sector.

La teca es apreciada por la calidad de su madera, así como su rusticidad, calidad y desarrollo pueden ser comprometidos por varios factores, entre ellos el ambiente donde la disponibilidad de agua para planta es uno de los más importantes. El estrés puede definirse en sentido general como una expresión excesiva de algún factor adverso que presenta la tendencia de inhibir el normal funcionamiento de los sistemas. La falta de agua en el suelo limita intensamente el crecimiento de las especies vegetales en varias regiones del mundo. Por lo tanto, todos los factores ambientales que interfieren en el mecanismo de absorción de agua y nutrientes tendrán influencia negativa en el metabolismo de la planta, disminuyendo el crecimiento y la productividad (Lechinoski, 2007).

La teca tolera gran variedad de climas, pero crece mejor en condiciones tropicales húmedas y calientes; con una precipitación de 1300 a 2500 mm por año y una época seca de 3 a 5 meses (Francis, 2000).

El déficit hídrico en plantaciones jóvenes de teca puede influir en su desarrollo, así como en la cantidad o densidad de plantas por hectáreas; y el grado de mortalidad o sobrevivencia, y la calidad fenotípica. Usualmente períodos largos de sequía (más de 5 meses) puede conllevar a reducción de crecimiento en altura y diámetro, reducir la capacidad para tolerar plagas y enfermedades.

El estrés hídrico en teca provoca reducciones drásticas de nitrato que puede influir en el metabolismo del carbono (fotosíntesis), directa o indirectamente, en la síntesis de nuevos tejidos y crecimiento de los mismos. Los efectos directos de la fotosíntesis y la respiración resultan de la incorporación de minerales, en metabolitos, coenzimas y pigmentos como activadores en el proceso de la fotosíntesis (Castro, 2007).

Para el desarrollo del cultivo de Teca en el sector, es necesario conocer los requerimientos de la especie en cuanto a exigencia de suelo, datos climáticos y así relacionarlo con el entorno ambiental para su crecimiento y obtener parámetros comerciales deseables. Por tal motivo, es importante conocer la influencia de la época seca en el desarrollo de la teca; como responde a los factores limitantes, como déficit hídrico, suelos pesados y a veces mal manejo de la plantación (fertilización no adecuada, limpieza tardía, quema excesiva aumentando su estrés. La finalidad es obtener estrategia para reducir y conservar las condiciones para la plantación.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, es importante tener una herramienta práctica de diagnóstico basado en parámetros fisiológicos, que recopila información de varias disciplinas. Esto ayudaría a disminuir los riegos causados por los efectos estrés hídrico y entender las prácticas culturales necesarias para reducir el estrés hídrico mejorando el desarrollo del rodal.

Como política de estado en Ecuador desde el 2012, se ha fomentado la siembra forestal de especies comerciales y nativas, cuyo objetivo es generar materia prima para el abastecimiento de la industria de la madera, reducir la dependencia de importación de productos forestales, fomentar las exportaciones, reducir el aprovechamiento de bosque nativo indiscriminado, incorporar tierras con vocación forestal, entre otras. En el caso de la provincia de Manabí se han sembrado 6,793 ha de plantaciones forestales, gracias al incentivo forestal, de los cuales el 83,32 % es ***T. grandis*** (MAGAP, 2016).

En ese mismo sentido, el beneficio social al desarrollar la industria forestal del sector proveerá fuente de trabajo a muchos agricultores y serán el capital humano capacitado en el área forestal; por ende, los agricultores mejorarán su calidad de vida con trabajo digno y estable. Evitando la emigración a las grandes ciudades por fuente de trabajo.

La preocupación por el cambio climático ha abarcado a nivel mundial, implementando la regularización de los bosques nativos, rodales comerciales, con políticas de estado, certificaciones de manejo forestal sostenibles, incentivos forestales, mercado para absorción de carbono; con la finalidad del cuidado de nuestro ambiente y así reducir los efectos del cambio climático producidos por la deforestación y cambio uso de suelo (Camacho Cordero, 2011).

Es evidente entonces la importancia de manejar los rodales comerciales de manera sostenible, para obtener beneficio económico, social y ecológico para las generaciones siguientes.

Sin embargo, pese a la preferencia de esta especie por parte de los productores, existe muy poca información del manejo regional de esta especie. Por ello surge la importancia de desarrollar investigaciones que conduzcan a una mejor comprensión del comportamiento de esta especie con la realidad ecológica del área para establecer criterios de manejo en el sector.

CAPITULO II: Conceptos principales

Cambio climático.

La idea de cambio climático, en este marco, alude a una variación del clima del planeta Tierra generada por la acción del ser humano. Este cambio climático es producido por el proceso conocido como efecto invernadero, que provoca el llamado calentamiento global. Como se puede advertir, hay tres grandes nociones que están vinculadas: cambio climático, efecto invernadero y calentamiento global. Puede decirse que el cambio climático es una consecuencia del calentamiento global, provocado a su vez por el efecto invernadero (Porto, 2007).

Sequía.

Ausencia de agua en una superficie durante un lapso prolongado. El término 'sequía' denota en muchos casos esta interacción entre baja disponibilidad hídrica, alta temperatura e irradiación. Según algunos autores, sequía es un concepto de tipo meteorológico más que fisiológico, ya que se refiere a un período en el cual las precipitaciones no compensan el agua perdida por evapotranspiración (Passioura, 1996). (Tambussi, 2004).

Estrés.

Se considera como estrés al cambio de cualquier factor ambiental, que actúe sobre el vegetal afectando a la respuesta bioquímica y fisiológica de los mismos, pudiendo provocar daños o lesiones ocasionalmente. En general, las situaciones de estrés originan en el vegetal una serie de cambios fisiológicos compensatorios que van encaminados a mantener las condiciones vitales del organismo (Bioiberica, 2011).

Estrés Hídrico.

El estrés por déficit hídrico o por sequía se produce en las plantas en respuesta a un ambiente escaso en agua, en donde la tasa de transpiración excede a la toma de agua. El déficit hídrico no sólo ocurre cuando hay poca agua en el ambiente, sino también por bajas temperaturas y por una elevada salinidad del suelo. Estas condiciones, capaces de inducir una disminución del agua disponible del citoplasma de las células, también se conocen como estrés osmótico. (Levitt, 1980) (Moreno, 2009).

Contenido de humedad del suelo

Este contenido ha sido expresado tradicionalmente como la proporción de la masa de humedad con respecto a la masa de la muestra de suelo después de que ha sido secada a un peso constante (Cimmyt, 2013).

Déficit hídrico

Algunos autores utilizan el término “déficit hídrico” (es decir, transpiración superando la absorción de agua) como un componente de otros tipos de estrés, ya que la falta de agua puede observarse tanto en situaciones de sequía, como frente a salinidad y bajas temperaturas (Bray 1997). Entre los factores abióticos, el estrés por déficit hídrico es considerado uno de los más relevantes, tanto desde una perspectiva ecológica como agronómica. Respecto a los cultivos, aunque ha sido señalado que no siempre es el factor central (Richards y col. 2001), está claro que el déficit hídrico es el principal factor abiótico que limita la distribución geográfica y el rendimiento de la mayoría de los cultivos. (Araus-Ruiz et al., 2002; Tambussi, 2004).

La diferencia entre la entrada y la salida de agua en la planta se conoce como balance hídrico de la planta (absorción - transpiración). Llamamos déficit hídrico al fenómeno por el cual la pérdida de agua por transpiración supera a la ganancia por absorción y se evidencia por una pérdida de turgencia de las células y tejidos (Arntzen, 2014).

Fotosíntesis

Es la absorción de la energía lumínica proveniente del sol y su conversión en potencial químico estable, por la síntesis de compuestos orgánicos. La principal virtud del proceso de fotosíntesis es la capacidad de atrapar la energía proveniente de la radiación del sol y transformarla en energía química, mediante una serie de complejas reacciones (Saldívar, 2013).

Análisis foliar

El análisis foliar es una técnica de diagnóstico de las necesidades nutritivas de las plantas cultivadas. Mientras el análisis de suelo indica la disponibilidad relativa o suministro potencial de nutrimentos de éste hacia la planta, el análisis foliar indica cuales y cuánto de los nutrimentos han sido absorbidos por dicha planta (Sánchez, et al 2007)

Caducifolio.

Nombre que reciben todos aquellos árboles, arbustos y plantas en general, cuyo follaje se cae naturalmente antes o durante una estación seca y caliente o una estación fría, como un mecanismo natural de defensa para reducir el metabolismo de la planta al mínimo, evitar la pérdida de agua interna y ahorrar energía (González, 2010).

Producción y descomposición de la hojarasca

La caída de la hojarasca es el mayor proceso de transferencia de nutrientes de las partes aéreas de la planta hacia el suelo (Schlatter et al., 2003). La hojarasca que cae al suelo forma un estrato orgánico conocido como mantillo, el cual cubre el suelo y lo protege de los cambios de temperatura y de humedad, y también permite que retornen elementos nutritivos en una cantidad importante (Schlatter et al., 2003).

Los residuos vegetales depositados (hojas, ramas, flores y frutos) son una fuente valiosa de materia orgánica que después de sufrir procesos de descomposición liberan elementos nutritivos que se incorporan al suelo para ser nuevamente utilizados por las plantas (Bradford, 2002)

La producción de nueva biomasa unida a las velocidades de descomposición y transferencia de los elementos nutritivos depende en gran parte de las condiciones edafológicas, climatológicas, de la biota y calidad de los nutrientes presentes en la hojarasca; disponer de esta información es necesario para generar un manejo racional de los recursos naturales que garantice mayor eficiencia y sostenibilidad de los agroecosistemas (Plaza-Bonilla, 2013).

