

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ciencias Ambientales



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Estudio de alternativa de cultivo energético en la subregión fitoclimática mediterránea subárido cálido con estíos secos con género Paulownia”

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a:

Jaume Hernández Jiménez

Tutor/a:

Jose Andrés Torrent Bravo

GANDIA, 2014

Resumen

Paulownia spp. es el único género con especies arbóreas de la familia *Scrophulariaceae*, las cuales son principalmente herbáceas. Originaria del Este de Asia y cultivada durante 2000 años, en las últimas décadas se ha incrementado el interés industrial y comercial de esta especie, debido a su buena adaptabilidad y rápido crecimiento, hecho que lo hace muy productivo y rentable para quienes lo cultivan. También destacan su producción de biomasa y la capacidad de fijación de CO₂, así como el potencial uso para reforestaciones de terrenos agrarios abandonados y la excelente calidad y belleza de su madera.

En el proyecto de investigación vamos a estudiar, en primer lugar, las características del clima mediterráneo, en concreto de l'Horta Valenciana para comprobar la adaptabilidad de la *Paulownia spp.* en este clima, y a continuación, trabajar con el híbrido *Paulownia elongata x fortunei*, mediante el cual, realizaremos un seguimiento *in-situ* del crecimiento y evolución de 80 ejemplares, sometidos a diferentes condiciones de crecimiento durante los primeros estadios de vida con la finalidad de hallar aquellas características que permitan un desarrollo completo de esta increíble especie.

Palabras clave: Clima mediterráneo, adaptabilidad, crecimiento, diferentes condiciones, desarrollo completo.

Abstract

Paulownia spp. is the only genus with tree species of family *Scrophulariaceae*, which are mainly herbaceous. Originally from eastern Asia and cultivated for 2000 years, in recent decades has increased the industrial and commercial interests of this species, due to their good adaptability and rapid growth, made it very productive and profitable for those who grow it. Also highlight its biomass production and CO₂ fixation capacity and the potential use for reforestation of left agricultural land and excellent wood quality and beauty.

In the research Project we study, firstly, the main characteristics of the Mediterranean climate, specifically l'Horta Valenciana to test the adaptability of *Paulownia spp.* to this climate, and then work with the hybrid *Paulownia elongata fortunei*, through which, we will monitor *in-situ* the growth and evolution of 80 copies, under different growth conditions during the early stages of life, in order to find those features that allow full development of this awesome species.

Keywords: Mediterranean climate, adaptability, growth, different conditions, full development.

Índice

0.1. Resumen.....	2
0.2. Introducción.....	5
I Capítulo: Antecedentes, l'Horta Valenciana	
1.1. Historia.....	7
1.2. Condiciones actuales: Hidrología.....	7
1.3. Condiciones actuales: Climatología.....	8
1.4. Condiciones actuales: Geomorfología.....	8
II Capítulo: Estudio de la especie y de los usos existentes	
2.1. Características <i>Paulownia spp.</i>	10
2.2. Factores influyentes en el cultivo de <i>Paulownia spp.</i>	11
2.3. Condiciones climatológicas del Este asiático.....	11
2.4. Requerimiento de cultivo: Temperatura.....	12
2.5. Requerimiento de cultivo: Suelo.....	12
2.6. Requerimiento de cultivo: Agua.....	13
III Capítulo: Producción, material y métodos	
3.1. Localización y planteamiento.....	14
3.2. Material.....	15
3.3. Métodos.....	16
3.4. Disposición y clasificación.....	18
IV Capítulo: Resultados y discusión	
4.1. Resumen del proyecto en fechas.....	22
4.2. Contratiempos: plagas e infecciones.....	22
4.3. Resultados variable atmósfera.....	25
4.3.1. Diferencias en altura.....	25
4.3.2. Diferencias en diámetro.....	26
4.3.3. Discusión de los resultados de la atmósfera.....	27

4.4. Resultados variable sustrato.....	28
4.4.1. Diferencias en altura.....	28
4.4.2. Diferencias en diámetro.....	30
4.4.3. Discusión de los resultados del sustrato.....	31
4.5. Resultados variable riego.....	32
4.5.1. Diferencias en altura.....	32
4.5.2. Diferencias en diámetro.....	33
4.5.3. Discusión de los resultados del riego.....	34

V Capítulo: Conclusiones

5.1. Conclusión de la variable atmósfera.....	36
5.2. Conclusión variable sustrato.....	38
5.3. Conclusión variable riego.....	40
5.4. Conclusión final.....	42

Introducción

Carl Peter Thunberg fue el primer botánico suizo que identificó y le dio nombre en 1781 a la *Paulownia* bajo la familia de las *Bignoniaceae*. Medio siglo más tarde, en 1835 dos botánicos alemanes, Philipp Franz von Siebold and Joseph Gerhard Zuccarini, la transfirieron dentro de la familia *Scrophulariaceae* y encontraron 23 especies. En 1959 Shiu Ying Hu y otros científicos corrigieron los errores pasados y determinaron tan solo 6 especies. Finalmente, en 1973 Zhu Zhao y un grupo de investigadores chinos realizaron investigaciones sistemáticas para colocar al árbol de *Paulownia* en la familia *Scrophulariaceae*, donde se incluyen 9 especies de este género y todas ellas se desarrollan en el Este Asiático.

Originaria de China y cultivada por su madera durante 2000 años, su producción se ha visto incrementada en el mundo entero. En Asia se cultiva, además de en China, en Taiwan, Vietnam, Camboya, Korea y Japón. También se cultiva comercialmente en determinados países repartidos en todos los continentes: Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, Italia, Africa y España.

En nuestro país, su nombre está castellanizado como “Paulonia”, aunque es habitual referirse a ella por su nombre científico, como haremos en nuestro proyecto, ya que no es una especie, sino un género. Las principales especies cultivadas son:

P. kawakamii: Conocida por el nombre “árbol del dragón de zafiro” es nativa de Taiwán, China y Japón. Característica por sus largas flores moradas que crecen en primavera antes de que las hojas aparezcan. Es cultivado principalmente como árbol ornamental.

P. elongata: Usada como árbol forestal en U.S.A y China, también se cultiva en el sur de Europa y en España. Tiene un crecimiento rápido, uniforme y regular, alcanzando 4 metros el primer año. De cinco a siete años puede alcanzar el tamaño maderable. Llega a la madurez a los 25 años, con 30 m de altura, tronco de 1 m de diámetro, y copa de 12 m de diámetro

P. tomentosa: Comúnmente llamada paulownia imperial, es más conocida debido al tomento o velloso que recubre el envés de sus hojas. Usada en jardinería en Europa desde 1834 por su alto valor ornamental. Actualmente, se utilizan híbridos no fértiles para evitar que una especie que podría llegar a ser invasiva, se convierta en plaga.

P. elongata x fortunei: Planta híbrida que centrará nuestro objeto de estudio. Muy fragante y de muy rápido crecimiento, interesantes colores otoñales. Árbol grande de amplia sombra, cultivo utilizado también en comercio de madera recientemente. Gran desarrollo en terrenos fértiles y bien drenados, por lo que tiene futuro prometedor en la silvicultura.

A continuación resaltamos algunos apuntes sobre la situación de la biomasa con fines energéticos en el marco actual.

Hoy en día, la biomasa empleada con fines energéticos representa el 35% de toda la energía consumida en los países del tercer mundo; supone el 3,5% del consumo energético en los países de la OCDE y en todo el mundo el 15% del total de energía consumida procede de diversas fuentes de biomasa (IDAE).

En el marco forestal, de los 3500 millones de metros cúbicos de madera que se cortan anualmente en el mundo, el 60% se destina a fines energéticos de todo tipo. En el ámbito de las energías renovables, la biomasa representa el 50% de todas las fuentes renovables que se consumen en la UE y en España.

I Capítulo: Antecedentes, l'Horta Valenciana

1.1 Historia

El factor clave en el desarrollo del regadío de l'Horta de València es el gran potencial de los recursos hidrológicos, geomorfológicos, edáficos y climáticos de la llanura aluvial valenciana. Ésta se encuentra adosada a los relieves del interior de la península y es modelada por los sistemas fluviales del río Turia y los barrancos de Carraixet y Poyo-Torrent. Con una costa regulada por una restinga arenosa y las acciones humanas de parcelación, nivelación de tierras y derivación de agua durante los últimos siglos, han dado como resultado un relieve formado por parcelas, setos, canales y cultivos que podemos observar hoy en día. (Carmona González y Ruiz Pérez, 2007).

La vegetación primigenia de l'horta valenciana era una olmeda formada por un estrato arbóreo de *Ulmus minor* acompañado de zarzas y majuelos. Destacaría además la abundancia de hiedra y la presencia de acanto (*Acanthus mollis*). Antes de las transformaciones para el regadío, los sectores inundables de cabecera y en áreas cercanas a los lechos aluviales, los suelos eran muy permeables con una vegetación característica, en barras fluviales, ramblas y cauces secos de adelfas (*Nerium oleander*). Por otro lado se extendían suelos de color pardo rojizo sobre los abanicos aluviales y piedemontes con una vegetación formada por carrascales y coscojares termomediterráneos. (Carmona González y Ruiz Pérez, 2007).

1.2 Condiciones actuales, hidrología

El territorio de l'Horta se engloba dentro de los climas de las tierras litorales valencianas. Las precipitaciones anuales oscilan entre 400 mm en la zona septentrional y 500 mm en el extremo sur de la albufera. Se pueden superar los 600 mm en las comarcas más lluviosas del sur como la Ribera del Júcar y al sur de la Serra Calderona.

Respecto al régimen estacional, observamos un máximo otoñal centrado en octubre, superando los 90 mm en muchos puntos, y una sequía estival entre junio y agosto, que apenas supera los 10 mm en julio.

Durante los meses calurosos, comprendidos entre Mayo y Septiembre se producen lluvias torrenciales que pueden alcanzar altos valores de precipitación en pocas horas, producidas por una situación atmosférica donde se instala un sistema de bajas presiones de largo recorrido mediterráneo. Lo más destacado suele ser la persistencia del episodio pluviométrico de varios días consecutivos, superando los 100 mm en las cuencas afluentes.

En la Tabla 1 se muestran las medias de las precipitaciones por año en las comarcas colindantes a la ciudad de Valencia, donde podemos observar las diferencias entre las

poblaciones del sur (Silla, Picassent, Torrent y Massanassa) y del norte de la provincia valenciana (Manises, Viveros, Meliana, Massalfassar y Rafelbunyol):

Localidad	Precipitación (mm/año)
Silla	526
Picassent	483
Torrent	480
Massanassa	478
Manises	463
Viveros	447
Meliana	463
Massalfassar	414
Rafelbunyol	391

Tabla 1. Media de precipitación por año en comarcas colindantes a la ciudad de Valencia

1.3 Condiciones actuales, temperatura

La zona del mediterráneo se caracteriza por la elevada humedad ambiental generada por la proximidad del mar. Como consecuencia de ello, se reduce la oscilación térmica diaria, mensual y anual, por lo que las temperaturas medias anuales rondan los 16°C en toda la zona.

Las temperaturas máximas medias en los meses calurosos del año, (julio-agosto) rozan los 30°C. Gracias a las brisas provenientes del mar estos valores son algo inferiores al de las poblaciones situadas hacia el interior, donde se pueden superar los 32°C.

Por otro lado, las temperaturas mínimas medias del mes más frío, Enero, se sitúan alrededor de los 5°C. Las heladas son típicas desde diciembre hasta avanzado el mes de Febrero.

1.4 Condiciones actuales, geomorfología:

El territorio de la comarca de l'Horta es el resultado de las actuaciones antrópicas realizadas en un ambiente natural muy variado y dinámico. Los materiales, los suelos y la hidrología son los factores clave en la formación de l'Horta tal y como la conocemos hoy. La Figura 1 muestra un esquema morfológico de la llanura valenciana en la que se pueden observar los diferentes ambientes geomorfológicos:

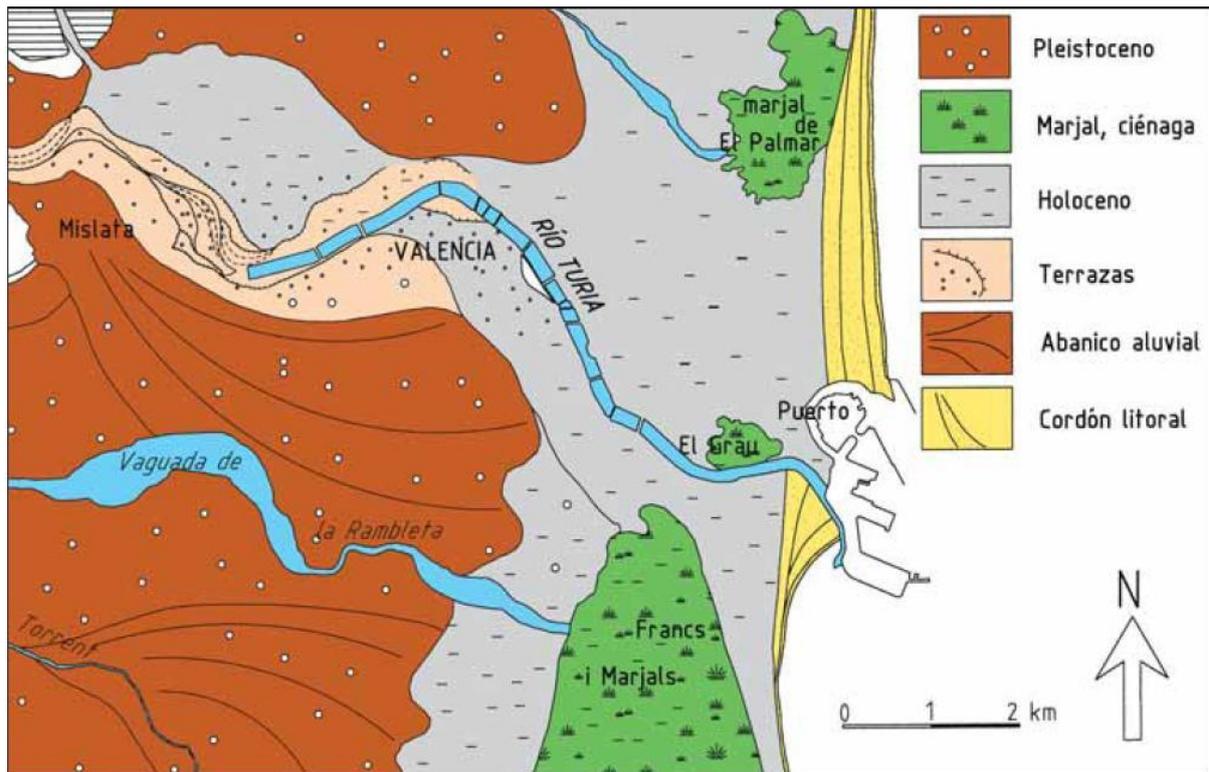


Figura 1. Esquema geomorfológico de la llanura valenciana (Carmona y Ruiz, 1998)

