

# Evaluación del comportamiento y adaptación del árbol de *Paulownia Elongata* en condiciones semiáridas en Zumpango, Estado de México

José Luis Gutiérrez Liñán\*

Ranulfo Reyes Gama\*

Miguel Ángel Villalobos Delgado\*

## Introducción

El árbol de *Paulownia elongata* es un vegetal genéticamente modificado y a diferencia de otras plantas que intercambian la información hereditaria a través del polen transportado por el viento o insectos, estos árboles no modifican su entorno porque son clones estériles que sólo se reproducen en el laboratorio, por otro lado, su esterilidad evita que se afecten negativamente a las especies que con él conviven. Este árbol es muy resistente a la sequía, puede desarrollarse en diferentes zonas, sus requerimientos principales son suelos fértiles bien drenados ligeros no arcillosos. Sin embargo, tiene la capacidad de desarrollarse en suelos pobres o erosionados; pudiendo desarrollar un crecimiento vertical entre 1.8 y 2.5 cm. por día. Cabe señalar, que su madera es fácil de trabajar debido a que suele ser ligera, pues pesa tres veces menos en comparación con el tronco de árboles tradicionales<sup>1</sup>. Además, las hojas de *Paulownia* pueden utilizarse como forraje, ya que contienen un elevado porcentaje de proteína cruda y un elevado porcentaje de digestibilidad. Por otra parte, por el gran tamaño que presentan sus hojas, este tipo de árbol es benéfico para la producción de hortalizas, ya que contribuyen a incrementare un 30% en cosechas de vegetales y un 15% las de granos.<sup>2</sup> En recientes estudios, se ha demostrado que el rendimiento de *Paulownia elongata* comparado con otras especies,

tales como el pino (*Pinus spp.*), encino (*Quercus spp.*) o eucalipto (*Eucalytus globulus*), estas ultimas, requieren plazos entre 15 y 20 años antes de poder ser utilizadas; siendo que para *Paulownia* el periodo mínimo para poder ser utilizada es de 5 años<sup>3</sup>. En México la industria maderera demanda más de 25 millones de metros cúbicos de madera para muebles y construcción; sin embargo, los tres mil productores que agrupa este sector, apenas surten ocho millones de metros cúbicos de madera, incluyendo el millón de metros cúbicos que exporta. Tal producción nacional no ha sido suficiente para cubrir ese nivel de consumo, se ha tenido que importar gran parte de este material de países asiáticos, africanos e incluso americanos.<sup>4</sup> En base a lo antes mencionado, México podría satisfacer la demanda de madera que existe en el país, y a su vez obtener beneficios adicionales con el forraje que se obtiene de las hojas. Por lo anteriormente expuesto, se plantearon como objetivos específicos realizar un análisis químico bromatológico de las hojas para conocer la cantidad de nutrientes que estas aportan a los animales, y posteriormente hacer un análisis comparativo con otros forrajes de la región.

## Materiales y métodos

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en los terrenos de la Unidad Académica Profesional de Zumpango de la Universidad Autónoma del Estado de México, que se encuentra ubicada en el municipio de Zumpango, teniendo una ubicación geográfica de 19° 40' 50" latitud norte y a 99° 06' 00" longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una

\* Integrantes del Cuerpo Académico Agronomía del Centro Universitario UAEM Zumpango de la Universidad Autónoma del Estado México.

<sup>1</sup> Franco, P. *Negocio forestal, a la sombra del árbol chino*, México, Terra América, 2002.

<sup>2</sup> CPII., *Paulownia Elongata*. Folleto- Informativo, Tepotzotlán, México, 2001.

<sup>3</sup> Navarro, M.S. "Propiedades tecnológicas de las maderas mexicanas de importancia en la construcción", *Revista Chapingo*, Serie Ciencias Forestales, México; 4(1):221-229. 1998.