La acumulación y descomposición de la hojarasca y su conversión en humus dependen de factores como la productividad primaria, la composición y la estructura de la vegetación (Kumar y Deepu 1992, Scherer-Lorenzen *et al.* 2007), los flujos de viento y agua, la temperatura y la humedad en el ambiente, la fertilidad del suelo (Vitousek y Sanford 1986), la actividad de los microorganismos y la fauna edáfica (Lavelle *et al.* 1993), así como de la inclinación del terreno y su exposición respecto al tránsito del sol (Sariyildiz y Küçük 2008). La relación entre la hojarasca y el

humus es de interés particular en los bosques tropicales de montaña debido a que sus ciclos biogeoquímicos son relativamente lentos, además de que sus suelos tienen fertilidad media o baja (Gaspar-Santos, 2015).

Fisionomía

Los árboles de *T. grandis*, especie decidua alcanzan alturas de 25 a 35 metros (raras veces más de 45 m), DAP de 100 cm y en algunos casos de más. Las distintas razas se diferencian entre sí por la forma y el color de las hojas, por el color y la estructura de la corteza y por la forma de los fustes. Las procedencias del norte de Tailandia y Birmania son famosas por sus fustes muy rectos; La *T. grandis* de la India y de Indonesia generalmente tiene ramas hasta las partes bajas del fuste, el cual normalmente es cilíndrico y con relativa frecuencia bifurcado.

La corteza es suave y mide hasta 15 mm de espesor, casi siempre se desprende y se agrieta profundamente en sentido vertical; tiene un sabor astringente. Forma sólo un sistema radicular superficial, el cual es muy susceptible a la falta de oxígeno. Las hojas son grandes, miden de 30 a 60 cm de largo y de 20 a 35 cm de ancho, son coriáceas y opuestas o se agrupan en verticilos de a tres; tienen forma elíptica amplia, en la haz son glabras y en el envés verrugosas y densamente tomentosas son pequeñas y de color blanco; están dispuestas en panículas de hasta 40 x 35 cm de tamaño. El fruto es drupáceo y envuelto por el cáliz persistente, mide aproximadamente 1 cm de diámetro y posee 4 carpelos, aunque generalmente solo produce de 1 a 3 semillas (Lamprecht, 1990).

Condiciones medio ambientales *T. grandis*.

Clima

La teca tolera gran variedad de clima, pero crece mejor en condiciones tropicales moderadamente húmedas y calientes. Gran parte del área natural de la teca se caracteriza por clima tipo monzonal, con una precipitación de entre 1300 a 2500 mm durante el año y una estación seca de 3 a 5 meses. La cantidad de lluvia óptima de la teca es de 1500 a 2000 mm por año, pero soporta precipitaciones tan bajas como de 500 mm y tan altas de 5100 mm por año. La teca es natural en áreas secas, incluso bajo condiciones calientes y de sequía. Sin embargo, las condiciones de sequía prolongada en la India han matado tantos árboles como los brotes en los troncos cortados (Francis, 2000).

Aunque la *T. grandis* sólo se distribuye naturalmente en zonas con clima monzónico, también crece en las más variadas condiciones medioambientales. Por esta razón la *T. grandis* forma parte de los bosques secos deciduos, los cuales colindan con los matorrales espinosos áridos (P.ej. en India con precipitación promedio anual de aproximadamente 800 mm), mientras que bosques húmedos deciduos con presencia de la *T. grandis* (precipitación aproximada de 1500 mm) son vecinos de las formaciones húmedas siempreverdes.

El promedio precipitación anual fluctúa entre 760 mm con 5 a 7 meses secos en la India y 2500 (5000) mm con 3 a 4 meses secos en Java. La temperatura anual media varía entre 21 y 28 °C, con temperatura mínima absoluta de 2°C y temperatura máxima absolutas de aproximada 45°C. Las diferentes razas de *T. grandis* se desarrollan en suelos muy distintos. (Lamprecht, 1990). Por ejemplo, las de Noroeste de Tailandia esta en

suelos casi puramente calizos, en el noroccidente del mismo país la especie tolera suelos arcillosos pesados y en India crece en suelos lateríticos pobres. Los mejores crecimientos se observan siempre en suelos de pH neutro, bien drenados, con bastante oxígeno y buena aireación. Las faldas con suelos franco arenosos son ideales, así como también los suelos aluviales arcillosos no muy pesados. *T. grandis* tolera suelos anegados o pantanosos (Lamprecht, 1990).

Esta especie logra su máximo desarrollo y tamaño en un clima cálido y húmedo, con precipitación pluvial 1270 mm a 3800 mm, aunque puede existir en sitios donde las lluvias no pasen de 760 mm y en donde alcanzan más de 5000 mm anuales. Los mejores rendimientos se obtienen entre los 1000 a 2000 mm de precipitación anual, o más, siempre que no haya menos de cuatro meses secos (CONIF, 2001).

En el caso de Costa Rica *T. grandis* bajo condiciones de Guanacaste, crece con precipitación promedio anual de más de 1500 mm, el viento moderado, con menos de meses secos y profundidad del suelo mayor a 90 m. La cantidad de calcio es de menos de ocho Cmol/100 ml y pendientes menores de 25% (Raigosa, 2009).

Suelos.

La teca crece en áreas entre el nivel del mar, como en Java, hasta una altitud de 1,200 m en el centro de la India. Se establece sobre una variedad de suelos y formaciones geológicas, pero el mejor crecimiento ocurre en suelos aluviales profundos, porosos, fértiles y bien drenados, con un pH neutral o ácido. La teca tolera condiciones de suelo muy extremas, siempre que exista un drenaje adecuado. Los factores limitantes más importantes en cuanto a los suelos son la poca profundidad, las capas

duras, las condiciones anegadas, los suelos compactados o arcillas densas con un bajo contenido de Ca o Mg. Se ha demostrado también que la teca es sensible a las deficiencias de fosfatos. Las pendientes escarpadas, el drenaje pobre y las altitudes de más de 1,000 m también influyen en el crecimiento de una forma negativa (Francis, 2000)

Los bosques naturales de teca aparecen en terrenos montañosos y ondulados en los que la madre roca está formada por basalto, granito, esquistos, gneis, calizas y areniscas. Los mejores bosques de teca tanto natural como plantación crecen en terrenos aluviales profundos bien avenados. Las plantaciones de teca han fracasado totalmente cuando se han establecido en tierras bajas mal drenadas de suelos arcillosos. (Pandey y Brown, 2000)

Profundidad del suelo. Las plantaciones comerciales, deberían estar sobre buenos suelos, ya que si se hacen en suelos pobres, los resultados serían igualmente pobres. Los suelos poco profundos en sitios húmedos se apantan y en las secas se vuelven áridos, en general, reducen la estabilidad de la planta y resistencia a la sequía. Evans (1992) recomienda plantar árboles resistentes a la sequía en suelos poco profundos y árboles tolerantes a condiciones anaeróbicas (en el suelo) en sitios húmedos y pantanosos (Musálem, 2006)

Estructura del suelo. La estructura del suelo influye en la retención y movimiento del agua en los perfiles, aireación, fertilidad (capacidad de intercambio catiónico) y penetrabilidad por las raíces de los árboles (Evans, 1992).

Textura del Suelo. A la proporción relativa de las clases de tamaño de las partículas que forman un suelo se le conoce como textura, y esta

propiedad influye directamente sobre el crecimiento de los árboles. Los suelos van de los arcillosos, que son pesados, a los arenosos que son ligeros, pasando por suelos intermedios, es decir, por los húmicos, que son los más apropiados para el crecimiento de los árboles. Los suelos arcillosos tienen la ventaja de ser muy ricos en contenido de nutrientes minerales, pero tienen el defecto de tener mal drenaje, por lo contrario, los suelos arenosos presentan buen drenaje pero no son fértiles (Musálem, 2006).

Los mejores crecimientos de la especie se han observado siempre en suelos de pH neutros, bien drenados oxigenados y buena aireación. Los suelos francos arenosos son ideales, así también los suelos aluviales arcillosos no muy pesados. La teca no tolera suelos anegados o pantanosos. Tampoco soporta niveles freáticos altos (CONIF, 1998)

La calidad de su crecimiento, no obstante, depende de la profundidad, la estructura, la porosidad, el drenaje y la capacidad de retención de la humedad del suelo. El desarrollo es mejor en suelos profundos, bien drenados y fértiles, especialmente sobre substratos como suelos volcánicos o aluviales de diversos orígenes. El pH óptimo del suelo es de 6,5 a 7,5. Su contenido de calcio es también un factor importante, ya que la falta de calcio en el suelo se traduce en el raquitismo de los árboles (Kaosa-ard, 1981; krishnapillay, 2000).

Requerimientos nutricionales.

Los requisitos anuales mínimos de nutrientes a los 15 años de edad en kilogramos por ha, fueron de 556 kg de Potasio (K); 328 kg de (N); 357 kg de (Ca), 76 kg de Fosforo (P) y 62 kilos de Magnesio (Mg) (Suatunce, 2009).

La teca puede remover apreciables cantidades de nutrientes, sin embargo, puede crecer en suelos infértiles con buena estructura del suelo, drenaje, enmiendas y fertilizantes. Se plantea que el orden de requerimiento nutricional va de K, Ca, N, P y Mg y que el mayor requerimiento de nutrientes ocurre a los 9 años de edad (Mollinedo, 2005).