Donde se pueden observar diferentes ambientes geomorfológicos:

- 1- Glacis y abanicos aluviales: Extensa franja de acumulaciones aluviales y glacis compuesta de arcillas rojas y material detrítico. Constituye el nexo de unión en forma de rampa de los ambientes de llanura con las zonas montañosas. Sobre esta rampa, el río Turia y los barrancos del Carraixet, Poyo-Torrent han construido los abanicos aluviales. (Carmona González y Ruiz Pérez, 2007).
- 2- Valles y terrazas: Únicamente el río Turia, mucho más grande que los barrancos de Carraixet y Torrent, ha abierto un pequeño valle antes de entrar en la llanura costera. El Turia discurre hacia el mar confinado entre terrazas fluviales llanas de suelos arenosos/pedregosos. (Carmona González y Ruiz Pérez, 2007).
- 3- Llanos de inundación: Elemento morfológico más reciente de l'Horta. Éste es debido a los repetidos procesos de crecida y desbordamiento de los cauces del río Turia y los barrancos de Carraixet y Torrent durante los últimos milenios. El llano del río Turia es de tipo confinado, de alta energía y con sedimentos de textura gruesa (Nanson y Croke, 1992).
- 4- Litoral deltaico: Está formado por la punta del Turia y la Albufera de Valencia. Contuvo una diversidad de microambientes tales como estanques, lagunas de agua salobre, pantanos y prados con vegetación variable en función de la salinidad. (Carmona González y Ruiz Pérez, 2007).

II Capítulo: Estado del arte, estudio de la especie y de los usos existentes

2.1 Características de *Paulownia*

Las *Paulownias* son árboles caducifolios. Durante otoño aportan una abundante capa de hojarasca de rápida descomposición debido a que sus hojas, ricas en nitrógeno, son grandes y anchas. Sobre todo en los primeros años de crecimiento, alcanzando los 60 cm de diámetro si las condiciones ambientales son óptimas. Este proceso mejora la calidad físico-química del suelo, por lo que también, se está plantando para recuperar terrenos empobrecidos y contaminados, minas a cielo abierto o directamente como forraje. (Wayne & Donald, 2004).

Paulownia es considerado el árbol de mayor generación de madera en pocos años, siempre que el suelo no sea muy arcilloso y el nivel freático esté por debajo de los 2 metros, ya que si se encuentran en contacto permanente con agua, se pudren. Estas largas raíces le permiten buscar la humedad necesaria en climas semiáridos.

En condiciones normales, un árbol de 10 años de edad puede alcanzar los 30 – 40 cm de diámetro normal y un volumen de madera próximo a 0,3 – 0,5 m³. Sin embargo, si las condiciones de cultivo son óptimas, se pueden alcanzar volúmenes de madera cercanos a los 4 – 4,5 m³, con unos crecimientos anuales en diámetro de 3 – 4 cm. (Zhao-Hua, *et al.*, 1986).

Otra ventaja importante de la *Paulownia* respecto a otros vegetales radica en su gran capacidad para generar biomasa. Un árbol de ocho años de edad presenta una proporción de biomasa de aproximadamente 275,4 kg de materia seca total. Además se beneficia de un rápido secado: Entre 30 y 60 días al aire libre son suficientes para reducir su humedad de un 40-50% que tiene en la tala, a un 12% aproximadamente. (Zhao-Hua, *et al.*, 1986).

La madera de la *Paulownia* es conocida como “kiri” a nivel comercial. Se trata de un material claro y de grano fino, muy fácil de trabajar. Produce troncos rectos y sin nudos, lo que aporta madera de primera calidad para la ebanistería y la carpintería en general. El “kiri” presenta una excelente relación resistencia-peso, ya que tiene una densidad comprendida entre 300 y 400 kg/m³. Este bajo peso específico hace que sea ideal para el mobiliario de embarcaciones y auto caravanas, además de ser un buen aislante, tanto térmico como acústico. Su madera también se utiliza en pulpa para papel, artesanías, juguetes e instrumentos musicales.

2.2 Factores influyentes en el cultivo de *Paulownia*

El veloz crecimiento es la característica más notable de la *Paulownia*, ya que un árbol bien cultivado puede producir madera en seis años. En China dicen de este árbol: "Parece un palo el primer año, un paraguas a los tres y se corta en tablonés a los cinco".

La *Paulownia* depende, en primera medida, de las condiciones climáticas donde tenga que vivir y desarrollarse. Y en segundo factor, la edad del árbol, puesto que el crecimiento que mantiene cuando es joven, no lo mantiene durante su vida.

El primer año la altura oscila entre 4 y 6 metros. Durante el segundo puede crecer de 2 a 3 metros y entre los 8 y 12 años es cuando tiene el mayor incremento de volumen de tronco. En su lugar de origen, en el este Asia, a los 4 años tiene 10 m. de altura, un tronco limpio de 5 m. y 22 cm. de diámetro en su parte más gruesa. (Zhao-Hua, *et al.*, 1986).

Por lo tanto, para conseguir un resultado más semejante al ideal, deberemos cultivarla en un ambiente lo más parecido posible a su emplazamiento natural.

Con este objeto, en el siguiente apartado enumeramos las características climatológicas generales correspondientes al sud y este del continente asiático, es decir, de su lugar nativo.

2.3 Condiciones climatológicas del este asiático

El extremo oriental del continente asiático se caracteriza (al igual que el extremo meridional) por las corrientes de aire marítimo procedentes del océano Pacífico occidental en forma de efecto monzón. Los vientos monzónicos soplan en invierno desde el frío interior hacia el sur y el este, y en verano desde los océanos en dirección norte, hacia tierras más cálidas.

Esta zona mantiene un invierno seco, que varía de helado a frío, y un verano caluroso y húmedo, con fuertes precipitaciones durante el periodo estival. En la figura 2 que encontramos a continuación, se ilustra de manera gráfica las diferentes bandas climáticas y como consecuencia, los ambientes naturales formados en el continente asiático.

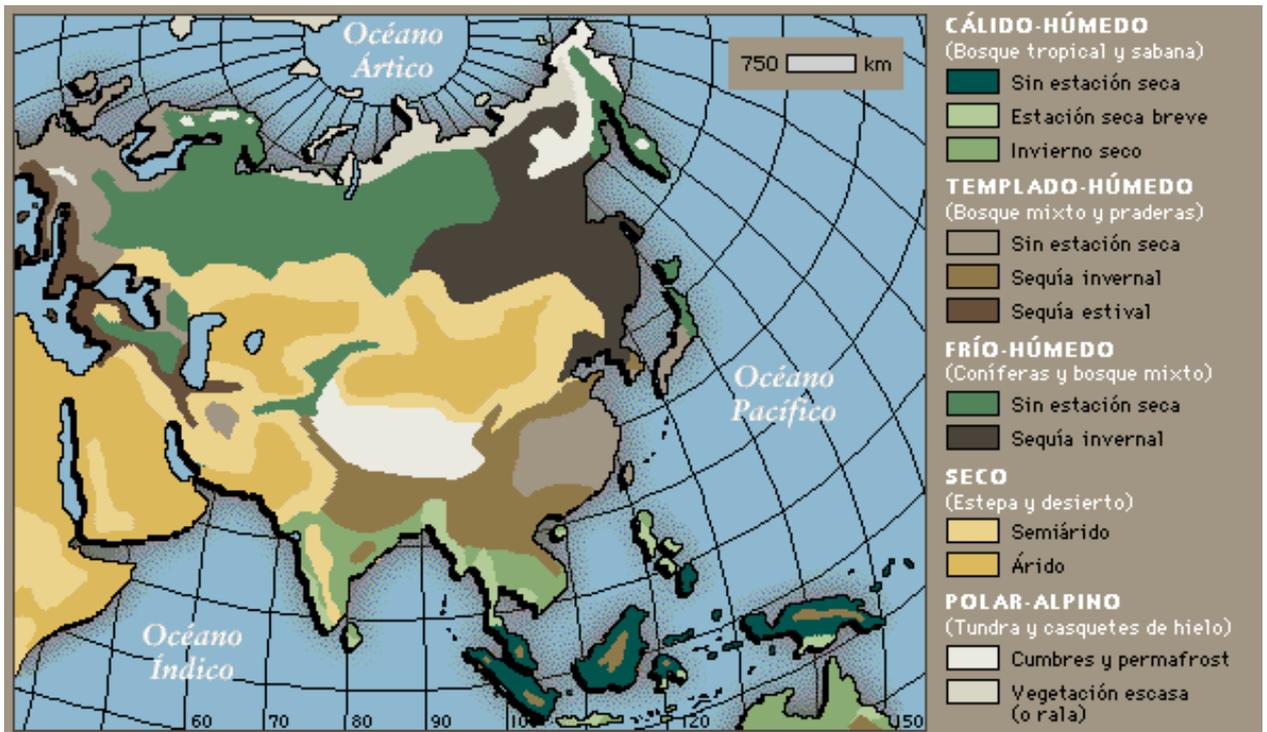


Figura 2. Mapa del clima en Asia y tipo de vegetación predominante (Fotografías Emmanuel Buchot)

2.4 Requerimientos de cultivo, temperatura

Paulownia tiene una banda climática ancha y puede resistir temperaturas de entre -20°C a 55°C siendo su temperatura ideal entre 29 y 32°C . En cuanto a las heladas, Carolina Pacific internacional Inc. (2005) asegura que son beneficiosas para todas las especies de *Paulownia* porque acentúan el color y la textura de la madera. Por otro lado, un clima donde el calor es predominante de cinco a siete meses por año favorece su crecimiento, ya que la gran cantidad de follaje desarrollado durante los primeros meses de vida, le permite obtener un desarrollo imponente.

2.5 Requerimientos de cultivo, suelo

El árbol de *Paulownia* puede desarrollarse en suelos erosionados y pobres, siempre y cuando dotemos al mismo de abono orgánico y un sistema de riego. *Paulownia* no es un árbol propio de zonas áridas, pero desde un punto de vista económico, esta especie realiza un óptimo uso de los recursos naturales disponibles.

Paulownia se encuentra principalmente en suelos arenosos y arcillosos, es decir, en tierra pesada. El contenido de arcilla del suelo sobre el que se encuentran las diferentes especies varía. *P. fortunei* crece en suelos con contenidos de entre el 16% - 23% de arcilla mientras que las otras especies se encuentran en suelos con menos de

10 % de arcilla. La mayoría de las especies de *Paulownia* están muy arraigadas con raíces laterales bien desarrolladas. La extensión del sistema radicular requiere no sólo las condiciones de agua y temperatura adecuadas, sino también de un suelo profundo, suelto, húmedo y bien aireado. (Zhao-Hua, *et al.*, 1986).

2.6 Requerimiento de cultivo, agua

El árbol de *Paulownia* tiene un gran área de hoja, un sistema radicular bien desarrollado y una alta tasa de transpiración,. Por lo tanto, un alto contenido en humedad es muy importante para su crecimiento. Sin embargo, la precipitación anual en las extensas áreas del Este Asiático, donde *Paulownia* crece de forma natural varía de forma más que notable: desde un mínimo de 500 mm y un máximo comprendido entre 2000 mm y 3000 mm.

El orden decreciente de la especie con respecto a la resistencia a la sequía es *P. elongata*, *P. fortunei*, *P. kawakamii*, *P. catalpifolia*, *P. australis* y *P. fargesii*. (Zhao-Hua, *et al.*, 1986).

III Capítulo: Producción: material y métodos

3.1 Localización y planteamiento

El objetivo es descubrir en qué condiciones de cultivo el crecimiento de *Paulownia elongata x fortunei* es óptimo. Para ello, describiremos el sitio donde va a tener el estudio durante los meses comprendidos entre Abril y Septiembre de 2014 así como la obtención de la variedad de planta.

El crecimiento y desarrollo de esta variedad tendrá lugar en Viveros Marí S.L. situados en la localidad de Paiporta: Carretera de Picanya 0, Valencia. Agradecer de antemano la colaboración y la ayuda recibida por la empresa por prestar una parcela de su terreno y del material que allí disponen, sin el cual, habría sido imposible la realización de este proyecto.

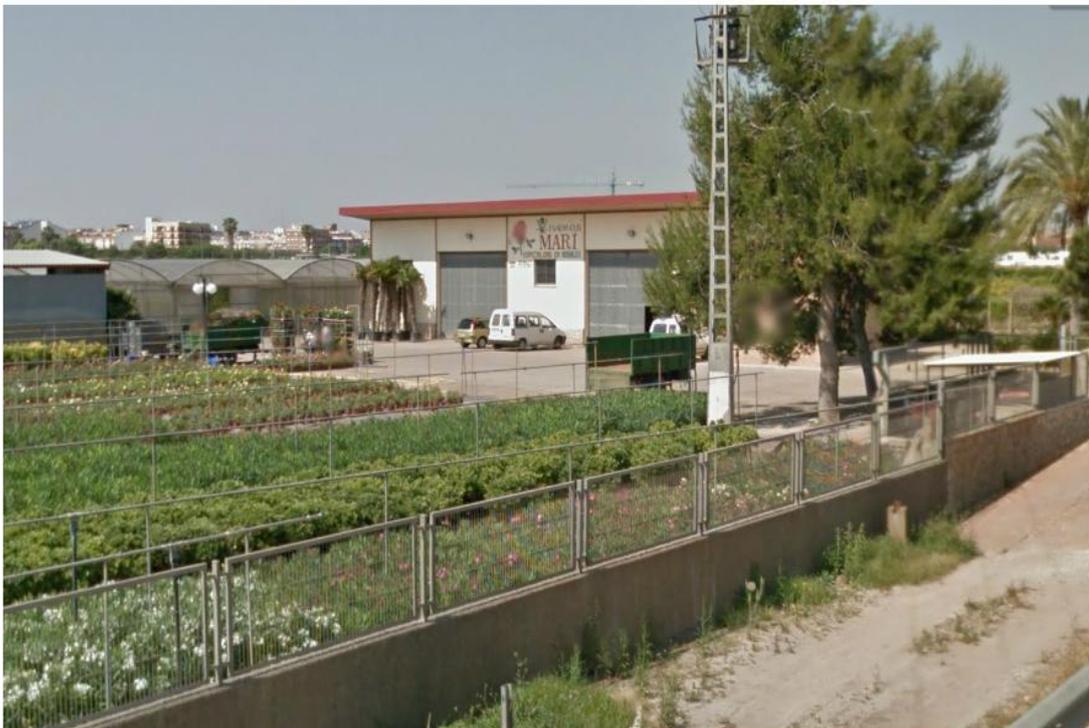


Figura 3. Viveros Marí S.L. Carretera Picanya 0, Valencia.