<sup>4</sup> Cualli, L. *Paulownia Elongata* un vegetal genéticamente modificado, atractivo para la industria maderera y la construcción. Oportunidades, México; Dic, 23,2002:3.

altitud de 2,250 msnm, un clima templado de tipo BSCC, wk' semiseco. La región tiene una constitución litológica que se refiere a la composición de la roca madre resaltando diferentes tipos de suelo. Aproximadamente, el 85% es feozem, rico en materia orgánica y nutrientes; es una tierra parda de gran fertilidad para la agricultura de riego y de temporal. En el norte, en menor proporción se tiene cambisol, suelo joven poco desarrollado que es altamente susceptible a la erosión que es donde esta establecido el proyecto. La investigación se inicio desde marzo del 2005 y termino en septiembre del presente año, las variables que se midieron fueron las siguientes: altura de la planta, número de hojas, área foliar y diámetro de tallo, y de acuerdo a la metodología utilizada no se utilizó un diseño específico, se utilizó la estadística inferencial a partir de intervalos de confianza. El cual este modelo nos permite conocer el rango promedio en el que se encuentra el parámetro poblacional y así obtener una precisión y exactitud en los valores que permitirán conocer el sesgo que se define a partir de una población con una distribución normal.<sup>5</sup> Por otro lado debido a las condiciones que presenta el suelo se hizo un análisis químico del suelo, con el fin de conocer las condiciones actuales en donde se encuentran los árboles, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 1. También se hizo un análisis bromatológico de las hojas de *Paulownia* para, posteriormente realizar un análisis comparativo con los forrajes más comunes de la región de Zumpango, como se muestra en el Cuadro 3.

## Resultados

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos de las variables evaluadas en los árboles de *Paulownia elongata*.

**Cuadro 1.** Análisis de los resultados por intervalo de confianza al 95%

Variable	Limite inferior	Limite superior	Media
Altura de la planta	1.307m	1.312 m	1.309 m
Numero de hojas	22	24	23
Área foliar	316 cm <sup>2</sup>	327 cm <sup>2</sup>	321.5 cm <sup>2</sup>
Diámetro de tallo	2.023 cm.	2.111cm	2.067cm

**Fuente:** Elaboración propia

## Discusión

El crecimiento del árbol oscila entre 1.307 m. a 1.312 m. con una media de 1.309 m., lo que manifiesta un crecimiento lento, al comparar los datos obtenidos por CPII (2001), sin embargo el crecimiento del árbol esta determinado por las condiciones climáticas de la región, la riqueza o pobreza de los suelos y también es determinante la altura sobre el nivel del mar (Agrícola Estrella).

La Figura1 muestra el desarrollo del árbol de *Paulownia elongata* en su primer año y la relación de altura con el nivel del mar, en la Figura 2 se muestra la altura que ha logrado la plantación a 2, 350 metros sobre el nivel del mar lo que explica, que el árbol no ha desarrollado lo esperado, ya que al tener mayor altura el comportamiento de la planta es lento, con esto se entiende el por que del comportamiento de la planta y el crecimiento que ha manifestado, para ello la altura de esta región suele ser importante en la adaptación del árbol sin embargo, los resultados obtenidos con esta variable son positivos ya que ha manifestado plena adaptabilidad a las condiciones climáticas del lugar y sobre todo a la altura sobre el nivel del mar. Cabe señalar que también existen factores que son importantes para el crecimiento de los árboles como la fertilidad del suelo. Pritchett menciona que los efectos directos visibles del suelo sobre el crecimiento de los árboles pueden ser de hecho efectos indirectos sobre las condiciones del suelo tales como la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes.<sup>6</sup> Para CPII

<sup>5</sup> Millar I. y Freud. E.J. *Probabilidad y Estadística para ingenieros*, México, Hispanoamericana, 1985, 574pp.

<sup>6</sup> Pritchett, W.L. *Suelos forestales conservación y mejoramiento*, Barcelona, Limusa, 1991, 634p.