Tasas de Crecimiento.

Las tasas de crecimiento de las plantaciones de *T. grandis* son moderadas, en condiciones favorables al comienzo de su vida, una plantación puede alcanzar tasas de crecimiento entre 10 y 20 m³ por hectárea anual. Sin embargo, el crecimiento desciende hasta el nivel generalmente comprobado de 4 a 8 m³ por hectárea anualmente cuando la plantación tiene más edad (Htwe, 1999; Cao, 1999). En las mejores tierras de Myanmar y la India, las plantaciones de 50 años tienen alturas de 30 m y diámetros a la altura del pecho de 60 cm y en el crecimiento en el primer año llega a 4 m de altura, y un crecimiento de diámetro por año de 1.5 a 2 cm (krishnapillay, 2000).

El crecimiento de *T. grandis* es rápido durante los primeros años. Crece de tres a cinco metros de altura por año en los mejores sitios. Luego de los cinco años, el crecimiento casi nunca excede los dos metros por año. (Briscoe 1995; Suantunce, 2009).

Efectos del estrés hídrico

La reducción del crecimiento de la parte aérea de las plantas es un efecto ampliamente descrito del estrés por déficit hídrico. Estos efectos aparecen mucho antes que los promovidos a través de mecanismos bioquímicos, fisiológicos y genéticos.

La disminución del crecimiento no se debe a una reducción del metabolismo, sino a una pérdida de turgencia (proceso físico). A medida que va disminuyendo el contenido hídrico de la planta lo hace también el de las propias células, de modo que disminuye el volumen celular y la turgencia de la célula, al igual que incrementa la cantidad de solutos y los daños mecánicos sobre la célula.

El estrés hídrico inhibe directamente algún mecanismo de crecimiento celular. No es la reducción de fotoasimilados la causa de la reducción del crecimiento de los tejidos en condiciones de sequía, ya que el umbral de estrés que induce una reducción del crecimiento suele ser anterior al umbral que induce reducciones de la conductancia estomática y la fotosíntesis. La reducción del crecimiento implica la disminución del tamaño y número de hojas, al igual que una reducción en el número de ramas (Rodas, s.f.).

Un estudio de inducción de déficit hídrico durante 9 días indican que los contenidos de proteínas y aminoácidos solubles en hojas de teca totales en las plantas con riego, fueron constantes y con pocas variaciones durante los nueve días del experimento, sin embargo, en las plantas bajo estrés hídrico, hubo una disminución drástica en los contenidos de proteínas solubles totales. Se encontraron resultados similares por Costa trabajando con plantas de frijol (Lechinoski, 2007).

El déficit hídrico y altas temperaturas presentan algunos efectos fisiológicos similares entre plantas, como reducción del potencial de agua, disminución de la presión osmótica de la absorción de agua y nutrientes, disminución de los tejidos y otros factores. Sin embargo, los mecanismos moleculares debido a la deshidratación en los tejidos son todavía poco

conocidos. La actividad del elemento nitrógeno disminuye y se traduce en la inhibición o la disminución, disminuirá también la formación de los aminoácidos, proteínas y clorofilas, perjudicando así el crecimiento y desarrollo de la planta, ya que es el primer elemento en la ruta de asimilación de Nitrato (Castro, 2007).

Factores limitantes del crecimiento en *T. grandis*

Entre los factores que limitan el crecimiento son: mal drenaje del terreno, suelo con arcillas pesadas y compactadas poco profundas y la presencia de malezas (Torres-Rojo & Valles-Gándara, 2007).

Sin embargo, establecer plantaciones en categorías mayores a 40% de pendiente, podría inducir a la degradación de los suelos, especialmente en sitios con estructuras más susceptibles a la erosión. Es necesario mantener un manejo apropiado, que permita mantener el crecimiento de cierto sotobosque, para reducir los problemas de erosión por escorrentía superficial (Mollinedo, 2005).

En cuanto a las condiciones químicas, el bajo contenido de calcio, magnesio y fósforo, limitan el buen desarrollo de la especie, también el alto contenido de hierro (Fe) y de Aluminio (Al) intercambiable son perjudiciales. La especie es sensible al fósforo y las deficiencias producen bajo volumen de biomasa radicular que posiblemente afecta la producción y la salud de la planta. La restitución de elementos como fósforo y potasio al suelo a través de la hojarasca presenta niveles bajos comparados con otros elementos como nitrógeno, calcio y magnesio (Fonseca, 2004; Solares, 2014)

Deben evitarse sitios con una distribución de las lluvias en periodos muy cortos o que presentan un veranillo muy largo; aquí la especie tiende a botar las hojas dos veces con el consecuente gasto de energía (Fonseca, 2004).

La *T. grandis* es una especie heliófila, con alta demanda de luz vertical total y requiere de un espacio amplio alrededor para el desarrollo apropiado. Se mencionan también como factores limitantes la presencia de malezas ya que es muy sensible a la competencia radical y los incendios. (Fonseca, 2004). Ugalde (1977) menciona que para América central uno de los factores limitantes de crecimiento de la especie son los suelos compactos o sombreados, texturas pesadas, sitios en terrazas o pequeñas colinas con pendientes (Solares, 2014).

Los análisis foliares de *T. grandis* nos indican que, a mayor contenido de Ca y Mg mayor índice de sitio, comportamiento contrario presenta el potasio ya que 1% es suficiente para un buen crecimiento. El índice de sitio se correlacionó negativamente con el déficit hídrico, con la temperatura media anual, dentro de las variables climáticas y positivamente con la topografía significativamente alta (Montero, 1999).

Composición de las hojarasca

El follaje de las coníferas suele descomponerse más lentamente que el de las deciduas, porque la hojarasca de las latifoliadas contiene más potasio, más fósforo, menos lignina y casi siempre menos fracción soluble en éter que la hojarasca de las coníferas (Thaiutsa, 2015).

Por lo general, el índice de descomposición es más alto en las especies que tienen un máximo de ceniza y de nitrógeno y una mínima relación C/N y de lignina. El índice más bajo de descomposición se observa en especies

relativamente pobres en ceniza y nitrógeno, que tienen un máximo de lignina y una máxima relación C/N (Thaiutsa, 2015)

Tabla 1: Nutrientes absorbidos en plantaciones de teca

Edad de la plantación	Componente	Peso Seco t/ha	N	P	K	Ca	Mg
			kg/ha				
6 años, Venezuela	Hojas	3,4	68	9	52	49	11
	Ramas	4,2	19	7	42	37	6
	Tronco	39,4	125	46	161	200	39
	Mantillo	20,8	159	18	36	240	33
	Total	68,3	371	81	291	526	79
10 años, India	Hojas	5,2	60	3	35	61	14
	Ramitas	5	17	1	25	51	9
	Ramas	8,3	28	3	23	37	11
	Tronco	7,9	28	2	34	196	17
	Mantillo	48,2	93	4	36	81	56
	Raíces	15,4	47	4	84	143	40
	Total	90	272	18	236	569	147
20 años India	Hojas	5,5	64	1	49	14	14
	Ramitas	5,5	17	1	22	39	7
	Ramas	12,7	20	4	37	62	13
	Tronco	8,9	36	3	63	320	8
	Mantillo	58,1	92	10	61	102	71
	Raíces	17,9	72	6	145	177	58
	Total	108,6	300	26	377	713	171
30 años, India	Hojas	7,8	111	2	61	82	21

Ramitas	8,5	33	2	34	34	10
Ramas	35,1	43	2	72	108	33
Tronco	13,9	28	4	52	338	8
Mantillo	98,8	176	18	46	185	157
Raíces	28,5	64	12	191	244	59
Total	192,6	422	41	456	992	288

Fuente: Dreschel y Zech, 1991; Boardman et al., 1997

La tabla 2 nos indica las aportaciones de nutrientes acumulados durante 30 años. La tabla 3 presenta niveles de nutrientes a nivel foliar en plantaciones de teca según la escala adaptada por Dreschel y Zech, 1991 y Boardman et al., 1997 y nos indica una escala por elemento en que parámetro se encuentran: deficiente, marginal, adecuado y alto. (Alvarado, 2006)

Tabla 2: Nutrimientos acumulados durante 30 años.

Componente	N	P	K	Ca	Mg
Hojas	134.10	1.38	107.1	209.46	117.00
Ramas	1.78	0.10	4.55	3.85	0.98
Corteza	0.01	tr	0.01	0.03	0.01
Órganos reproductivos	1.05	0.16	3.21	2.34	0.34
Total	138.94	1.64	114.86	215.68	118.32

Fuente: Dreschel y Zech, 1991; Boardman et al., 1997

Tabla 3: Interpretación de niveles foliares de nutrientes en teca.