Para la obtención de la planta, nos hemos trasladado a los Viveros Cotevisa, situados en la localidad de l'Alcudia, "Finca San Mario", ctra. nal. N-340, Km 873,5, Valencia. Donde actualmente estudian y cultivan la variedad *Paulownia elongata x fortunei*.

3.2 Material

En el vivero Cotevisa nos suministraron 80 ejemplares de plantas de la variedad *Paulownia elongata x fortunei*, con las cuales, realizaremos una investigación para saber qué características de cultivo son los más favorables para su crecimiento y mejor aprovechamiento.

Es recomendable que las siembras de *Paulownias* sean en estaciones suaves, para que la planta no sea dañada por temperaturas extremas. Lo ideal es cultivarlas durante primavera, por lo que seleccionamos un plantel que fue estaquillado el 17 de Marzo de 2014.

El día 4 de Abril de 2014 obtenemos nuestro objeto de estudio. De esta manera, en la Figura 4 se muestra el aspecto de nuestro plantel con 20 días de vida:



Figura 4. Medidas de la planta 20 días después de su estaquillado: parte de suelo y parte aérea

Es de interés mencionar que el plantel ha sido obtenido mediante la micropropagación in vitro, es decir, clones registrados y obtenidos a partir de una planta madre de gran calidad genética y sanitaria. Al tratarse de una planta clonar, permite realizar plantaciones totalmente homogéneas y de esta forma, solo afectaran las condiciones ambientales en el crecimiento de nuestro plantel, por lo que podemos descartar las diferencias genéticas de los ejemplares como posible factor en las conclusiones de nuestra investigación.

3.3 Métodos

En primer lugar, dividimos los 80 ejemplares en una muestra estadísticamente suficiente: 8 lotes de 10 individuos. Cada uno de ellos será cultivado en diferentes condiciones de atmosfera, suelo y agua. Con ello logramos tener tres variables diferentes para cada una de la cual, existen dos estados.

Para que los resultados sean comparables entre sí, tendremos que combinar cada tipo de estado con los otros dos tipos de estado de las 3 variables: $(2) \times (2) \times (2) = 8$. Por esta razón realizamos 8 lotes, cada uno específico y exclusivo en cuanto a características de cultivo.

En la Figura 5 mostramos un esquema de nuestro planteamiento de estudio con los lotes de plantas y sus respectivos nombres:

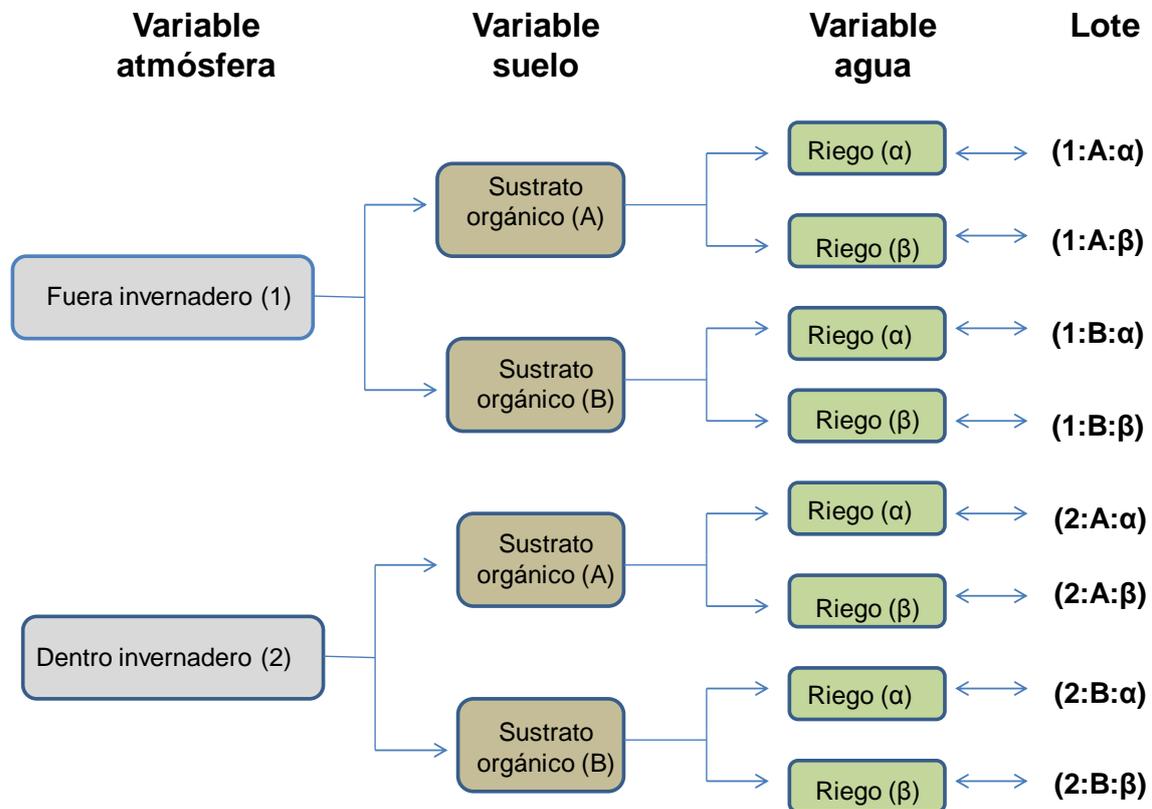


Figura 5. Esquema de las variables y de la distribución de los lotes de individuos.

Con este planteamiento pretendemos descubrir bajo qué condiciones de atmosfera, suelo y riego se obtiene un mayor desarrollo y por tanto rentabilidad, de esta magnífica especie arbórea.

A continuación, explicamos las características de los diferentes estados de cada una de las variables a las que serán sometidos nuestros ocho lotes de *Paulownia elongata x fortunei*:

Variable I → Condiciones atmosféricas

Las plantas serán cultivadas en dos ambientes diferentes: exterior del invernadero (1) e interior del invernadero (2).

Exterior del invernadero (1): sometidas a las condiciones climatológicas típicas del mediterráneo español. Para ello en el “ANEXO I-datos meteorológicos” encontramos los datos climatológicos recogidos del SIAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío) durante los 71 días de desarrollo de nuestros ejemplares, en la estación más próxima al lugar de nuestra investigación, Picassent, situado a 9 km de Viveros Marí con coordenadas UTM X: 715588UTM Y: 4359990 Huso: 30 Altitud: 115

Interior del invernadero (2): Mantiene unas condiciones climáticas más elevadas de temperatura y humedad con mayor variación: La temperatura supera entre +6 y +8 °C la temperatura exterior durante el día y entre +1 y +2 durante la noche.

Variable II → Condiciones del suelo

A su vez, las plantas de exterior e interior del invernadero serán divididas para su cultivo en dos tipos de sustratos diferentes, al que llamaremos sustrato orgánico (A) y sustrato orgánico (B).

Sustrato orgánico A: compuesto de turba Herbácea, fibra de coco en varias fracciones, nitrato cálcico y leonardita. Con un pH de 6,77 y una conductividad eléctrica de 0,368 dS/m.

Sustrato orgánico B: una composición de 35% turba rubia, 35% fibra de coco y 30% corteza de pino. Con un pH de 4,78 y una conductividad eléctrica de 3,52 dS/m.

Los datos de la composición al % de las turbas han sido facilitados por los fabricantes. Además, para tener datos más específicos nos trasladamos al laboratorio de la E.P.S.G. D-202. Ahí realizamos el análisis de pH y conductividad eléctrica de ambos sustratos con la ayuda del profesor Josep Llinares.

De esta forma, obtenemos un poco más de detalle sobre las características de los sustratos y de su relación con el crecimiento de nuestros ejemplares.



Figura 6. Almacén de los sustratos que dispone Viveros Marí. Sustrato orgánico (A) y (B)

Variable III → Condiciones de riego

Por último, dividiremos la variable atmósfera y suelo en dos subgrupos más, donde el plantel será cultivado bajo diferentes condiciones de riego: riego pobre (α) y riego abundante (β).

Riego α : Condiciones de riego pobres, con escasez de agua. Aplicaremos 2 Litros semanales por ejemplar correspondientes a 100 mm anuales de precipitación en un solo día de riego. Donde 100 mm dividido entre 52 semanas que tiene un año corresponde a 1,92 mm = 1,92 L \approx 2 litros/semana.

Riego β : Condiciones de riego media-alta, simulando abundancia de agua. Aplicaremos 9 Litros semanales por ejemplar correspondiente a 500 mm anuales de precipitación distribuidos en 3 días de la semana (lunes, miércoles y viernes), es decir, 3 Litros cada día de riego. Donde 475 mm dividido entre 52 semanas que tiene un año corresponde a 9,13 mm = 9,13 L \approx 9 litros/semana.

Por último, es importante mencionar que la fuente de agua obtenida para el riego de nuestras plantas se extrae de un pozo situado en los alrededores del vivero, del cual una bomba transporta el agua necesaria para riego. Esta agua no es apta para el consumo humano debido a las infiltraciones de fertilizantes usados en los campos de la zona, pero totalmente útil para el cultivo de plantas.

3.4. Disposición y clasificación

Para el trasplante de los 80 ejemplares, utilizamos macetas de 17 mm de diámetro y con capacidad de 10 litros. Una vez realizada la tarea, separamos las plantas en 8 lotes de 10 ejemplares cada uno.

Como nuestro plantel recién trasplantado carece de tallo porque lo hemos cubierto casi totalmente de sustrato para su correcto arraigamiento y de apenas hojas, esperaremos un total de tres semanas para que las *Paulownias* se afiancen a sus nuevas condiciones de crecimiento. Para identificar nuestros lotes colocamos una caña en un ejemplar de cada lote a modo de señal, donde viene descrito por la nomenclatura mencionada anteriormente.

En la Figuras 7 y 8 podemos observar la colocación de las 80 pantas que crecerán en función de las condiciones ambientales características de cada lote:

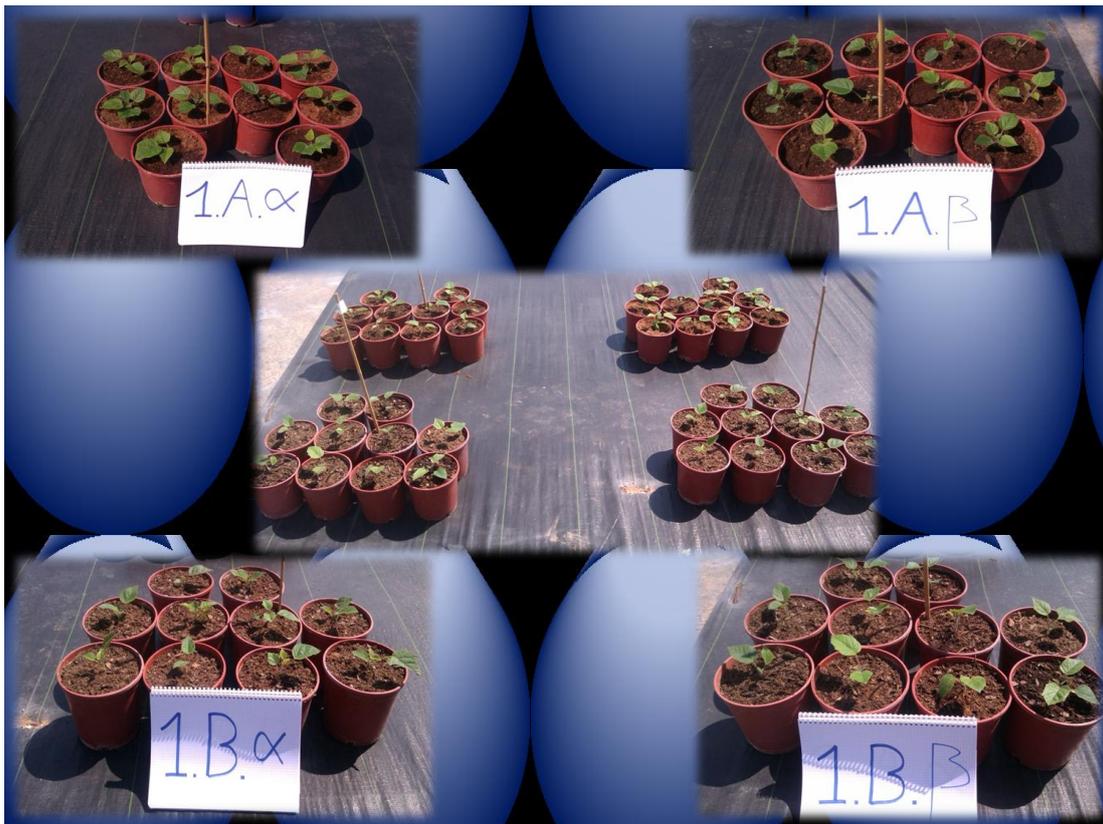


Figura 7. Disposición final de los cuatro lotes diferenciados fuera del invernadero



Figura 8. Disposición final de los cuatro lotes diferenciados dentro del invernadero.