(2001) *Paulownia elongata* tolera muy bien suelos pobres y degradados con pH de 6-7; para ello el lugar donde se encuentra la plantación cuenta con las características antes mencionadas pero con un pH de 8.5, lo cual no es conveniente para la absorción de nutrientes por la condición de salinidad. Aguilera (1989) coincide con Pritchett (1991) pero argumenta que es importante hacer un perfil de suelo ya que las características del suelo ejercen gran influencia sobre la ecología vegetal, edáfica animal y en el hombre. Para ello en la Cuadro 2. se muestra los resultados del análisis químico de suelo de la Unidad Académica Profesional de Zumpango donde se observa una pobre cantidad de minerales, donde se explica que las cantidades de nutrientes disponibles para la planta son de vital importancia en el desarrollo y producción de los mismos, y en este caso se ve reflejado en el crecimiento de los árboles, sin embargo los resultados son positivos a pesar de la falta de nutrientes en el suelo. [www.agrodesierto.com/paulownia.html](http://www.agrodesierto.com/paulownia.html) (2005), destaca que *Paulownia elongata* no tolera suelos salinos y como se puede observar en el Cuadro 2. el pH es demasiado alto, con ello se puede explicar que la absorción de nutrientes no se lleva a cabo de manera eficiente y con ello el bajo crecimiento de los árboles comparado con los parámetros que Agrícola Estrella muestra en la Figura 1. Para ello, Rennes<sup>7</sup> menciona, que un terreno agrícola difícil no se convierte automáticamente en una buena tierra forestal y la repoblación no aporta siempre los resultados esperados, esto se ve muy reflejado en la presente investigación. Fernández,<sup>8</sup> *et al.*, menciona que el crecimiento inicial de *Paulownia* en suelos salinos, degradados y de mediana a baja fertilidad, el fuste no se alcanza con el crecimiento del primer año, razón por la cual, luego de transcurrido este periodo se recurre hacer podas a ras de suelo y al manejo del rebrote seleccionado. Por otra

parte Pérez,<sup>9</sup> señala que en los primeros años el árbol de *Paulownia* detiene su crecimiento sobre todo donde existen niveles bajos de fertilidad del suelo, para ello es importante hacer una poda en el estado de latencia del árbol para estimular el crecimiento al iniciar su actividad normal. En este caso a la plantación, no se le dio ninguna y quizás esto pudo ser una limitante que impidiera el crecimiento normal de la planta. Además que existen efectos de las podas con la intención de mejorar la calidad de la madera del fuste mediante, la reducción de la nudosidad y sobre todo, el número y longitud de nudos muertos y sueltos.<sup>10</sup> Esto es muy importante para la mayoría de las especies forestales y para el caso de *Paulownia* solo se ha cuidado que el tronco sea lo más derecho posible y se ha logrado a través de una poda a ras de suelo pero solo en casos muy especiales que se ha necesitado realizar. En cuanto a la variable diámetro de tallo, se encontró que el intervalo va de 2.023 cm a 2.111 cm. En este caso la media para el diámetro fue de 2.067 cm. Con lo que podemos observar que el crecimiento del árbol fue poco, comparado con los resultados obtenidos por Agrícola Estrella donde reporta que el diámetro al segundo año es de 10 cm. En lo referente a la variable número de hojas se encontró un promedio que va de 23 a 24 hojas, con un peso promedio de 2 a 3 kg en fresco, teniendo un área foliar de 316 a 327 cm<sup>2</sup>. Se puede considerar que estuvo bajo de acuerdo a lo reportado por CPII (2001) donde menciona que una plantación de una hectárea con 432 árboles con una edad de 8 a 10 años produce 2 635 kg de producto seco. El número de hojas obtenidas que es relativamente bajo en este trabajo y se debe principalmente a la escasez hídrica presentada en el ciclo agrícola PV-2005 como también a la falta de nutrientes en el suelo, ya que las hojas manifestaron cierto grado de marchitamiento y por ende se produjo una clorosis, la cual disminuye la concentración de pigmentos fotosintéticos, clorofilas, carotenos y

<sup>7</sup> Rennes, L. P. Ennes, L.P. 1998, *Repoblación forestal de tierras agrícolas*, Madrid, Mundi prensa, 1998, pp. 12-15.