Elemento	Deficiente	Marginal	Adecuado	Alto
N (%)	<1.20	1.20-1.51	1.52-2.78	
P (%)	<0.10	0.10-0.13	0.14-0.25	
K (%)	<0.50	0.50-0.79	0.80-2.32	0.40
S (%)	<0.08	0.08-0.10	0.11-0.23	2.33
Ca (%)	>0.55	0.55-0.71	0.72-2.20	
Mg (%)	<0.10	0.10-0.19	0.20-0.37	
Cu(mg/kg)			10-25	
Zn(mg/kg)		11-19	20-50	
Mn(mg/kg)	<30	30-49	50-112	
Fe(mg/kg)			58-390	
Al(mg/kg)			85-390	379-1074
B(mg/kg)			85-320	340-480
			15-45	

Fuente: Dreschel y Zech, 1991; Boardman et al., 199

CAPITULO III: Investigación de campo

El área total del rodal es de 15 hectáreas, y de área efectiva 12,8 hectáreas; la edad de la plantación es 4 años, sembrado en enero de 2014. La densidad del rodal es de 800 plantas; la distribución entre plantas 2 metros y entre hileras 3 metros dejando callejones de 7 metros. El material sembrado tiene procedencia del sector del Empalme provincia del Guayas; con características de suelo similares. La investigación corresponde a un método experimental con un diseño bloques completos al azar. Las variables serán medibles de forma cuantitativa cuyas unidades serán expresadas en porcentaje (%), para el contenido de humedad, peso seco de hojarasca en (gramos); el contenido de nutrientes en (ppm).

La población tiene parecidas características, como edad, procedencia del material sembrado, topografía, diseño de siembra, manejo y tipo de suelo y en vista de esto se procedió a delimitar las parcelas al azar, obteniendo el número de parcelas de acuerdo al procedimiento para un inventario forestal, tomando en cuenta la intensidad del muestreo a 1,5% del área neta de 12 ha. El total de parcelas es de 4 y fueron establecidas en diferentes sectores de la plantación.

Características físicas químicas del suelo

Las muestras de suelo para el análisis físico y químico fueron seleccionadas con un barreno a dos profundidades 20 cm y 40 cm en tres lugares, seleccionados aleatoriamente en las parcelas donde se ubicaron las mallas de colecta de hojas.

Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio INIAP Estación Experimental Tropical “Pichilingue” km 5 vía Quevedo-El Empalme la muestra de suelo se tomó 12 de junio de 2017 antes de iniciar la recolección de hojarasca, para su respectivo análisis de contenido de nutrientes (N, P, K, Ca, y Mg) y pH y la clase textural.

Contenido de humedad del suelo

Las muestras de suelo se recogieron con frecuencia de un mes, durante seis meses, se almacenaron en fundas de papel, se rotularon, se obtuvo el peso fresco con una balanza digital modelo CAMRY con capacidad de peso de 1 kg; y luego se secaron en una estufa modelo MEMMERT a 110° C durante 78 horas para posteriormente determinar el peso seco.

Dinámica de caída de hojas y cantidad de nutrientes que se integran al suelo.

Colecta de hojarasca

Se recolectaron hojas secas caída de los árboles mediante mallas de 1 m² distribuida al azar, con 4 mallas colectoras por parcela a 30 cm del nivel del suelo. Cada 15 días se tomará de las mallas la cantidad de hojas interceptadas que han caído. Este procedimiento se hizo durante 6 meses, siguiendo una metodología adaptada a la metodología Yerson e Ingram (1987).

Colecta de hojas frescas o verdes.

Se recolectaron hojas de los árboles para análisis foliar de hojas frescas, escogiendo muestras de 5 árboles por parcela, estas muestras fueron tomadas cada fin de mes.

Contenido de nutrientes a nivel foliar y su movilización

Al determinar el contenido de nutrientes en las hojarasca (hoja secas); en las hojas frescas mediante los análisis de tejidos y suelos respectivamente, en el laboratorio se logró determinar la dinámica de movilización de estos elementos, que consiste en conocer el contenido de nutrientes que la hojarasca ha aportado al suelo y cuanto se ha asimilado en la planta. De tal manera, se pudo estimar los requerimientos de fertilización necesarios para el desarrollo de la plantación. En función del aporte de nutrientes a través de la hojarasca.

Procesamiento y análisis

Análisis físico químico del suelo.

Las muestras de suelo se llevaron al laboratorio de suelos de la Estación Experimental Tropical Pichilingue para la determinación de nutrientes. Para para la determinación de contenidos de N se hará por el método Kjeldah de en tres fases: digestión con ácido sulfúrico, destilación de la solución de la digestión con vapor de agua y lectura posterior en la solución colectora del amonio. El P se determinó por medio de la metodología de colorimetría. Los elementos K, Ca, Mg, Cu y Mg se analizaron mediante absorción atómica por medio de espectrometría previa digestión con ácido perclórico. También se realizó la determinación de textura.

Determinación del contenido de humedad del suelo.

Para obtener el contenido de humedad o el porcentaje de humedad en los diferentes momentos, primero se obtuvo el peso fresco del suelo en las parcelas donde se utilizó una balanza digital, registrando su peso, fecha, profundidad y sitio. Luego se secó en estufa en laboratorio a 110 °C por 72

horas. La determinación del porcentaje de humedad del suelo se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$H\% = \frac{PF - PS}{PS} * 100$$

Dónde: PF= peso fresco.

PS= peso húmedo

Dinámica de caída de hojas, nutrientes en hojarasca, hojas en la planta.

Colecta de hojas frescas y hojarasca.

Se recolectó hojas de los árboles para análisis foliar de hojas frescas, escogiendo muestras de 5 árboles por parcela, esta muestra se tomó al final de cada mes en un periodo de seis meses. Las muestras se secaron en estufa en laboratorio y se determinó las concentraciones de macronutrientes. Simultáneamente se recolectaron hojarasca u hojas secas caídas de los árboles, cada 15 días durante 6 meses mediante mallas de 1 metro cuadrado distribuida al azar, con 4 mallas en cada parcela. Se secaron las hojas y se obtuvo el peso seco de las hojas y luego se determinó el contenido de nutrientes.

Para la determinación de los contenidos de nutrientes de la hojarasca, las hojas se secaron a 60 °C por 48 horas en la estufa MEMMERT y luego se continuó los mismos procedimientos usados para la muestra de suelo en el análisis físico y químico.

Cantidad de nutrientes que se movilizan desde las hojas a otras partes de la planta.

Con la determinación de contenidos de nutrientes en las hojarasca y en las hojas verdes se calculó la proporción que queda de cada nutriente en la planta.

La cantidad de nutrientes que caen por cada nutriente se estimó de la multiplicación de la cantidad total (peso seco) de caída de hojas para los diferentes periodos por la concentración de cada elemento para el período correspondiente.

De esta manera se determinó una dinámica de caída de nutrientes y sumando las cantidades de cada mes por nutriente se obtuvo la cantidad total aportado por la hojarasca en el periodo del estudio de cada nutriente.

Cantidad de nutrientes que se necesita aportar a la plantación en función de la hojarasca.

Para estimar la cantidad de nutrientes que se necesita aportar a la plantación en función de la hojarasca se realizó en función de las recomendaciones de fertilización que se han dado para teca por varios autores. Los cálculos estimarán la cantidad que se requiere aplicar de cada nutriente en función del aporte dado por la hojarasca de los diferentes nutrientes.

CAPITULO IV: Resultados y discusión

Características físicas y químicas del suelo.

Considerando que el suelo donde se realizó el estudio es un suelo arcilloso hasta los 80 cm (Tabla 4), es importante resaltar que los predomios de arcilla hasta al menos los 80 cm constituyen una limitación para el crecimiento radicular. Además, las condiciones de este suelo de poca porosidad también son una limitación para la toma de agua en época de sequía y pueden llegar a momentos de inundación en época de lluvias, lo que también influye negativamente en el crecimiento de los árboles. Por ello, además de la condición de una estación seca de al menos 6 meses, que influye en una menor disponibilidad de agua, la condición arcillosa del suelo es otra limitante en el crecimiento de las especies forestales. En el caso de los árboles de *T. grandis* para el momento y sitio del estudio (4 años) los árboles tenían un promedio de 6,3 m de altura y 8,32 cm de diámetro a la altura del pecho. Estos valores están muy cercanos respecto a la zona de Quevedo que el DAP se encuentra en 8,8 cm de diámetro. La textura arcillosa no es la recomendable para esta especie, pero se ha adaptado muy bien aunque una visión general del rodal se ha visto afectado en ciertas partes donde se encharcan o se agrietan el suelo y se traduce a veces en problemas de desarrollo de la especie perdiendo calidad comercial de la plantación por su reducción de tamaño.

Tabla 4: Porcentaje de Arena limo y arcilla a diferentes profundidades

Profundidad (cm)	Arena	Limo	Arcilla
20-40	9,1 ± 1,4	15,5 ± 3,9	75,5 ± 5,3
40-60	5,5 ± 1,3	9,0 ± 6,4	85,1 ± 7,5
60-80	6,5 ± 1,3	12,3 ± 5,8	81,0 ± 6,7

En la tabla 5 se muestran las características químicas del suelo hasta los 80 cm de profundidad. Existe una tendencia de disminución del contenido de N a mayor profundidad, mientras que los otros elementos mantienen concentraciones similares. Los valores de N, P y K son valores considerados promedios y adecuados, mientras que los de Ca y Mg son altos para el tipo de suelo arcilloso, con un pH ligeramente ácido que no constituye ninguna limitación para la toma de nutrientes. Este aspecto sería interesante poderlo estudiar ya que las concentraciones de Ca alta pudieran conducir a valores más altos de pH, lo que quiere decir que existe interacciones de lavado y otras reacciones que provocan una mayor acidez

Tabla 5: pH concentración de N, P (ppm), K, Ca y Mg (meq/100mL) a diferentes profundidades

Profundidad	pH	N	P	K	Ca	Mg
20-40	6.1	28.8	15.0	0.5	21.0	4.1
40-60	6.4	23.5	13.8	0.3	20.8	4.0
60-80	6.7	15.3	17.3	0.4	21.0	4.2

Contenido de humedad en el suelo.