Los instrumentos de medida que utilizaremos serán un pie de rey y un metro. En cada una de las mediciones utilizaremos los mismos aparatos. Con ello evitamos la propagación del error debido al uso de diferentes instrumentos de medida durante la toma de datos.



Figura 9. Imagen de un metro (derecha) y un pie de rey (izquierda)

Una vez transcurridas tres semanas desde su trasplante y disposición, el plantel ha conseguido arraigar perfectamente a los nuevos sustratos. Observamos las primeras diferencias de crecimiento en cada lote.

La primera medición se realiza el 26 de Abril. La periodicidad de la toma de datos será semanal.

Cada una de estas mediciones incluye datos de la altura, diámetro del tronco y longitud por anchura de la hoja más grande de la que disponga cada una de nuestras plantas.

Con la obtención de esta serie de datos, y con un total de seis mediciones correspondientes a las seis semanas siguientes al 26 de Abril, pretendemos obtener diferencias significativas en el crecimiento entre los diferentes lotes del árbol de *Paulownia elongata x fortunei* y así conseguir las condiciones de cultivo óptimas para su máximo rendimiento en los primeros estadios de vida.

Para ello, utilizaremos una tabla Excel editada en la cual anotamos y ordenamos las mediciones obtenidas de cada ejemplar y de cada lote, realizando a continuación, una media de los diez ejemplares medidos, como mostramos en la siguiente imagen:

Paulownia (Elongata x Fortunei)												
Lote (1:A:α)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media
Altura (cm)												
Diámetro (mm)												
Hoja max. (cm)	Largo	Ancho										
Lote (1:A:β)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media
Altura (cm)												
Diámetro (mm)												
Hoja max. (cm)	Largo	Ancho										
Lote (1:B:α)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media
Altura (cm)												
Diámetro (mm)												
Hoja max. (cm)	Largo	Ancho										
Lote (1:B:β)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media
Altura (cm)												
Diámetro (mm)												
Hoja max. (cm)	Largo	Ancho										
Lote (2:A:α)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media
Altura (cm)												
Diámetro (mm)												
Hoja max. (cm)	Largo	Ancho										
Lote (2:A:β)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media
Altura (cm)												
Diámetro (mm)												
Hoja max. (cm)	Largo	Ancho										
Lote (2:B:α)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media
Altura (cm)												
Diámetro (mm)												
Hoja max. (cm)	Largo	Ancho										
Lote (2:B:β)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media
Altura (cm)												
Diámetro (mm)												
Hoja max. (cm)	Largo	Ancho										

Tabla 1. Tabla Excel para la anotación de las medidas recogidas semanalmente de *Paulownia (Elongata x Fortunei)*

Los datos referentes a las seis mediciones más una tabla final con las medias de todas las medidas recogidas semana a semana lo podemos encontrar en el Anexo II: “Mediciones de *Paulownia elongata x fortunei*”

IV Capítulo: Resultados y Discusión

4.1 Resumen del proyecto en fechas

Lunes 17 de Marzo: Estaquillado de los 80 ejemplares de nuestra investigación.

Viernes 4 de Abril: Obtención de las plantas de *Paulownia elongata x fortunei*.

Sábado 5 de Abril: Trasplante, clasificación y sometimiento a las nuevas condiciones de crecimiento.

Sábado 26 de Abril: Primera medición.

Sábado 3 Mayo: Segunda medición.

Sábado 10 Mayo: Tercera medición.

Sábado 17 Mayo: Cuarta medición.

Sábado 24 Mayo: Quinta medición.

Sábado 31 Mayo: Sexta y última medición.

Con un total de 76 días entre el estaquillado de nuestros ejemplares y la finalización del estudio y con prácticamente dos meses (57 días) de cultivo bajo diferentes condiciones de atmósfera, suelo y agua, hemos podido observar grandes diferencias entre los diferentes lotes.

Las principales diferencias vienen dadas, en primer lugar por los diferentes sustratos, en segundo lugar por las condiciones de temperatura y por último, por las diferentes dosis de riego en el tiempo de estudio como demostraremos en los siguientes apartados.

4.2 Contratiempos: plagas e infecciones

Durante el transcurso del cultivo de *Paulownia elongata x fortunei*, dos lotes han sufrido una plaga de *Spodoptera Exigua*, más conocido como Rosquilla verde y otra plaga de *Macrosiphum rosae*, comúnmente llamado Pulgón de rosal. Estas plagas de insectos han afectado a dos de los ocho lotes con los que estamos investigando.

***Spodoptera exigua* (Hübner):** Más conocida como Rosquilla verde, está presente en todos los continentes del globo, y tiene gran importancia agrícola porque sus larvas muestran una acusada polifagia. Las plagas de la larva de *S. Exigua* ocurren de manera acíclica y los cultivos más frecuentemente atacados son la remolacha, alfalfa, pimiento, patata y tabaco (Dominguez García-Tejero, 1989). Las poblaciones alcanzan el máximo incremento de individuos en verano. De hábitos nocturnos. Por su biología puede conducir a una explosión de la población en el cultivo en un plazo corto de tiempo. Puede tener hasta 6 generaciones anuales en un clima cálido.



Macrosiphum rosae: Tipo de pulgón de color verdoso que puede alcanzar los cuatro milímetros de longitud y, aunque prefiere los rosales, también ataca a otras plantas. Sus alas son completamente transparentes. Se trata de un insecto muy frecuente y con gran resistencia a los insecticidas químicos.



Los lotes infectados por ambas plagas han sido el (1:A:α) y el (1:A:β), es decir, los dos lotes que se encuentran en el exterior del invernadero (1) y cultivados con el sustrato (A).

Ambos lotes se diferencian de los lotes (1:B:α) y (1:B:β) principalmente en el tamaño y color de las hojas, siendo mucho más grandes, suaves y carnosas las cultivadas con el sustrato (A) que con el sustrato (B). Este hecho debe ser la respuesta de la elección de la Rosquilla verde y el Pulgón por invadir los lotes con hojas grandes y carnosas y no los otros dos, que desarrollan una hoja más pequeña, dura y de un color verde amarillento.

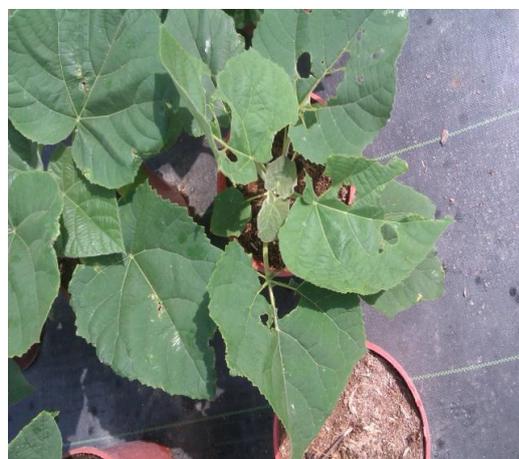


Figura 10. Efectos de la rosquilla verde en nuestros cultivos de Paulownia (1:A:α) y (1:A:β):

En el Anexo II “Mediciones de *Paulownia elongata x fortunei*” aquellas plantas que fueron invadidas por las dos plagas anteriormente descritas y que no disponían de hojas sanas para realizar su medición, vienen marcadas con el signo “x”.

Para el control de dichas plagas decidimos no actuar con los insecticidas que dispone la empresa. Únicamente eliminamos aquellas hojas que se encontraban en peor estado para evitar la colonización total de los ejemplares por las plagas.

Esta decisión se fundamentó en dos razones:

La primera fue que dichas plagas aparecieron entre la medición 4 (17/05/2014) y la medición 5 (24/05/2014). Por lo que el proyecto se encontraba en su recta final y su tratamiento no iba a ser relevante en nuestros resultados.

La segunda razón vino motivada en que no observamos riesgo de muerte entre los ejemplares afectados.

Por otra parte, durante el transcurso de la investigación, murieron 3 ejemplares de los 80 que disponíamos. Estos tres ejemplares pertenecían a lotes diferentes de cultivo, por lo que no obtenemos ninguna relación entre la tasa de defunción con el tipo de cultivo a los que fueron sometidos. Por lo que afirmamos que estos ejemplares murieron por causas naturales.

Finalmente, concluimos que el cultivo de *Paulownia elongata x fortunei* en condiciones normales tiene una tasa de supervivencia del 96,25%. En el Anexo II “Mediciones de *Paulownia*” podemos encontrar los ejemplares que murieron marcados con el signo “x” en su casilla correspondiente.

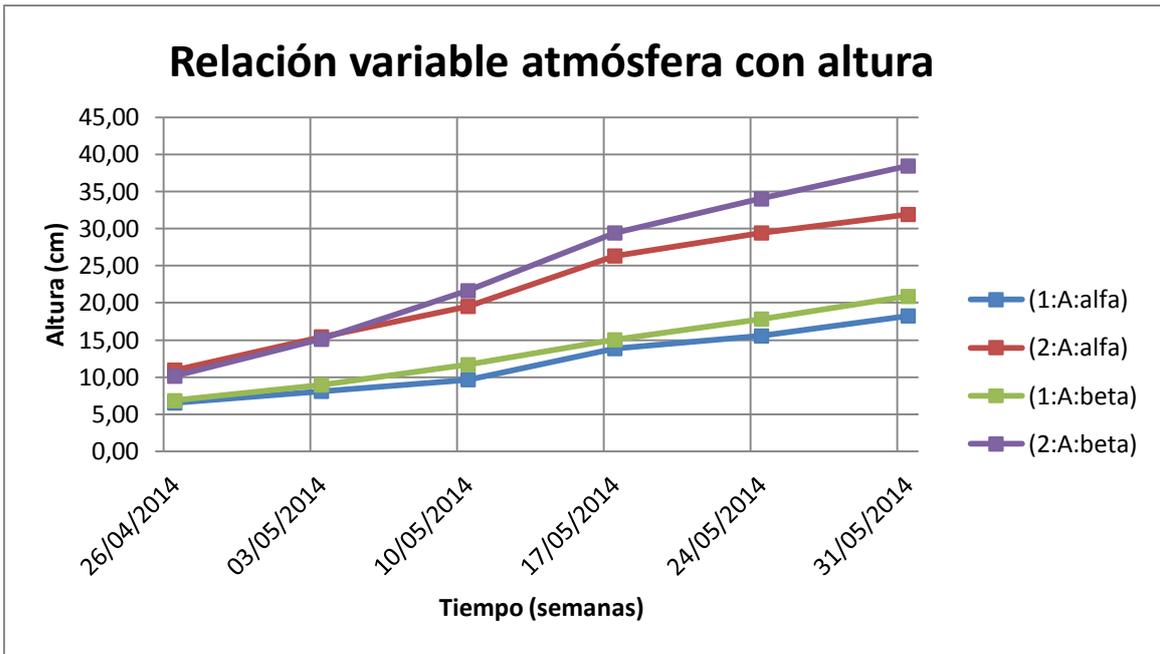
4.3 Resultados variable atmósfera

En este apartado vamos a realizar un estudio de nuestros resultados de altura y diámetro en función de la primera variable utilizada: la atmósfera.

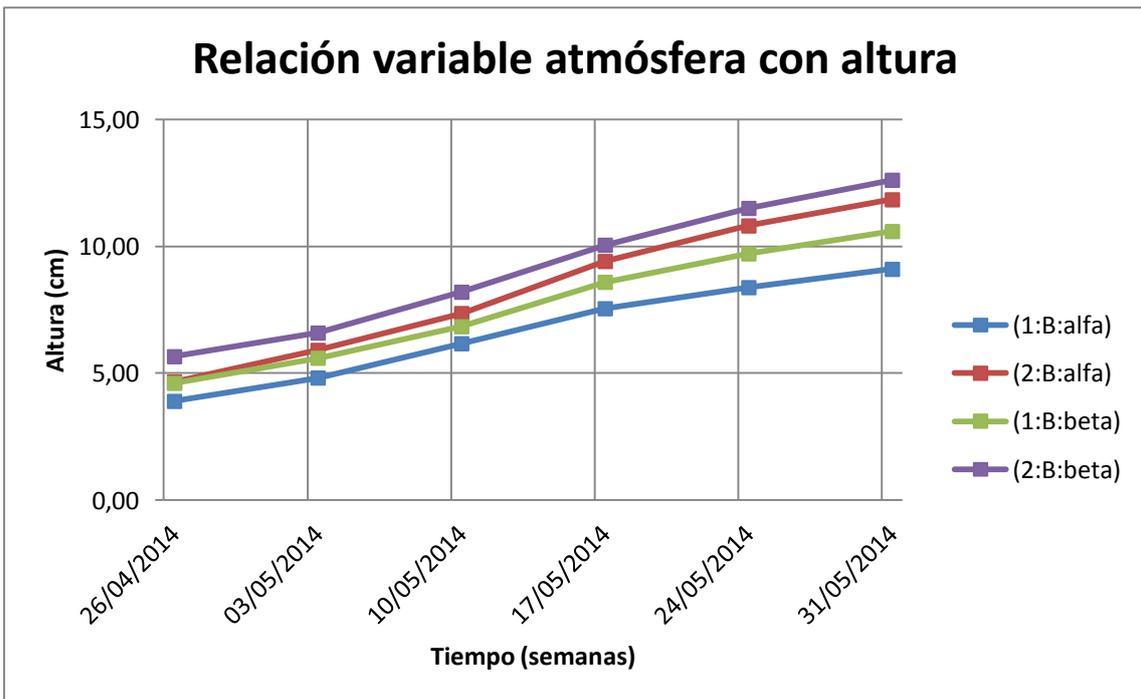
4.3.1 Diferencias de altura

En las gráficas 1 y 2, podemos observar los lotes cultivados en las mismas condiciones de sustrato y riego pero con los estados fuera del invernadero (1) / dentro del invernadero (2) alternados, de esta forma representamos las diferencias de altura de los ocho cultivos en función de la variable atmósfera:

La línea azul y la línea verde representan el estado 1 (fuera del invernadero) y la línea roja y morada el estado 2 (dentro del invernadero) de la variable atmósfera, tanto para alturas como diámetros, representados en las gráficas de la 1 a la 4, durante el transcurso de las seis semanas de mediciones.