<sup>8</sup> Fernández R., Lupi, A., Pahr, N., 1998, "Efecto de la aplicación de Nitrógeno, Fósforo y Potasio sobre la productividad del Kiri (*Pulownia spp.*). Resultados a los 36 meses de edad", *Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo* Carlos Paz, 1998, pp. 4.

<sup>9</sup> Pérez, R. "Efectos de la poda en los árboles de *Paulownia Elongata*", Comunicación personal, 2005.

<sup>10</sup> Montoya, J.M. *La poda de los árboles Forestales*, Madrid, Mundi Prensa, 1988, 70 p.

xantofilas, que afectan la formación fotosintatos y con ello el rendimiento de los cultivos. Cabe señalar que si no hubiese existido la falta de agua como se presentó en ciclo agrícola, ya antes mencionado, la planta hubiese mostrado un mejor desarrollo aun con la poca presencia de nutrientes que presenta el suelo. El contenido nutricional de las hojas de *Paulownia* comparado con otros forrajes de la región como la alfalfa, rastrojo de maíz y avena henificada, muestra porcentajes más altos de proteína cruda y digestibilidad. Con ello se considera una buena alternativa para obtener alimento de calidad, ya que, cuenta con un contenido de proteína y digestibilidad altos. Para ello fue importante realizar un análisis químico bromatológico de las hojas para saber y valorar el poder nutritivo como se muestra en la Cuadro 5. Para (Gutiérrez la digestibilidad de los forrajes proporciona la mejor evaluación práctica de la calidad de los forrajes, porque indica la proporción que realmente es utilizada por el organismo y aunque no es un estimador muy preciso, si lo constituye una guía útil y confiable de valor nutritivo. Otro autor,<sup>11</sup> menciona que desde el punto de vista fisicoquímico la digestibilidad es una función de la disponibilidad conjunta total de nutrientes y esta disponibilidad, es a su vez limitada por la cantidad de material no disponible y por la competencia entre las tasas de digestión y pasaje, lo cual ocasiona que el material potencialmente digestible permanezca sin digerirse. Las hojas de *Paulownia elongata* contienen un 20.83% de proteína cruda y un 66.12% de digestibilidad donde se puede explicar que es una alternativa para alimentar a pequeños rumiantes con un forraje de elevada calidad. El Cuadro 4. muestra el análisis bromatológico de los forrajes que predominan en la región, donde las hojas de *Paulownia* presentaron valores más altos en relación al porcentaje de proteína cruda y porcentaje de digestibilidad; como se puede visualizar en el Cuadro 4 con números en negrita y a la vez se puede explicar que las hojas de *Paulownia* pueden ser un forraje de

<sup>11</sup> Soest, V.P.J., 1994, *Nutritional ecology of the ruminantes*, New York, Cornell University Press, pp 37-40.

primera calidad. Para Sánchez<sup>12</sup>, contar con forrajes de calidad es necesario para usar un programa nutricional que llene los requerimientos de los animales. Rosales<sup>13</sup> menciona que desde el punto de vista fisiológico la ventaja de emplear árboles forrajeros no consiste tanto en la calidad óptima del alimento, si no más bien en la combinación de forrajes arbóreos con otros elementos, lo cual permite incrementar considerablemente la ingestión de alimentos por parte del ganado. Para Ciesta<sup>14</sup>, destaca el problema de cambio climático de el como afectará a la sociedad humana en unos años más adelante, por ello la importancia de la utilización de reforestar con especies que ayuden a disminuir los gases del efecto invernadero, y a la vez obtener ingresos adicionales como el forraje y la madera; y al mismo tiempo mejorar el medio ambiente por la capacidad que se da en los bosques para absorber bióxido de carbono y almacenar carbono en el tejido leñosos, ya que ofrece posibilidades para ayudar a mitigar los futuros efectos de cambio climático y con ello mejorar el medio ambiente.