Al finalizar el periodo de lluvia el contenido de agua era del 40 % y fue disminuyendo paulatinamente en la medida que el periodo de sequía progresaba hasta llegar a valores de 22% (ilustración 1).

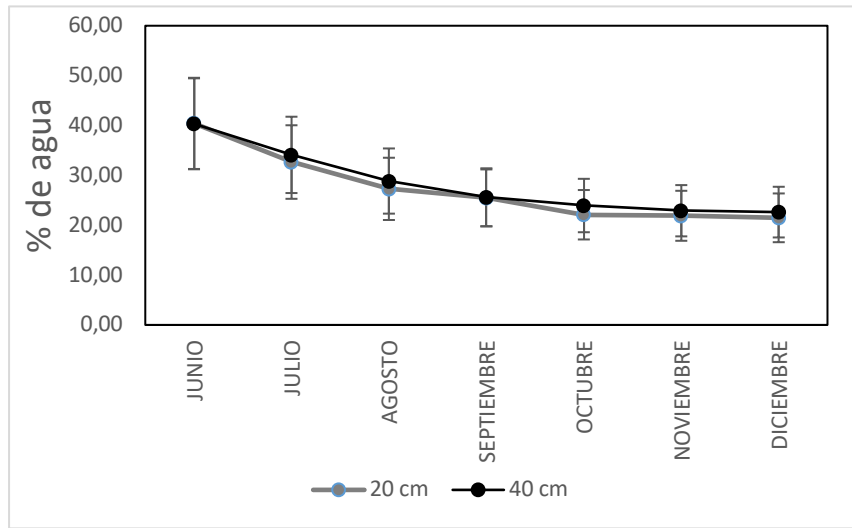


Ilustración 1: Porcentaje del contenido de agua a 20 y 40 cm de profundidades durante el período de sequía 2017.

Barras indican error estándar.

Estos valores están dentro del rango teórico que se conoce para suelos arcillosos. Para el mes de diciembre el suelo ya está en valores que teóricamente son levemente superior al rango del punto de marchitez permanente, lo que indica un estrés alto para los árboles. De ello, se puede deducir que los árboles deberían estar totalmente descubiertos y así evitar pérdidas de agua por transpiración y estar prácticamente en un estado de mantenimiento mínimo. En época de lluvia, por el contrario, el porcentaje de agua disponible está en valores que corresponde a un rango levemente superior a la capacidad de campo. Esto pudiera ocasionar

ciertos momentos de anaerobiosis lo que reduce la transpiración y por ende menor toma de nutrientes.

Dinámica de aporte de nutrientes por la caída de hojarasca.

El aporte de nutrientes a través de la caída de hojarasca y la tasa de descomposición de esta última es un aspecto importante que estudiar en el ciclado de nutrientes en plantaciones forestales. En el caso de *T. grandis* se ha evidenciado que además de alto aporte de hojarasca también tiene una alta tasa de descomposición y que es una especie que se debe recomendar para el manejo sostenible en regiones semiáridas (Nirmal Kumar J. I, 2010)

La figura 4 muestra la dinámica de caída de hojas en los árboles de Teca de 4 años, muestreado cada 15 días en la región Paján, Manabí. Las barras indican error estándar de la media. Es probable que sea la única que existe para Ecuador y para la región donde se realizó el estudio. En esta figura se aprecia que los menores valores (47-52 gr/m²) caen al principio y final de la época seca. Al principio de la época de sequía comienza a existir una leve disminución del contenido de agua y por ello los valores bajos de caída de hojarasca. Al final del período de sequía los menores valores corresponden a las últimas hojas que los árboles poseen y que caen producto del alto déficit hídrico.

Se puede aseverar que en el período entre la última semana de septiembre y última semana de octubre caen la mayor cantidad de hojas (entre 100 y 120 gr/m²) cada 15 días y desde el principio de la sequía hasta mediados de septiembre la caída de hojas es baja y relativamente estable.

En el momento de mayor caída de hojas, el valor total de hojas sería aproximadamente 220 gr/m², que es equivalente a lo reportado por Ramachandra (1997), en India en los períodos secos que duran 6 meses.

La hojarasca ayuda como aporte de nutrientes, mejorador de la estructura del suelo; activando la flora bacteriana, hongos y otros microorganismo que participan en el proceso de descomposición de la materia orgánica, mejorando la estructura del suelo al mantener la humedad, porosidad, drenaje, temperatura del suelo, intercambio catiónico; condiciones para el proceso de descomposición de la misma hojarasca, que ayudará al balance nutricional, ya que los microorganismos van a desbloquear los macro y micro nutrientes contenido en el suelo y así la planta pueda aprovechar los nutrientes. Esta actividad microbiana puede disminuir con el exceso y reducción del agua en el suelo, ya que el suelo es de tipo arcilloso.

En época de lluvia se puede encharcar o y en época seca por escasez de humedad este proceso puede ser muy bajo.

La cantidad total de hojarasca caída fue de 8 ton /ha en seis meses. Este valor está en el rango reportado por Ramachandra (1997) quien reporta valores entre 7,63 y 8,61 ton/ha año de hojas caídas en un año para la India. Este último autor, reporta también que entre flores, frutos y ramas caen otro 3 ton/ha en un año. Es decir, alrededor de 11 ton/ha de materia seca caería en una plantación de teca. Es posible que los valores de caída de hojarasca en un año sean un poco más altos en nuestro estudio debido a que sólo se consideró el período seco. Los valores de cantidad de hojas caídas pueden cambiar dependiendo de las condiciones edafoclimáticas de la localidad donde este la plantación. Por ejemplo, para Nigeria, Ojo et

al (2010) reportan 4,8 ton/ha en plantaciones de teca de 16 años en una región considerada húmeda tropical con precipitaciones anuales de 1500 mm. Estos autores mencionan otros reportes para Nigeria donde se obtuvieron en diferentes regiones 5 y 9 t/ha de caída anual de hojarasca en plantaciones de 17 y 8 años, respectivamente (Ojo, 2010).

En Matto Grosso, Brasil fueron 7,2, 6,7 y 6,2 ton/ha en plantaciones de 7, 6 y 5 años (De Deus et al., 2015). Estos autores plantean que la cantidad de hojarasca caída también depende de la edad de la plantación siendo mayores en plantaciones de mayor edad. Es de considerar que, en regiones con precipitaciones distribuidas durante todo el año, probablemente la caída de hojarasca debería ser menor por una mayor disponibilidad de agua en el suelo. En el caso de este estudio, el largo período de sequía acompañado de un suelo arcilloso conlleva a estrés hídrico que debe influir en producir la caída total de las hojas. Se ha reportado que la mayor caída de hojas ocurre en el período seco (de Deus Rosa, W., & Silva, s.f.).

Por ejemplo, en Matto Grosso, Brasil en el periodo de sequía que es de dos meses cae alrededor del 65 % de la hojarasca y el restante en un periodo de 7 meses aproximadamente (De Deus et al., 2015). La condición de ser una especie decidua también influye en una mayor cantidad de caída de hojas. Al contrario de especies siempre verdes, donde la tasa de caída de hojas tiene la tendencia a mantenerse relativamente constante durante el año, a pesar del periodo seco de varios meses (de Deus Rosa, W., & Silva, s.f.).

Por ejemplo, el laurel (*Cordia alliodora*) mantiene tasas alrededor de 20 g/m²mes en la región de los Ríos., Ecuador. En las mismas condiciones, el

Cedro (*Cedrela odorata*), especie decidua presenta la mayor tasa de caída de hojarasca (60 g/m²mes) en el periodo de sequía y 20 g/m².mes en época de lluvia (Sánchez, et a., s.f.)

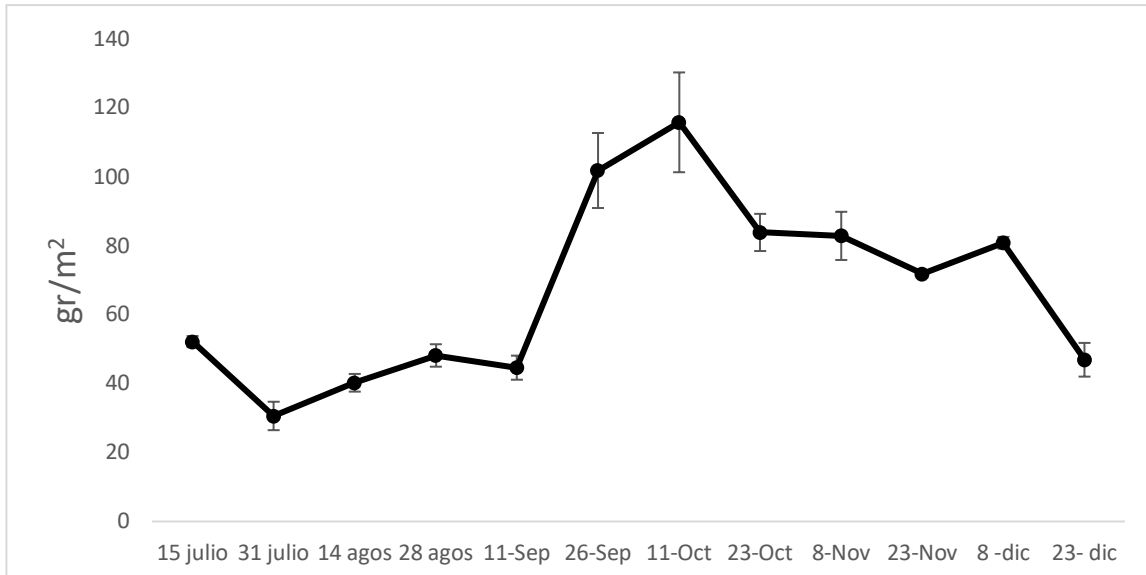


Ilustración 2: Promedio de caída de hojas de árboles de Teca. (Año 2017)

En las hojas de las plantas antes de caer, la concentración del Ca aumentó paulatinamente desde 2 % hasta 3 %, mientras que N y K disminuyeron sus concentraciones en las hojas en la medida que progresaba la sequía. En el caso de N las concentraciones disminuyeron desde 1,8 % a 1,2 %, mientras K disminuyó desde 0,9 % a 0,3 %. Mg y P mantuvieron valores promedios alrededor de 0,1 %. Elementos móviles como N y K es probable se movilizan a otras partes de la planta por efectos de la sequía, lo cual no ocurrió con el P, que también es otro elemento móvil. También es posible que la toma de K y N disminuya en la medida que la disponibilidad de agua en el suelo sea menor. Por otra parte, la concentración de Ca en las hojas se incrementa en la sequía, que puede ser explicado por el mismo proceso de senescencia, ya que el Ca no se transfiere por su poca movilidad y queda en las hojas.