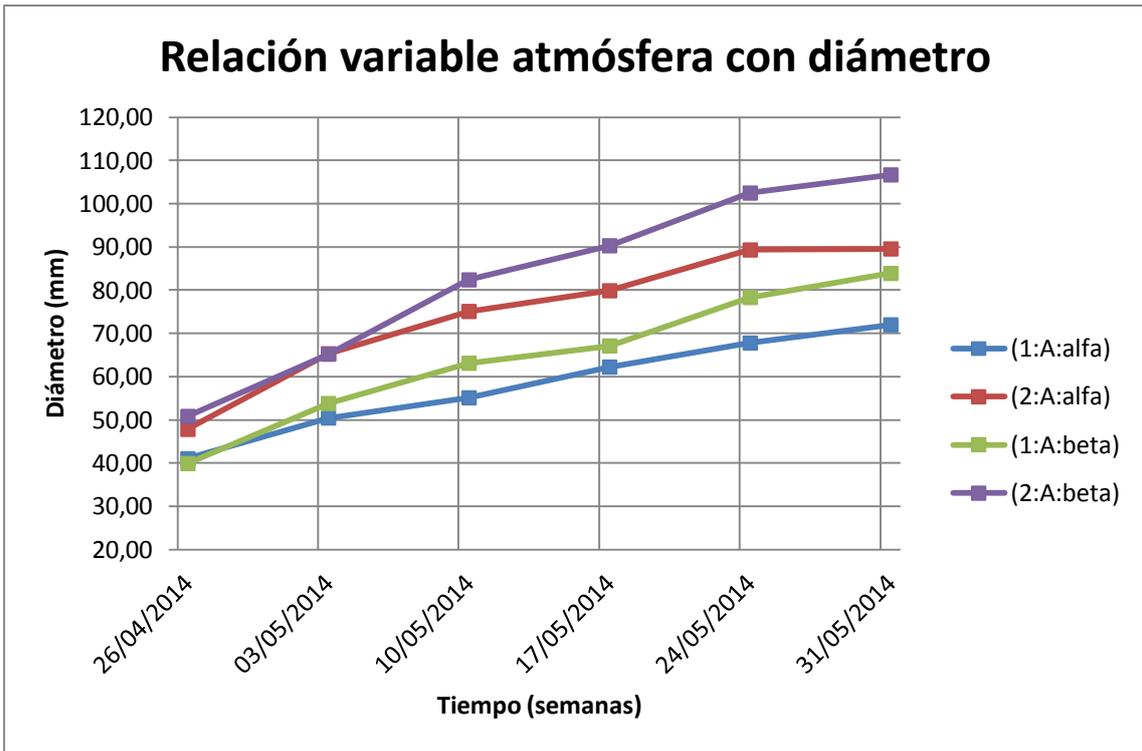
Gráfica 1. Relación variable atmósfera con altura (A).



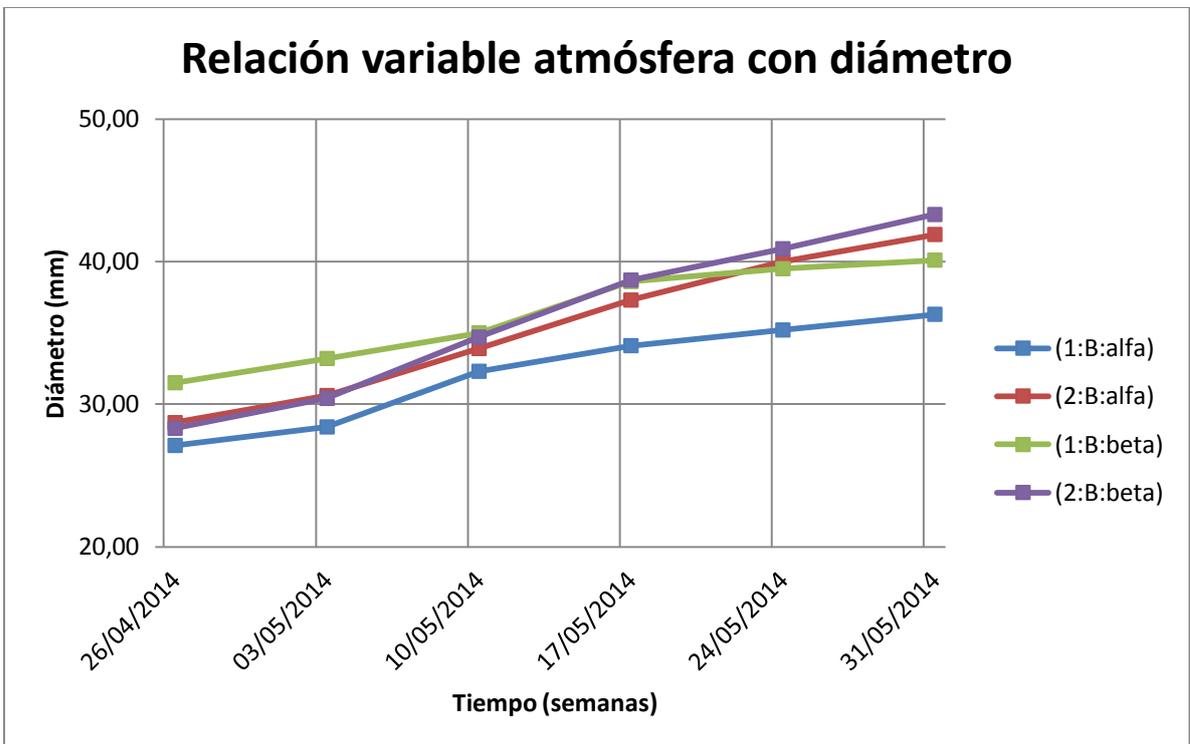
Gráfica 2. Relación variable atmósfera con altura (B).

4.3.2 Diferencias en diámetro

Del mismo modo, representamos el incremento del diámetro del tallo en función de la variable atmósfera en la gráfica 3 y 4:



Gráfica 3. Relación variable atmósfera con diámetro (A).



Gráfica 4. Relación variable atmósfera con diámetro (B).

4.3.3 Discusión de los resultados de la atmósfera

Mediante la diferencia de la medición 6 y la medición 1, obtenemos el desarrollo total de cada lote. Realizando la división del desarrollo total entre cada lote homólogo de dentro y fuera del invernadero, tal y como viene representado en las gráficas, obtenemos la relación de crecimiento en altura en función atmósfera.

De esta manera, en la siguiente tabla representamos de forma numérica el factor de crecimiento en altura dado por la variable atmósfera en cada lote:

Lote	(1:A:α)	(2:A:α)	(1:A:β)	(2:A:β)	(1:B:α)	(2:B:α)	(1:B:β)	(2:B:β)
Final - Inicial	11,73	20,97	14,04	28,31	5,2	7,17	5,98	6,95
Lote 2/Lote 1	1,79		2,02		1,38		1,16	

Tabla 2. Relación variable atmósfera con la altura.

Con estos cuatro valores, observamos que cuando el resto de variables funcionan como fuertes condicionantes en el desarrollo de la planta, como representa el sustrato (A), obtenemos un incremento comprendido aproximadamente entre 180% y 200%. Es decir, cada ejemplar de *Paulownia elongata x fortunei* duplica su altura gracias a la variable atmósfera con estas condiciones.

Mientras que los lotes cultivados con sustrato (B), el factor de crecimiento de la variable atmósfera afecta entre aproximadamente un 40% y un 20% en el desarrollo de nuestros ejemplares, claramente inferior que con el sustrato (A)

Finalmente, cabe decir que la variable riego no supone más del 20% del crecimiento en altura en función de la atmósfera.

Utilizando el mismo procedimiento que para la altura, calculamos el incremento del diámetro de nuestros ejemplares en función de la variable atmósfera:

Lote	(1:A:α)	(2:A:α)	(1:A:β)	(2:A:β)	(1:B:α)	(2:B:α)	(1:B:β)	(2:B:β)
Final - Inicial	31,00	41,76	44,00	55,90	9,20	13,20	8,60	15,00
Lote 2/Lote 1	1,35		1,27		1,43		1,74	

Tabla 3. Relación variable atmósfera con diámetro.

La Tabla 3 nos presenta unos resultados muy interesantes, ya que el mayor incremento del diámetro: del 40% y 70% aproximadamente, corresponde a los lotes que menos altura han desarrollado en la Tabla 2.

Por otro lado, los lotes con mayor altura obtenida en la Tabla 2 son aquellos que han desarrollado menos incremento del diámetro del tallo, siendo del 30% aproximadamente en ambos casos.

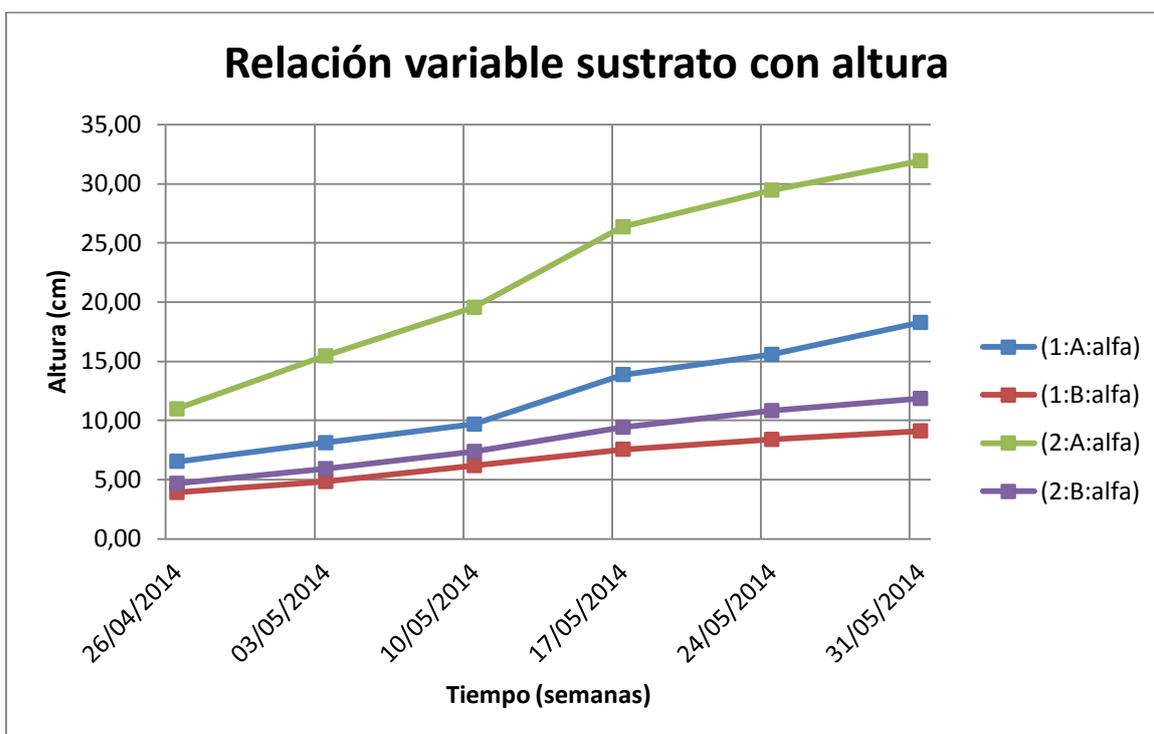
4.4 Resultados variable sustrato

En este apartado vamos a realizar un estudio de nuestros resultados de altura y diámetro en función de la segunda variable utilizada: el sustrato.

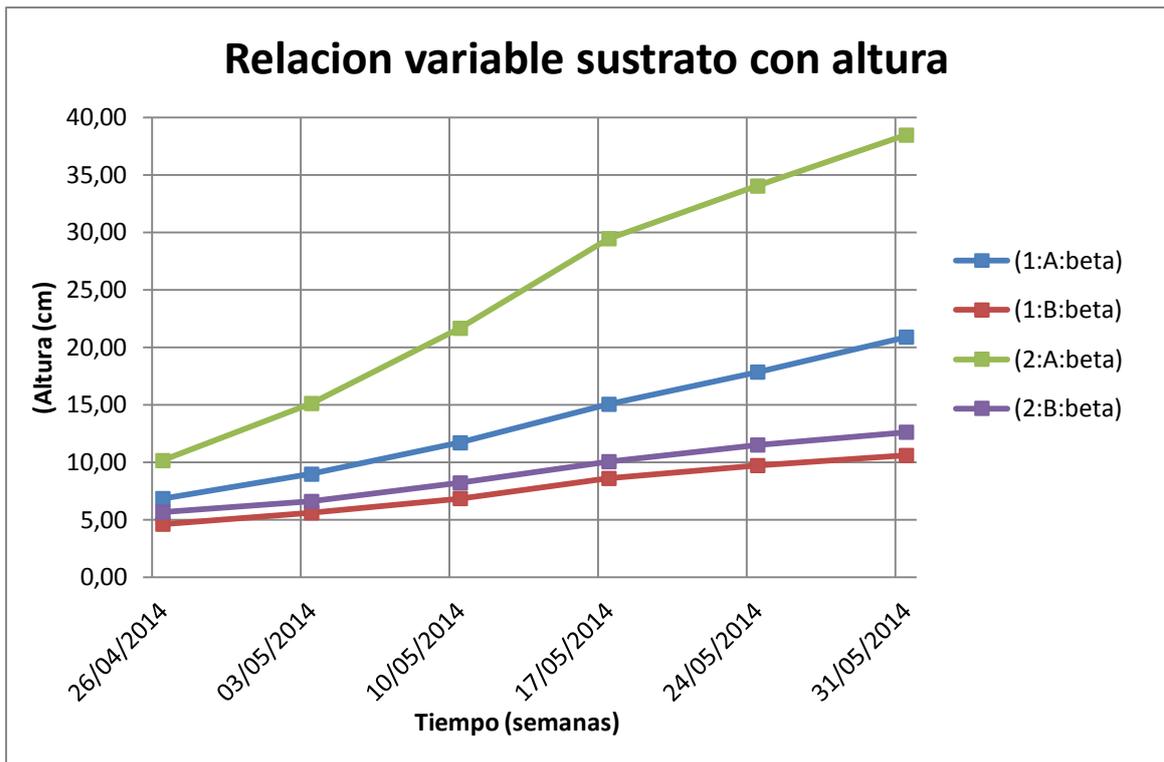
4.4.1 Diferencias de altura

En las gráficas 5 y 6, representamos los lotes cultivados en las mismas condiciones de atmósfera y riego pero con los estados sustrato (A) / sustrato (B) alternados, de esta forma podemos observar las diferencias de altura de los ocho cultivos en función de la variable sustrato:

La línea azul y la línea verde representan el sustrato (A) y la línea roja y morada el sustrato (B) tanto para alturas como diámetros, representados en las gráficas de la 5 a la 8, durante el transcurso de las seis semanas de mediciones.