**Cuadro 2.** Análisis químico del suelo de la Unidad Académica Profesional de Zumpango.

Determinación	Especie química determinada	Método	Interpretación de resultados	Resultados (ppm)
N	NO <sub>3</sub>	Colorimétrico semicuantitativo	Trazas a bajo	0.35-50
P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Colorimétrico semicuantitativo	Medio alto	50-100
P	K <sub>2</sub> O	Turbidimétrico semicuantitativo	Trazas a bajo	Menos de 10
pH	-	Colorimétrico semicuantitativo	De 8 a 9	-

**Fuente:** Elaboración propia

<sup>12</sup> Sánchez, M., 1998, *Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica*. Conferencia Electrónica de la FAO. pp1-4.

<sup>13</sup> Rosales, M.M. *Mezclas de Forrajes: Uso de la diversidad en Sistemas agroforestales*. Conferencia Electrónica de la FAO. pp1-7, 1998.

<sup>14</sup> CIESTA, M.W., 1996, Una visión de conjunto. FAO, Roma Italia, 146p.

**Cuadro 3.** Análisis bromatológico de la hoja de *Paulownia elongata* en el segundo año de evaluación 2005.

%	Base húmeda	Base seca
Materia seca.	93.39	100
Humedad total	6.61	0
Proteína cruda	19.69	20.83
Extracto etéreo	3.29	3.52
Cenizas	7.71	8.25
Fibra detergente neutro	28.75	30.78
Extracto libre de nitrógeno	34.19	36.62
Total de nutrientes digestibles	60.29	66.12

Fuente: (Laboratorio de Bromatología de la FES Cuautitlán, 2005).

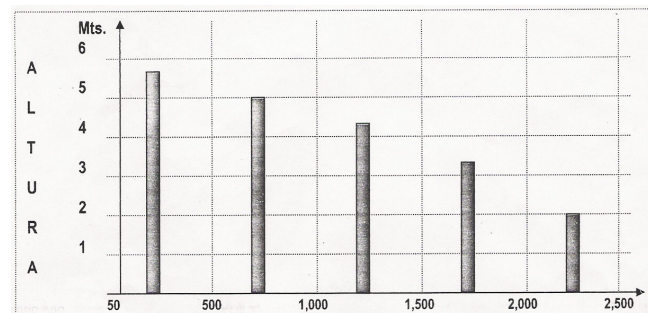
**Cuadro 4.** Comparación del análisis bromatológico de forrajes con hojas de *Paulownia*.

%	Alfalfa henificada	Avena henificada	Rastrojo de maíz	Hojas de <i>Paulownia</i>
MS	90.9	90	90	100
HT	9.1	10	10	0
PC	<b>19.4</b>	<b>8.2</b>	<b>5.9</b>	<b>20.83</b>
EE	1.1	1.3	1.6	3.52
C	6.8	6.9	5.9	8.25
FDN	46.3	32.5	43.3	30.78
ELN	36.2	42.2	46.5	36.62
T.N.D.	<b>60.29</b>	<b>55.86</b>	<b>59</b>	<b>66.12</b>

Fuente: (Flores, 1987 y Laboratorio de bromatología de FES Cuautitlán 2005).

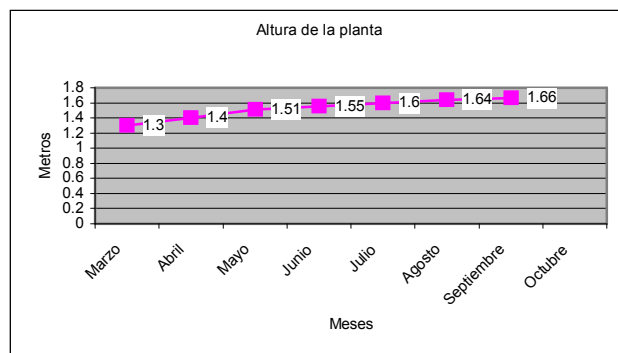
MS= materia seca, HT= humedad total, PC= proteína cruda, EE= extracto etéreo, C= cenizas, FDN= fibra detergente neutro, ELN= extracto libre de nitrógeno, TND= total de nutrientes digestibles.