De acuerdo con los valores recomendados por Alvarado (2009), los valores de Mg y P están considerados entre marginales y deficientes, los de N y K son adecuados al inicio del periodo de sequía, pero marginales al final de la sequía y Ca es adecuado al inicio de la sequía y alto al final de la misma.

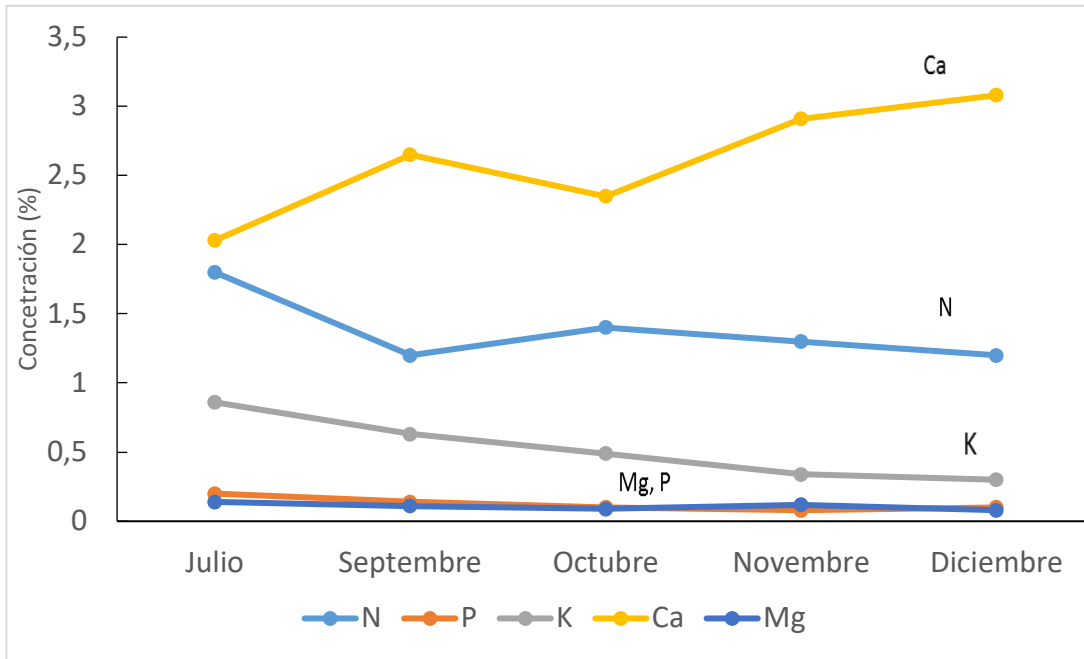


Ilustración 3: Promedio de concentración de macro nutrientes en las hojas de los árboles en el período de sequía en plantaciones de Teca de 4 años.

La concentración de nutrientes en la hojarasca mantuvo tendencias similares, con la excepción del N (Figura 6). El Ca es el nutriente de mayor concentración en las hojas caídas y sus valores oscilaron entre 1,7 y 2,4 %. Fue el nutriente que también tuvo mayor variación en los inicios de la época de sequía. Posteriormente aumento progresivamente desde 2 % a finales de Agosto hasta 2,6 % en el mes de Diciembre. La concentración de N fue similar con valores promedio de 1,1 %. El K, al contrario de la dinámica del Ca disminuyó sus valores a partir de la primera quincena de

septiembre, es decir cuando ya habían pasado alrededor de unos 60 días sin precipitación. Los valores variaron desde 0,8 % hasta 0,4 %. El P y el Mg mantuvieron concentraciones muy bajas y similares alrededor de 0,08 % desde el inicio hasta el final de la época de sequía.

Las concentraciones registradas en la plantación de estudio en la hojarasca caída están dentro del rango registrado para plantaciones de teca en Nigeria (Ojo et al., 2010). Se puede deducir que el aporte de macronutrientes varía entre plantaciones y ello depende de la conformación textural del suelo, condiciones climáticas y manejo. Reportes recientes (De Deus et al., 2015) reportan concentraciones de 1,3 0,15, 0,5, 1,4, y 0,5 % de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente en la hojarasca de teca entre 5 y 7 años de edad. Al compararlos con los resultados de este estudio se encuentra que Mg presentan mayores valores y Ca menores valores, mientras P, N y K presentan valores similares. La tendencia si es similar $Ca > N > K > Mg > P$.

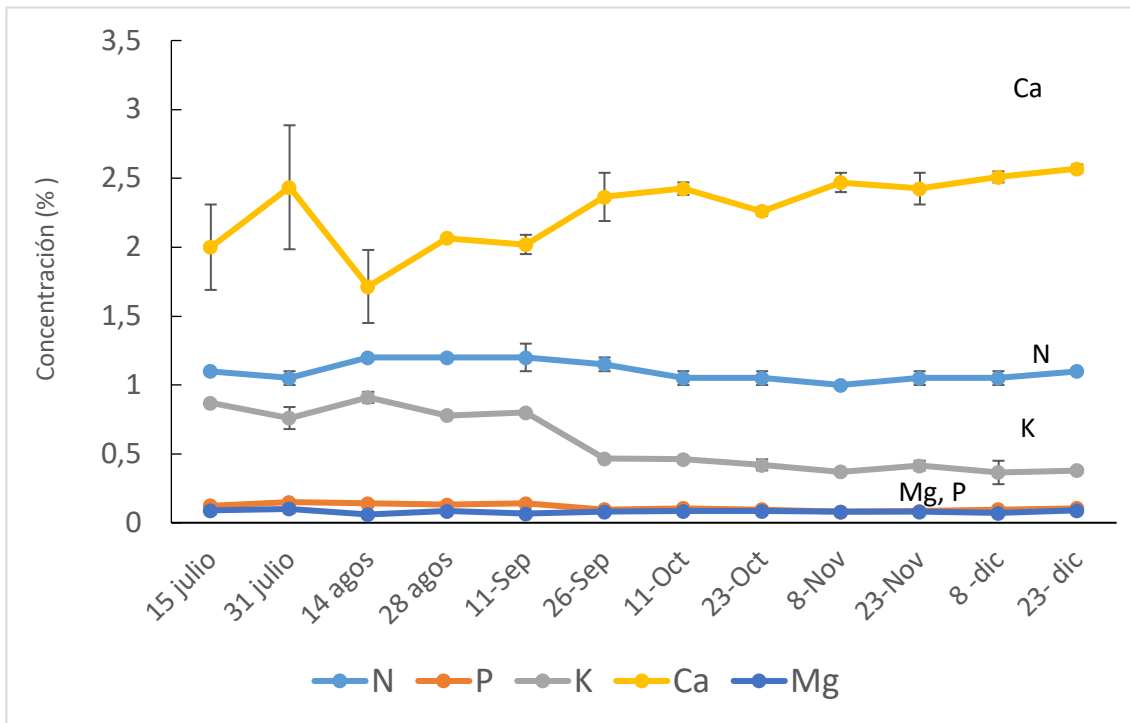


Ilustración 4: Promedio de concentración de macro nutrientes de la hojarasca caída en el período de sequía en plantaciones de Teca de 4 años.

La tabla 6 muestra la relación entre el contenido de cada nutriente antes en la hojarasca con respecto al contenido en la hoja del árbol. Aunque no existe una clara tendencia para la mayoría de los elementos evaluados es apreciable que en N y P y Mg las menores relaciones se encuentran al principio del período seco lo que da a entender que existe una movilización de estos nutrientes a otras partes de las plantas antes la caída de las hojas. Elementos como el K y Ca muestran muy baja movilidad.

Tabla 6: Relación entre la concentración de macronutrientes en la hojarasca caída con respecto a las hojas de los árboles

	N	P	K	Ca	Mg
Julio	0.61	0.62	0.98	0.98	0.64
Septiembre	0.95	0.67	0.70	0.89	0.72
Octubre	0.75	0.95	0.86	0.96	0.94
Noviembre	0.80	0.96	1	0.83	0.66
Diciembre	0.91	1	1	0.83	1

Requerimiento de nutrientes en plantaciones de teca.