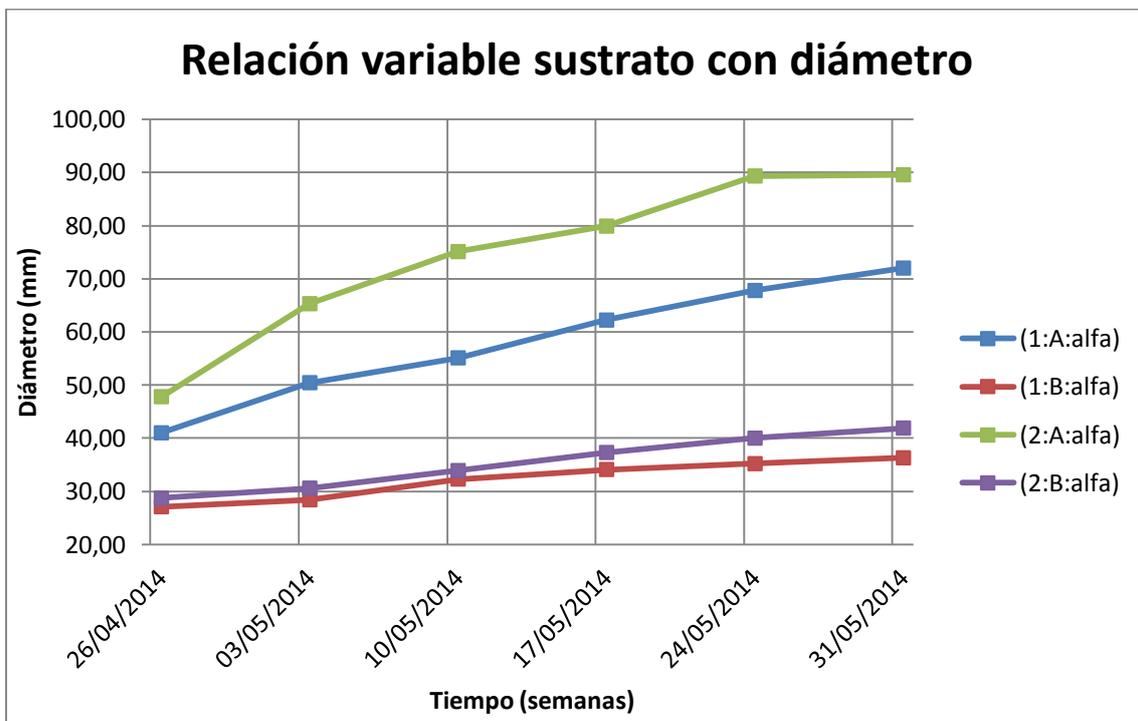
Gráfica 5. Relación variable sustrato con altura (alfa).



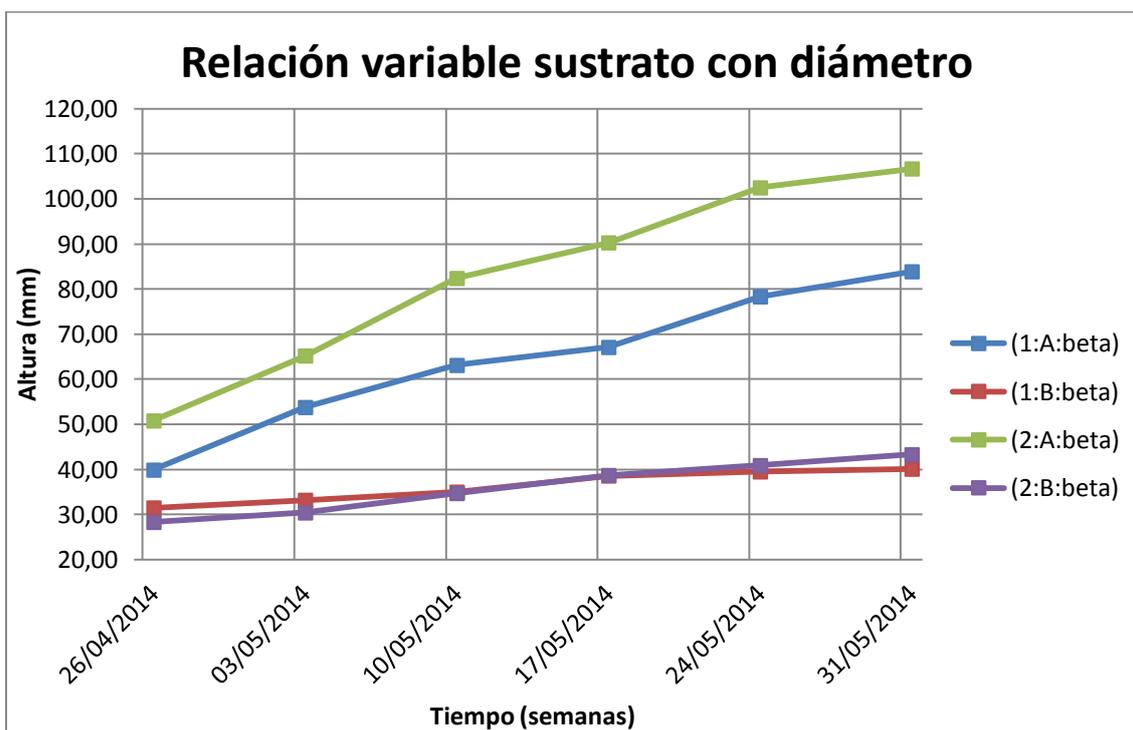
Gráfica 6. Relación variable sustrato con altura (beta).

4.4.2 Diferencias de diámetro

Del mismo modo, representamos el incremento del diámetro del tallo en función de la variable sustrato en la gráfica 7 y 8.



Gráfica 7. Relación variable sustrato con diámetro (Alfa)



Gráfica 8. Relación variable sustrato con diámetro (Beta).

4.4.3. Discusión de los resultados del sustrato

Utilizando la misma metodología que en el apartado 4.3.3 desarrollamos una tabla donde, mediante la división del desarrollo total de cada lote entre su lote homólogo, obtenemos la influencia del sustrato en el crecimiento de nuestras *Paulownias*:

Lote	(1:A:α)	(1:B:α)	(2:A:α)	(2:B:α)	(1:A:β)	(1:B:β)	(2:A:β)	(2:B:β)
Final – Inicial	11,73	5,2	20,97	7,17	14,04	5,98	28,31	6,95
Lote A/Lote B	2,26		2,92		2,35		4,07	

Tabla 4. Relación variable sustrato con altura

Con los cuatro valores obtenidos en la Tabla 4, observamos que el incremento de altura de la planta viene condicionado directamente por el tipo de sustrato utilizado, por los cuales, el desarrollo oscila entre un 230% y un 410% aproximadamente.

También extraemos que los sustratos funcionan mejor cuando las demás variables acompañan en el desarrollo de la planta. En este caso son: la variable atmósfera y variable riego. El incremento de los lotes cultivados fuera del invernadero (1) y riego pobre (α) es de 230% aproximadamente, mientras que con riego elevado (β), aumenta en casi un 10% la altura, siendo de 240% aproximadamente.

Mayor es el incremento en altura cuando los lotes se cultivan dentro del invernadero (2), donde se alcanzan valores de desarrollo de aproximadamente 290% con riego escaso (α) y 410% con riego abundante (β).

Si las condiciones son más propicias para el desarrollo de Paulownia, como es el cultivo dentro del invernadero (2), mayor será la diferencia de alturas entre el riego pobre (α) y el elevado (β), la cual es de prácticamente 100% (90% más que fuera del invernadero).

Utilizando el mismo procedimiento que para la altura, calculamos el incremento del diámetro de nuestros ejemplares en función de la variable sustrato:

Lote	(1:A: α)	(1:B: α)	(2:A: α)	(2:B: α)	(1:A: β)	(1:B: β)	(2:A: β)	(2:B: β)
Final – Inicial	31,00	9,20	41,76	13,20	44,00	8,60	55,90	15,00
Lote A/Lote B	3,37		3,16		5,12		3,73	

Tabla 5. Relación variable sustrato con diámetro.

Cabe resaltar que la variable sustrato es la más influyente en el desarrollo en diámetro de los tallos, ya que hemos obtenido los valores más altos de todas las series de datos, repercutiendo en hasta un 510% su incremento.

En la Tabla 5 podemos observar como a menor desarrollo en altura de la Tabla 4 (230% y 240%), mayor incremento de diámetro obtenemos: aproximadamente entre el 340% y 510% respectivamente.

Mientras que con un mayor desarrollo en altura (290% y 410%), menor es el incremento del diámetro: 320% y 380% aproximadamente en comparación con los demás valores.

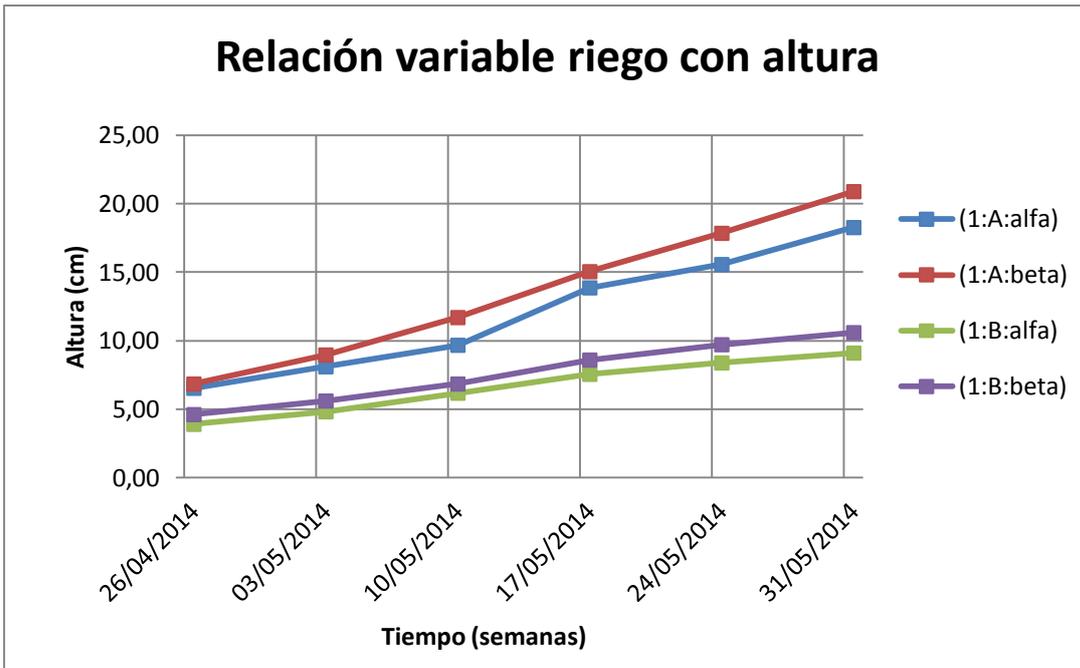
4.5 Resultados variable riego

En este apartado vamos a realizar un estudio de nuestros resultados de altura y diámetro en función de la segunda variable utilizada: el riego.

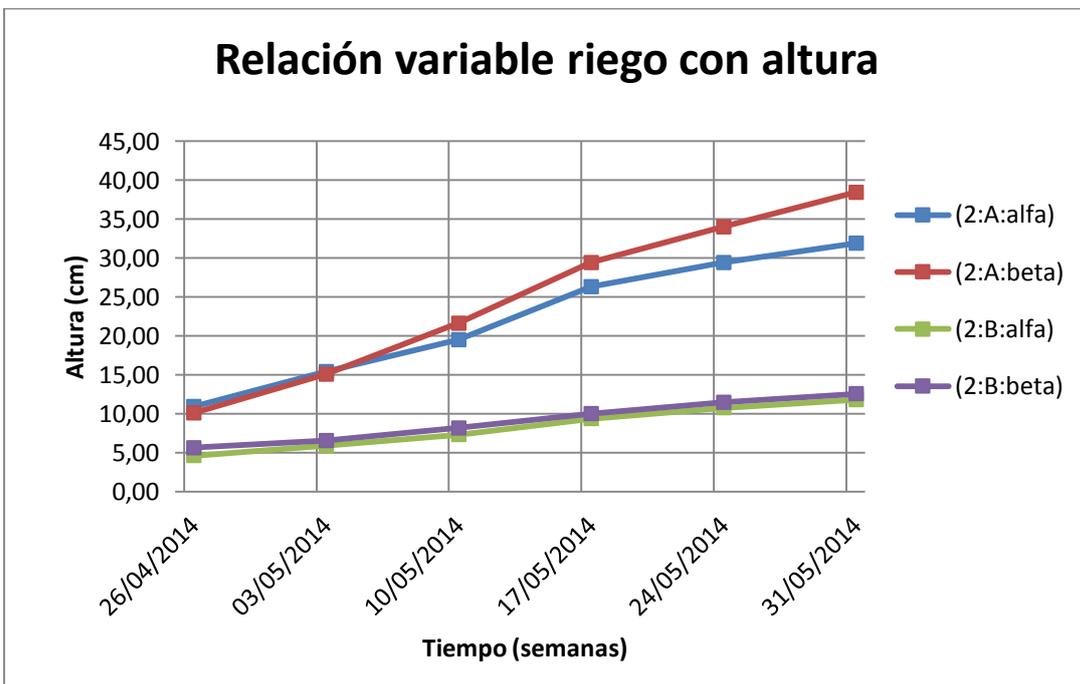
4.5.1 Diferencias en altura

En las gráficas 9 y 10, representamos los lotes cultivados en las mismas condiciones de atmósfera y sustrato pero con los estados riego (α) / riego (β) alternados, de esta forma podemos observar las diferencias de altura y diámetro de los ocho cultivos en función de la variable riego:

La línea azul y la línea verde representan el riego (α) y la línea roja y morada el riego (β) tanto para alturas como diámetros, representados en las gráficas de la 9 a la 12, durante el transcurso de las seis semanas de mediciones.