**Figura 1.** Desarrollo del árbol de *Paulownia* durante el primer ciclo



Fuente: Agrícola Estrella

**Figura 2.** Gráfica de crecimiento del árbol de *Paulownia elongata* en el año 2005



Fuente: (Proyecto de investigación de *Paulownia* de la UAPZ, 2005)

## Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir lo siguiente: el diagnóstico de fertilidad de suelos, sobre los que se desarrollaron los árboles indicó que presenta un pH de 8.5, bajos niveles de materia orgánica, niveles de nitrógeno de (0.35 ppm), fósforo de (50 a 100 ppm) se considera poco alto y de potasio de menos de 10 ppm lo cual es relativamente bajo. Estos factores influyen de manera decisiva en el desarrollo de la plantación, sin embargo, a pesar de las adversidades edafológicas y climáticas el árbol ha mostrado plena adaptabilidad en las condiciones semiáridas de la región de Zumpango. En cuanto al contenido nutricional de las hojas, comparado con otros forrajes de la región como alfalfa, rastrojo de maíz y avena henificada, mostró mayor porcentaje de proteína y digestibilidad, donde se logró comprobar que es una buena alternativa para obtener alimento de calidad para pequeños rumiantes; y a su vez mejorar el medio ambiente a través de los proyectos de reforestación permitiendo un desarrollo sustentable en el campo.

## Referencias bibliográficas

Aguilera, H. N. *Tratado de Edafología en México*, UNAM, 1989.

AGRICOLA ESTRELLA S.A. *Paulownia elongata*, Folleto, Cuautitlan Izcalli Edo. de México.

CIESTA, M. W., 1996, Una visión de conjunto. FAO, Roma Italia, 146p.

CPII., 2001, *Paulownia Elongata*. Folleto- Informativo. Tepetzotlán, México.

CUALLI, L. *Paulownia Elongata* un vegetal genéticamente modificado, atractivo para la industria maderera y la construcción. Oportunidades, México; Dic, 23,2002:3

Fernández, R., Lupi, A., Pahr, N. “Efecto de la aplicación de Nitrógeno, Fósforo y Potasio sobre la productividad del Kiri (*Pulownia spp.*). Resultados a los 36 meses de edad”, en *Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo* Carlos Paz, 1998.

Flores, M. J. A. *Manual de alimentación Animal*, México, Limusa, 1987.

Franco, P. *Negocio forestal, a la sombra del árbol chino*, México, Terra América, 2002.

Gutiérrez, A. J. L. *Nutrición de rumiantes en Agostadero*, México, Universidad Autónoma de Chihuahua, 1991.

Millar, I. y Freud. E. J. *Probabilidad y estadística para ingenieros*, México, Hispanoamericana, 1985.

Montoya, J. M. *La poda de los árboles Forestales*, Madrid, Mundi prensa, 1988.

Murray, R. S. *Probabilidad y estadística*, México, Mc Graw Hill, 1991.

Navarro, M. S. “Propiedades Tecnológicas de las maderas mexicanas de importancia en la construcción”, en *Revista Chapingo*, Serie Ciencias Forestales, México; 4(1):221-229. 1998.

Pérez, R. Efectos de la poda en los árboles de *Paulownia Elongata*. 2005. Comunicación personal.

Pritchett, W. L. *Suelos forestales conservación y mejoramiento*, Barcelona, Limusa, 1991.

Ramírez, C. A. *Monografía municipal Zumpango*, Impresor, S.A. de C. V., Toluca, 1999.

Rennes, L. P. *Repoblación forestal de tierras agrícolas*, Madrid, Mundi prensa, 1998.

Rosales, M. M., “Mezclas de Forrajes: Uso de la diversidad en Sistemas agroforestales.” *Conferencia Electrónica* de la FAO, 1998.

Sánchez, M. “Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica”, *Conferencia Electrónica de la FAO*, 1998.

Soest, V. P. J. *Nutricional Ecology of the Rumiantes*, New York, Cornell University Press, 1994.

[www.agrodesierto.com/paulownia.html](http://www.agrodesierto.com/paulownia.html) 2005.