El primer paso para comenzar un programa de fertilización en el sistema estudiado es evaluar los requerimientos nutricionales anuales, además de conocer la percolación en condiciones normales. La suma de estos valores representaría la cantidad anual necesaria que se tendría que reponer. A ello debe restársele el aporte de los diferentes elementos a través de la caída de hojarasca y la lluvia para completar el balance y obtener la cantidad que realmente debe agregarse, vía fertilización. A fin de observar un margen de seguridad en el cálculo, se puede considerar únicamente el aporte a través de las hojas, que según las velocidades de descomposición estimadas en varios sistemas de plantaciones de teca se descompone en el transcurso de un año. En el caso teca la tasa de descomposición de la hoja que cae es muy rápida. Los resultados encontrados muestran que los aportes de nutrientes en orden decrecientes fueron: Ca>N>K>P>Mg (Tabla 7).

Tabla 7: Total de aporte de N, P, K, Ca y Mg (Kg /ha) a través de la caída de hojarasca de Teca (4 años) en una región de Paján, Ecuador.

	N	P	K	Ca	Mg
Total					
Nutrientes	88,4	8,96	46.7	181.32	6.46

Para los cálculos de programa de fertilización se tomó en cuenta el requerimiento de la especie a los 6 años de edad, el aporte del suelo convertidos en kg /ha a 40 cm de profundidad, ya que las raíces secundarias o superficiales de teca se encuentran a los 30 cm, la que cumplen la función de absorción de nutrientes. El aporte de hojarasca y así obtenemos los elementos puros que necesitamos reponer al suelo (Tabla 8).

Para elemento P con el aporte de la hojarasca cubre su requerimiento y en los elementos se reduce la cantidad de fertilizantes. Si mejoramos la estructura del suelo podemos reducir estos insumos. Como se aprecia solo se requiere aportes de N y K. En este los cálculos nos muestran que solo se debiera de aportar 121 y 135 Kg /ha de N y K respectivamente (Tabla 8).

Tabla 8: Requerimiento de fertilizante según el aporte de la hojarasca, contenido nutricional del suelo relacionado con el requerimiento del cultivo a los 6 años.

ELEMENTOS PURO KG / ha	N	P	K	Ca	Mg
A 40 CM DE PROFUNDIDAD					
REQUERIMIENTO DEL CULTIVO 6 AÑOS	371,00	81,00	291,00	526,00	79,00
APORTE AL SUELO (análisis)	161,28	84,00	109,2	2352	275,5
APORTE DE LA HOJARASCA (estudio)	88,40	8,96	46,70	181,32	6,46
REQUERIMIENTO DE FERTILIZANTE	DE 121,32	-11,96	135,10	2007,32	202,98

CAPITULO V: Conclusiones

El suelo donde se realizó el ensayo presenta condiciones físicas y químicas no tan favorables para el crecimiento de la teca, especialmente por su textura arcillosa, pH ligeramente ácido y las concentraciones de nutrientes son relativamente bajos. Además, el porcentaje de MO es bajo y los períodos de sequía de más de seis meses influyen en la tasa de crecimiento.

La textura arcillosa ha afectado a una gran parte del suelo (claros), lo que conlleva a problemas de desarrollo de la especie disminuyendo la calidad comercial de la plantación.

El contenido de humedad en el suelo es necesario para la interacción de planta, suelo y microorganismos, en la época de estrés hídrico se empieza a reducir todas estas actividades. La caída de hojas aumenta a partir de que el contenido de humedad del suelo comienza a disminuir para la planta, recalcando que en suelos arcillosos el porcentaje de capacidad de campo está cercano a 38% y el punto de marchitez permanente está desde 22 a 23%. En el estudio se empezó con un contenido de humedad del suelo de 40% en el mes de julio y el 22% de humedad en diciembre. Es decir, para la época de sequía prácticamente no hay agua disponible y los procesos de descomposición se ven muy disminuidos.

La mayor cantidad de caída de hojarasca evaluada en el periodo seco ocurre entre los meses de septiembre y noviembre. En el período de sequía caen 8 toneladas de hojas por hectárea en 6 meses, quedando sin hojas en el mes de diciembre.

Antes de caer las hojas (hojas frescas), se encontró que la concentración del Ca aumentó paulatinamente mientras que N y K disminuyeron sus concentraciones en las hojas en la medida que progresaba la sequía. Elementos móviles como N y K es probable se movilizan a otras partes de la planta por efectos de la sequía. También es posible que la toma de K y N disminuya en la medida que la disponibilidad de agua en el suelo sea menor. Por otra parte, la concentración de Ca en las hojas se incrementa en la sequía, que puede ser explicado por el mismo proceso de senescencia, ya que el Ca no se transfiere por su poca movilidad y queda en las hojas.

En la hojarasca no existe una clara tendencia para la mayoría de los elementos evaluados es apreciable que, en N, P y Mg, las menores relaciones se encuentran al principio del período seco lo que da a entender que existe una movilización de estos nutrientes a otras partes de las plantas antes la caída de las hojas. Elementos como el K y Ca muestran muy baja movilidad.

El aporte de nutrientes de la hojarasca en Kg /ha es de 88,4 N; 8,96 P; 46,7 K; 181,32 Ca; 6,46 Mg tomando en cuenta los valores obtenidos del análisis de suelo más el aporte por la caída de hojarasca indican que sólo se requiere fertilizar con N y K para este año. Los valores de fertilización que se obtuvieron ayudan a evitar exceso de fertilización

Referencias bibliográficas

- Allen, C. D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D. McDowell, N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management, Elsevier, 259 (4)*, p. 660 - p. 684.
- Alvarado Alfredo 2009. Nutrición y fertilización de *Tectona grandis* Linn.f 2009 En: Nutrición y fertilización Forestal en regiones tropicales Alvarado A, Raigosa J. (eds.). Centro de investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica 419 p.
- Arauz-Ruiz, H Norder, B.H Robertson, L.O. Magnius. 2002. Genotype H: a new Amerindian genotype of hepatitis B virus revealed in Central America. *Journal of General Virology, 83 (2002)*, pp. 2059-2073
- Arntzen, D. 2014. Guía de Estudio AGUA. de Guía de Estudio AGUA: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/guiadeestudio-Impdelaguaymedpotencialhidrico.pdf>
- Bioiberica. 2011. Diagnóstico del estrés vegetal. Obtenido de <https://www.bioiberica.com/salud-vegetal/diagnostico-del-estres-vegeta/el-estres-vegetal/>
- Bonan Gordon. 2008. Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science, 320*.
- Bradford K.J. 2002- Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science* **50**, 248–260

- Bray, S. 1997. Feed-back mechanisms affecting Notch activation at the dorsoventral boundary in the *Drosophila* wing. *Development* **124(17)**: 3241--3251.
- Camacho Cordero, D. 2011. Los bosques en America Latina. de www.fes-ecuador.org
- Castro Diana. 2007. Atividade da Redutase do Nitrato em Folhas de Teca (*Tectona grandis* L. f.) sob Déficit Hídrico. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 2., 936-938.
- Cimmyt, C. d. 2013. contenido de humedad del suelo. http://conservacion.cimmyt.org/es/component/docman/doc_view/1142-chs
- CONIF-Colombia. (2001). Guías técnicas para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales productivas en el litoral ecuatoriano. quito: cormadera.
- Contreras, R. 2016. LA GUIA. de BIOLOGIA: <https://biologia.laguia2000.com/fisiologia-vegetal/la-importancia-del-potencial-hidrico-en-las-plantas>
- Cregg, B. M. 2004. Improving drought tolerance of trees: Theoretical and practical considerations. *Acta Hort.* 630: 147-156.
- De Deus Rosa, T.; Lacerda Matos Pereira S W.; Gonçalves da Silva, R. 2015 concentração e acúmulo de nutrientes em povoamentos de teca no estado de mato grosso, Brasil *CERNE*, 21 (1): 51-57
- Edwin-Estuardo Vaides, L. 2004. Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (*Tectona grandis* L. f.), en

plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala". Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza programa de enseñanza para el desarrollo y la conservación escuela de posgrado, 1-95.

El-Diario. 2018. [http reforestacion manabi. http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/459954-aun-hay-deficit-en-reforestacion/](http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/459954-aun-hay-deficit-en-reforestacion/)

El-Telegrafo. 2015. Exportacion de Teca. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/1/ecuador-exporta-12-000-contenedores-con-teca-al-ano>

Engelbrecht, B. M. J. 2001. Drought resistane in seedlings of 28 tropical woody plant species. Euro-Workshop: Functional Groupings of Tropical Trees. Netherlands

Farooqi, A. H. A., Y. N. Shukla, S. Sharma, and R. P. Bansal. 1994. Relationship between gibberellin and cytokinin activity and flowering in *Rosa damascena* Mill. *Plant Growth Regulat.* 14: 109-13.

Francis, J. K. 2000. Bioecologia de árboles nativos y exóticos en Puerto Rico y la India Occidentales. En J. K. Francis, *Bioecologia de árboles nativos y exóticos en Puerto Rico y la India Occidentales* (pág. 525). Puerto Rico: USDA-Carol A lowe.

GAD, c. 2015. Plan de desarrollo y ordenamiento de la parroquia Cascol.