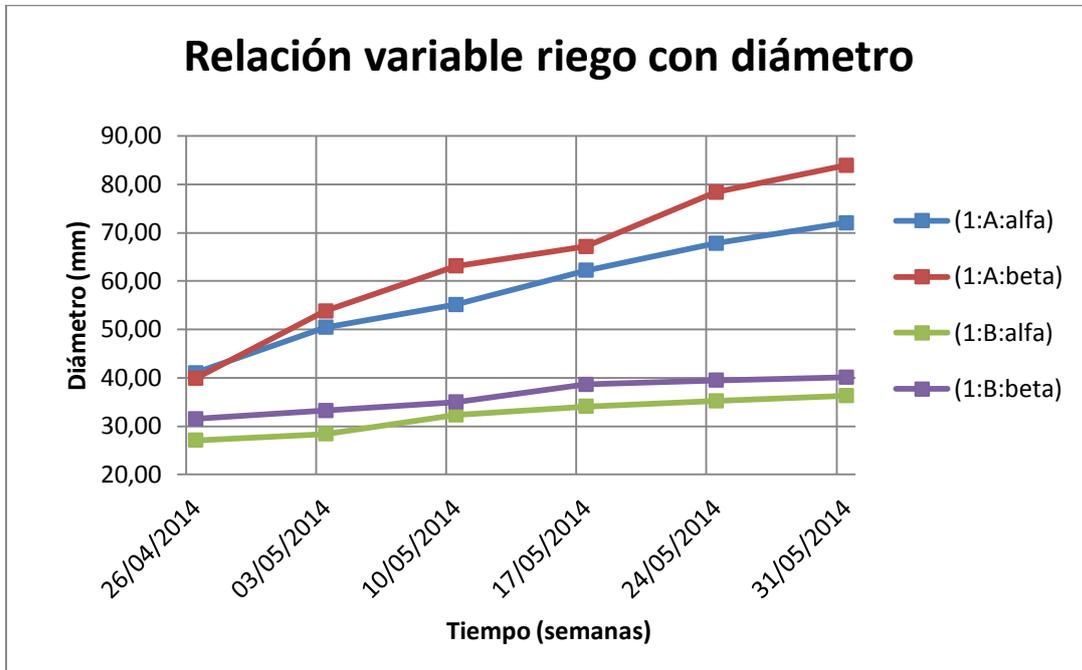
Gráfica 9. Relación variable riego con altura (1).



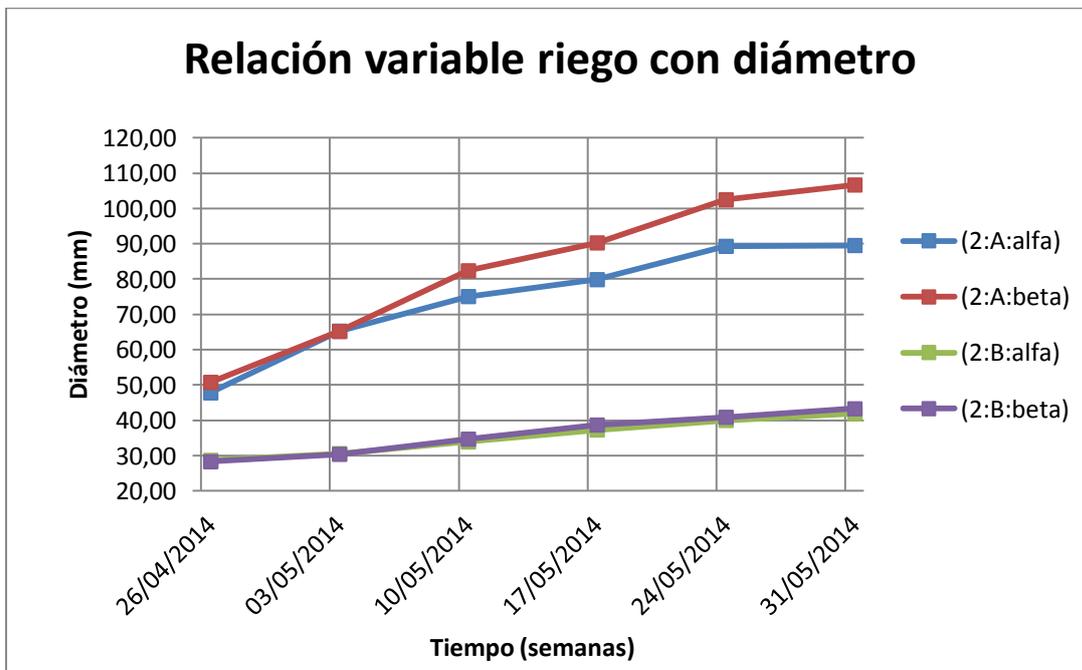
Gráfica 10. Relación variable riego con altura (2).

4.5.2 Diferencias en diámetro

Del mismo modo, representamos el incremento del diámetro del tallo en función de la variable riego en la gráfica 11 y 12.



Gráfica 11. Relación variable riego con diámetro (1).



Gráfica 12. Relación variable riego con diámetro (2).

4.5.3 Discusión de los resultados del riego

Utilizando la misma metodología que en los apartados 4.3.3 y 4.4.3 desarrollamos una tabla donde, mediante la división del desarrollo total de cada lote entre su lote homólogo, obtenemos la influencia del riego en el crecimiento de nuestras plantas:

Lote	(1:A:α)	(1:A:β)	(1:B:α)	(1:B:β)	(2:A:α)	(2:A:β)	(2:B:α)	(2:B:β)
Final - Inicial	11,73	14,04	5,2	5,98	20,97	28,31	7,17	6,95
Lote β/Lote α	1,20		1,15		1,35		0,97	

Tabla 6. Relación variable riego con la altura.

Para los lotes cultivados fuera del invernadero (1), el incremento en altura en función del riego, es de aproximadamente 20% con el sustrato (A) y sustrato (B), con una diferencia del 5% entre ellos.

Mientras que para los lotes cultivados dentro del invernadero (2), obtenemos valores muy desiguales. Por una parte, el incremento en altura en función del riego para el sustrato (A) es del 35% y del sustrato (B) -3%, es decir, que afecta negativamente.

Lo mismo ocurre al comparar la variable atmósfera, resultando para el sustrato (A) un desarrollo del 20% y del 40% en altura, y para el sustrato (B) un desarrollo mucho inferior: del 15% y el -3 % aproximadamente.

Utilizando el mismo procedimiento que para la altura, calculamos el incremento del diámetro de nuestros lotes en función de la variable riego.

Lote	(1:A:α)	(1:A:β)	(1:B:α)	(1:B:β)	(2:A:α)	(2:A:β)	(2:B:α)	(2:B:β)
Final - Inicial	31	44	9,2	8,6	41,76	55,9	13,2	15
Lote β/Lote α	1,42		0,93		1,34		1,14	

Tabla 7. Relación variable riego con el diámetro.

Si comparamos los riegos para obtener el incremento del diámetro, podemos observar que ocurre lo mismo que en la Tabla 6. Donde el incremento del diámetro con el sustrato (A) viene comprendido entre el 40% y el 30% aproximadamente, y para el sustrato (B) entre aproximadamente un -7% y un 15%.

Ahora, si comparamos la variable atmósfera, observamos como la relación para las plantas que han incrementado menos su altura (20% para el sustrato (A)) obtiene un desarrollo en diámetro del 40% con el mismo sustrato.

Y viceversa: a mayor altura obtenida (40% con el sustrato (A)), menor incremento de diámetro: 30% con el mismo sustrato.

Lo mismo ocurre con el sustrato (B), donde tenemos una relación de crecimiento en altura con el crecimiento de diámetro de 15% / -7% y viceversa: -3% / 15%.

V Capítulo: Conclusiones

En este capítulo vamos a mostrar y analizar la tendencia de crecimiento en altura y diámetro de los ocho lotes con los que hemos trabajado en función de las tres variables utilizadas. Así identificaremos la variable más influyente en el desarrollo de *Paulownia elongata x fortunei* y el estado de cada variable que funciona mejor. Así observaremos qué conjunto de estados de variable propician un mayor desarrollo, y como consecuencia, qué lote ha conseguido un óptimo crecimiento.

5.1 Conclusiones variable atmosfera

En la gráfica 13 vienen descritas las líneas de tendencia de desarrollo en altura primero y en diámetro a continuación de los ocho lotes.

Utilizamos cuatro colores para nuestras ocho líneas de tendencia. Cada color describe los lotes cultivados bajo las mismas condiciones (lotes homólogos), alterando el estado (1) y el estado (2).

La línea continua representa el cultivo fuera del invernadero: estado (1). Y la línea discontinua el cultivo dentro del invernadero: estado (2).

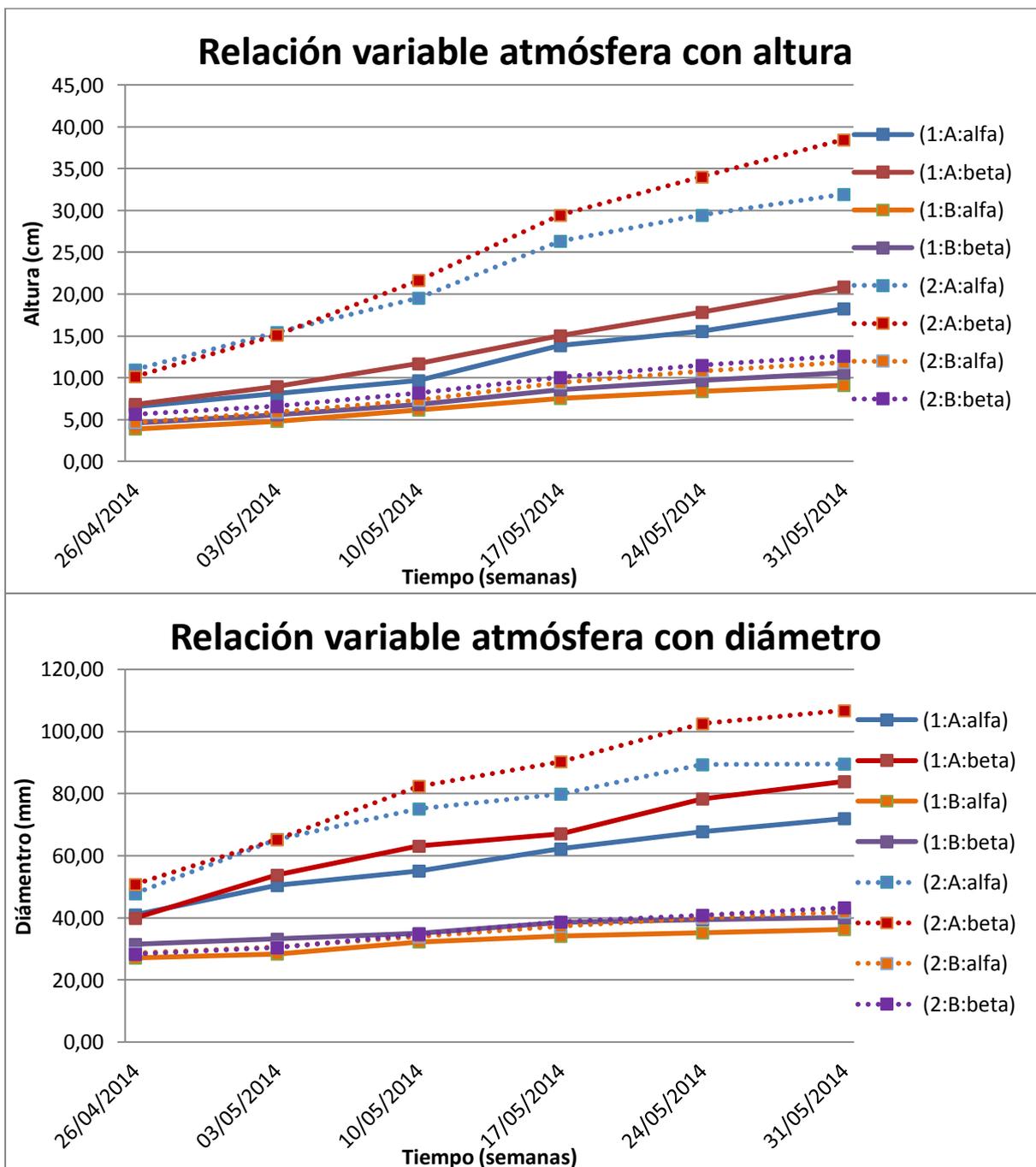
De esta manera, observamos que la línea discontinua (estado (2)) siempre obtiene mejores rendimientos que la línea continua del mismo color (estado (1)). Tanto en altura como en diámetro.

Los rendimientos más favorables superan entre el 180% y 200% a sus lotes homólogos, mientras que los menos favorables superan el crecimiento con sus homólogos entre el 20% y el 40% para la altura.

Para el diámetro, los crecimientos con menos diferencias superan en un 30% a los lotes cultivados fuera del invernadero (1) con las mismas condiciones, mientras que las mayores diferencias de crecimiento superan entre un 40% y un 70% a sus lotes homólogos.

Por esto concluimos que la *Paulownia elongata x fortunei* presenta un mayor impacto de crecimiento cuando los ejemplares son cultivados dentro del invernadero, es decir, cuando se mantienen unas condiciones climáticas más elevadas de temperatura y humedad respecto al exterior.

Siendo la atmósfera, la segunda variable que más impacto representa en el desarrollo de la *Paulownia elongata x fortunei*.



Gráfica 13. Comparación de estados de la variable atmósfera con altura y diámetro de los ocho lotes.

5.2 Conclusiones variable sustrato

En la gráfica 14 vienen descritas las líneas de tendencia de desarrollo en altura primero y en diámetro a continuación de los ocho lotes.

Utilizamos cuatro colores para nuestras ocho líneas de tendencia. Cada color describe los lotes cultivados bajo las mismas condiciones (lotes homólogos), alterando el estado (A) y el estado (B).