González, S. A. 2010. Relación del suelo con el crecimiento inicial y contenido foliar de teca. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/discover?scope=11554%2F1&query=Relaci%C3%B3n+del+suelo+con+el+crecimiento+ini>

cial+y+contenido+foliar+de+teca+%28Tectona+grandis%29%2C+y+a
daptaci%C3%B3n+de+leguminosas+para+c

Garau, A. M., C. M. Ghera, J. H. Lemcoff, and J. J. Baraño. 2009. Weeds in *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii* (F. Muell) establishment: Effects of competition on sapling growth and survivorship. *New Forests* 37: 251-264

Gaspar-Santos Elsa Saraí, González-Espinosa Mario, Ramírez-Marcial Neptalí, Álvarez-Solís José David. 2015. Acumulación y descomposición de hojarasca en bosques secundarios del sur de la Sierra Madre de Chiapas, México. *BOSQUE* 36(3): 467-480, 2015 DOI: 10.4067/S0717-92002015000300013

Hasselquist, N.J., Allen, M.F. & Santiago. 2010. Water relations of evergreen and drought-deciduous trees along a seasonally dry tropical forest chronosequence L.S. *Oecologia* 164: 881. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1725>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. Synthesis report. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>

Khurana, E. and J. S. Singh. 2004. Germination and seedling growth of five tree species from tropical dry forest in relation to water stress: Impact of seed size. *J. Trop. Ecol.* 20: 385-396.

Krishnapillay, B. 2000. Silvicultura y Ordenación de Plantaciones de Teca. *Unysilva* 201 vol 5, 14-21. de (<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/x4565s/X4565s03.PDF>)

- Kumar B. Mohan and Deepu Jose K. 1992. Litter production and decomposition dynamics in moist deciduous forests of the Western Ghats in Peninsular India. *Forest Ecology and Management* DOI: 10.1016/0378-1127(92)90335-7
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los tropicos. alemania: cooperacion federal alemana.*
- Lechinoski Alessandro, Joze Melisa Nunes de Freitas, Diana da Silva Castro, Allan Klynger da Silva Lobato, Cândido Ferreira Oliveira Neto, Raimundo Lázaro Moraes Cunha, Roberto Cezar Lobo da Costa. 2007. Influência do estresse hídrico nos teores de proteínas e aminoácidos solúveis totais em folhas de Teca (*Tectona grandis* L. f). *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 927-929, jul. 2007
- Lavelle, P., Blanchart, E., Martin, A., Martin, S., Barois, I., Toutain, F., Spain, A., & Schaefer, R. 1993. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems. Application to soils in the humid tropics. *Biotropica*. 25(2): 130-150
- Levitt, J. 1980. *Responses of Plant to Environmental Stress: Water, Radiation, Salt and Other Stresses.* Academic Press, New York, 365.
- Luna-Flores W., H. Estrada-Medina., J. Jiménez-Osornio y L. L. Pinzón-López. 2012. Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. *Terra Latinoamericana* 30(4):343-353
- Lüttge, U. E. 2007. *Physiological ecology of tropical plants.* Springer. Berlin

- MAGAP. 2016. Programa de Incentivos para la Reforestacion con Fines Comerciales. Programa de Incentivos para la Reforestacion con Fines Comerciales. MANABI.
- Ministerio de Agricultura, G. A. 2016. Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales. Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Mollinedo, L. U. 2005. Relación suelo-árbol y factores de sitio, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis*),. Obtenido de www.mag.go.cr/rev_agr/v29n01_067.pdf
- Montero M, L. U. (s.f.). Factores de sitio que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L. F. y *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand, en Costa Rica. Obtenido de CATIE Actas de la IV Semana Científica: <https://books.google.com.ec/books?isbn=9977573190>
- Moreno, L. P. 2009. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. de <http://www.scielo.org.co/img/revistas/agc/v27n2/v27n2a06.pdf>
- Munns R, Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Biol.* 2008;59:651-81. doi: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.
- Murphy, P. G. and Lugo, A. E. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review. Ecology Systematic*, 17, 67-88
- Musálem, M. Á. 2006. Silvicultura de Plantaciones Forestales Comerciales.
- Nirmal Kumar J. I , Sajish P.R. , Kumar R. , and Kumar R. 2010. Wood and Leaf Litter Decomposition and Nutrient Release from *Tectona grandis*

- Linn. f. in a Tropical Dry Deciduous Forest of Rajasthan, Western India. *Journal of Forest Science* 26 (1): 17-23.
- Ojo, T. O., Kadebab S. and Kayodec J. 2010. Litter Mass and Nutrient Dynamics in a Transformed Rainforest Ecosystem in Southwestern Nigeria. *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.* 45(4), 351-358.
- Pandey Devendra y Brown Chris. 2000. La teca: una visión global. de Una visión general de los Recursos Mundiales de Teca y de los elementos que influyen en su perspectiva.
- Passioura, J. B. 1996. "Drought and Drought Tolerance," *Plant Growth Regulation*, Vol. 20, No. 2, 1996, pp. 79-83. doi:10.1007/BF00024003
- Plaza-Bonilla, D., Cantero-Martínez, C., Viñas, P., Álvaro-Fuentes, J., 2013. Soil aggregation and organic carbon protection in a no-tillage chronosequence under Mediterranean conditions. *Geoderma* 193-194, 76-82.
- Porto., J. P. 2007. DEFINICION ABC: (<https://definicion.de/cambio-climatico/>)
- Prescott, C.E., L.M. Zabek, C.L. Staley and R. Kabzems. 2002. Decomposition of broadleaf and needle litter in forests of British Columbia: influences of litter type, forest type and litter mixtures. *Can. J. For. Res.* 30:1742–1750.
- Prescott. 2002. The influence of the forest canopy on nutrient cycling.
- R. Moya, A. B. 2009. Variación radial de la anatomía, densidad y durabilidad de la madera de teca (*Tectona grandis*) procedente de dos calidades de sitio y dos regiones climáticas de Costa Rica.

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), 18(2), 119-131-ISSN: 1131-7965.

Raigosa, A. Y. 2009. Nutrición y Fertilización Forestal en Regiones Tropicales. San Jose, Costa Rica: centro de investigaciones de costa rica.

Rodas. (s.f.). Estres hidrico. de efectos del estres por deficit hidrico EN PLANTAS: https://rodas5.us.es/file/4949d71b-4d3d-9e69-000a-1b76edf86560/1/texto_estres_hidrico_SCORM.zip/pagina_04.htm

Saldívar, R. H. 2013. Fisiología Vegetal. Mexico D.F.: Trillas S.A.

Sánchez C. Lama D. y Suatunce P. 2007. Hojas caídas y aporte de nutrientes de 10 especies forestales tropicales. Revista Ciencia y Tecnología 1: 73-78.

Sánchez-Salguero, R. N.-C.-C. 2012. Vulnerabilidad frente a la sequía de repoblaciones de dos especies de pinos en su límite meridional en Europa. ECOSISTEMAS, Doi.: 10.7818/ECOS.2012.21-3.05.

Sariyildiz T, Kuçuk M. 2008. Litter mass loss rates in deciduous and coniferous trees in Artvin, northeast Turkey: relationships with litter quality, microclimate and soil characteristics. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 32: 547- 559.

Scherer-Lorenzen Michael, Bonilla José Luis, Potvin Catherine, 2007. Tree species richness affects litter production and decomposition rates in a tropical biodiversity experiment. Oikos 116(12):2108 – 2124 DOI: 10.1111/j.2007.0030-1299.16065.x

Schlatter J, R Grez, V Gerding. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 114 p.

- Semanart. 2009. SEMANART. de SEMANART: <http://www.semarnat.gob.mx/>
- Singh, B. and G. Singh. 2006. Effects of controlled irrigation on water potential, nitrogen uptake and biomass production in *Dalbergia sissoo* seedlings. *Environ. Exp. Bot.* 55: 209-219
- Solares. 2014. Evaluación del crecimiento y desarrollo de plantas de teca (*Tectona Grandis*. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/22/Solares-Ana.pdf>
- Suatunce. 2009. TECA *grandis* L.f. (Teca) una madera valiosa para el Ecuador. Quevedo: DGM-instituto de informatica daniel mera.
- Tambussi, E. A. 2004. Fotosíntesis, fotoprotección, productividad y estrés abiótico: algunos casos de estudio. Barcelona, España.
- Thaiutsa, Bunvong, y Orman Granger. 2015. "Climate and the Decomposition rate of-Tropical Forest Litter." Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Consultado en julio. <http://www.fao.org/docrep/n6845e/n6845e05.htm>
- Turner, N. C. 1986. Crop water deficits: A decade of progress. *Adv. Agron.* 39: 1-51.
- Tyree MT, Vargas G, Engelbrecht BMJ, Kursar TA. 2002. Drought until death do us part: a case study of the desiccation-tolerance of a tropical moist forest seedling-tree, *Licania platypus* (Hemsl.) Fritsch. *Journal of Experimental Botany* 53: 2239-2247
- Tyree, M. T., B. M. Engelbrecht, G. Vargas, and T. A. Kursar. 2003. Desiccation tolerance of five tropical seedlings in Panama: Relationship to a field assessment of drought performance. *Plant Physiol.* 132: 1439-1447

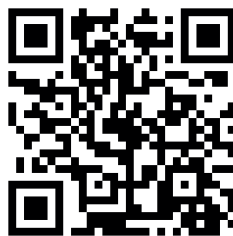
Valladares Fernando. (s.f.). Estres Hídrico: Ecofisiología y Escala de sequía. Forestal, E. M. 2014. Obtenido de <http://www.elmundoforestal.com/terminologia/caducifolio.html>

Valles-Gándara, J. M.-R. 2007. Índice de productividad de sitios multiespecíficos a través de funciones de distancia en sitios forestales. ensayo en *Agrociencia*, 41: 687-700.

Vitousek, P. M., & Sanford, R. L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 137-167.

Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad, regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse> y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