La línea continua representa el cultivo con sustrato (A): pH de 6,77 y conductividad eléctrica de 0,368 dS/m. Y la línea discontinua el cultivo con sustrato (B): pH de 4,78 y conductividad eléctrica de 3,52 dS/m.

De esta forma, tanto en alturas como en diámetros, podemos observar cómo la línea continua, que representa el sustrato (A), obtiene líneas de tendencia muy superiores que el sustrato (B), representado por la línea discontinua.

Para la altura, el sustrato (A) representa desarrollos comprendidos entre el 230% y el 410% más que los lotes cultivados en las mismas condiciones con el sustrato (B). Mientras que para el diámetro, la diferencia entre los lotes con sustrato (A) supera entre el 320% y el 510% a sus lotes homólogos cultivados con sustrato (B).

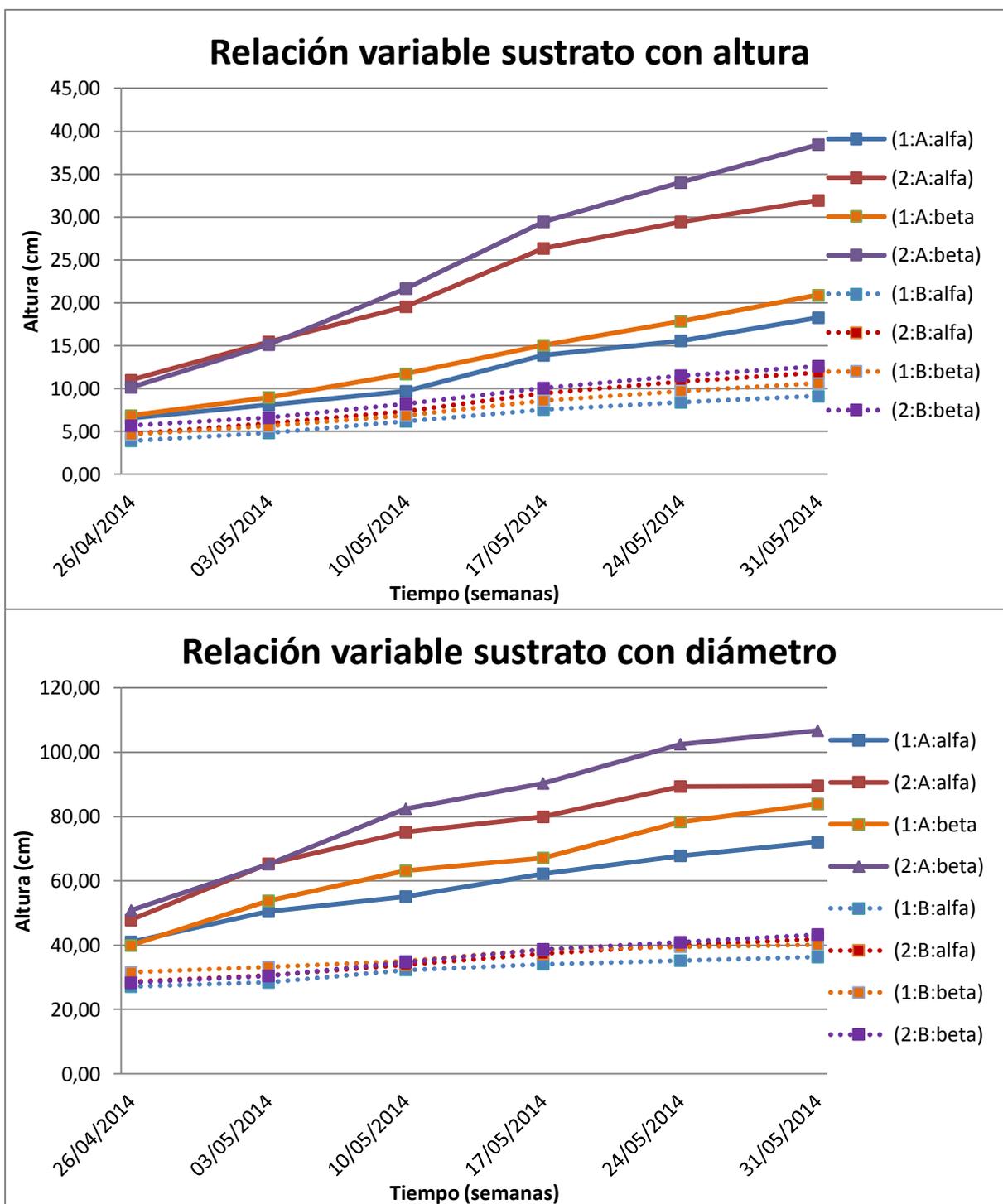
La causa de esta gran diferencia entre ambos desarrollos la encontramos en la Tabla 8 referente al efecto del contenido en sales sobre los cultivos de la asignatura “Medi Abiòtic”.

C.E 25°C (dS/m)	Efectos del contenido en sales
0 - 2	Despreciable
2 - 4	Limitación en rendimientos de cultivos muy sensibles
4 - 8	Limitación en el rendimiento de muchos cultivos
8 - 16	Sólo cultivos tolerantes tienen rendimientos satisfactorios
> 16	Muy pocos cultivos tienen rendimientos satisfactorios

Tabla 8. Efectos sobre los cultivos del contenido en sales solubles del suelo.

El sustrato (A) que ha obtenido una C.E. de 0,368 el efecto del contenido en sales solubles es nulo, mientras que el sustrato (B) ha obtenido una C.E. de 3,52, es decir, que presentará limitación de rendimientos de cultivos muy sensibles. Por lo tanto, afirmamos que *Paulownia elongata x fortunei* es un híbrido muy sensible al contenido en sales solubles del suelo. Al igual que con el pH, *Paulownia elongata x fortunei* se desarrolla mucho mejor en suelos con pHs neutros (pH sustrato A=6,77), y no en suelos ácidos (pH sustrato B=4,78).

De esta información podemos extraer que el tipo de suelo donde tenga que crecer nuestro cultivo de Paulownia será el factor con más impacto sobre el desarrollo de ésta, y por lo tanto, donde más atención, controles y esfuerzos deberemos prestar.



Gráfica 14. Comparación de estados de la variable sustrato con altura y diámetro de los ocho lotes.

5.3 Conclusiones variable riego

En la gráfica 15 vienen descritas las líneas de tendencia de desarrollo en altura primero y en diámetro a continuación de los ocho lotes.

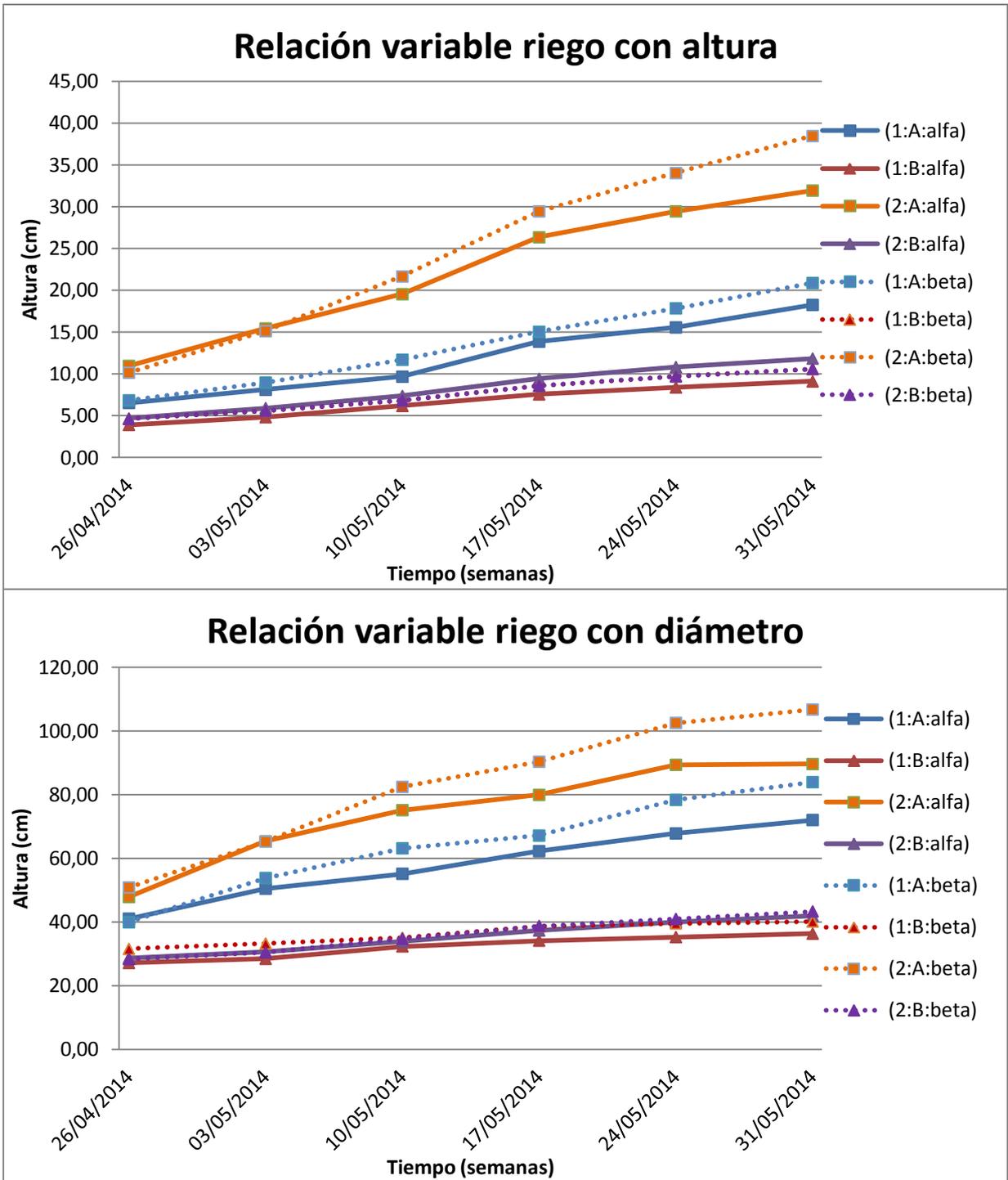
Utilizamos cuatro colores para nuestras ocho líneas de tendencia. Cada color describe los lotes cultivados bajo las mismas condiciones (lotes homólogos), alterando el estado (α) y el estado (β).

La línea continua representa el cultivo con riego escaso: estado (α). Y la línea discontinua el cultivo con riego elevado: estado (β).

Observando la relación entre un riego pobre de 2 litros a la semana (α) y un riego elevado de 9 litros a la semana (β). Por lo tanto, un riego elevado siempre representará un mayor desarrollo de la *Paulownia elongata x fortunei*. En concreto, este incremento no supone más del 35% para la altura y del 40% para el diámetro.

De esta forma, podemos afirmar que la variable riego es la menos influyente en el desarrollo de *Paulownia elongata x fortunei*.

También podemos corroborar que este híbrido de Paulownia es uno de los más resistentes a la sequía, como Zhu Zhao-Hua demostró en 1986 con la publicación de su libro "*Paulownia in China: cultivation and utilization*" y que hacemos referencia en el apartado 2.6 "Requerimiento de cultivo, agua" de este proyecto.



Gráfica 15. Comparación de estados de la variable riego con altura y diámetro de los ocho lotes.

5.4 Conclusión final

De los anteriores tres apartados podemos extraer que, el mejor conjunto de variables para el desarrollo de *Paulownia elongata x fortunei* durante los primeros estadios de vida són: De la variable atmósfera, estado (2); cultivo dentro del invernadero. De la variable sustrato, el estado (A): de pH neutro y muy bajo contenido en sales. Y de la variable riego, el estado (β): Riego de nueve litros semanales repartidos en tres veces por semana.

Por lo tanto, el lote que mayor crecimiento a experimentado en los 71 días de investigación ha sido el lote (2:A: β), como demostramos en todas las gráficas y tablas incluidas en los capítulos IV y V de este proyecto.

Bibliografía

CARMONA GONZÁLEZ P. y RUIZ PÉREZ J.M (2007) “Contexto geográfico e histórico de los regadíos de la huerta valenciana” en Hermsilla Pla, J. *El patrimonio hidráulico del Bajo Turia: L’Horta de València*. Valencia. Disponible en: <http://www.chj.es/es-es/ciudadano/libros/Paginas/Indice.aspx?Libro=El%20patrimonio%20hidr%C3%A1ulico%20del%20Bajo%20Turia>

COLL M. “Cultivo y crecimiento de la Paulownia” <http://www.paulownia.ws/>

GUTIERREZ LIÑAN J.L. y OCAÑA DELGADO R. (2009) *Manual para el cultivo de Paulownia Elongata*. Toluca, México. Cuadernos de Investigación. Cuarta época/58. 1ª edición.

La gestión forestal: El cultivo de Paulonia (Paulownia elongata x fortunei) para la obtención de madera y biomasa en Castilla-La Mancha: Primeros resultados. (2011), núms. 47- 48, 2 Febrero 2011. Castilla la Mancha.

MARTINEZ GARCÍA, E. y LUCAS BORJA, M.E. et al. (2009). *Adaptación de las especies del genero Paulownia para su uso como cultivos forestales en el ámbito mediterráneo*. Ávila, 5º Congreso Forestal Español. 21 - 25 septiembre de 2009.

Organización Meteorológica Mundial – WMO.
http://www.wmo.int/pages/index_es.html

Pablo. “Asia”. El Centro de Tesis, Documentos, Publicaciones y Recursos Educativos más amplio de la Red. <http://www.monografias.com/>

ROJAS GUTIERREZ A.M. “Paulownia: Valioso Género que conquista el mercado”. *Revista M&M*. Edición número 59, pp. 9 – 15.

Sistema de Información Agroclimática para el Regadío – SiAR.
<http://eportal.magrama.gob.es/websiar/SeleccionParametrosMap.aspx?dst=1>

TRIGO M. “Paulownia, el árbol de mayor rentabilidad” <http://paulownias.es/>

WAYNE K. y DONAL, G. (2004). *Tree Croops for Marginal Farmland, Paulownia*. Practical guide from the University of Tennessee, E.E.U.U.

ZHAO-HUA, Z., YAO GUO, X. y XIN-YU, L. (1986) *Paulownia in China: cultivation y utilization*. The Chinese Academy of Forestry Beijing, China.