

ISSN 2334-2501

Mayo 2015

Revista Iberoamericana de Ciencias

Revista
Iberoamericana
de Ciencias

ISSN 2334-2501

Vol. 2 No. 3

Diseño de portada: XCC

ISSN 2334-2501

Mayo - 2015

© 2015 Revista Iberoamericana de Ciencias
1455 E Jefferson St # 244
78520 Brownsville, Texas
Estados Unidos de America
Teléfono: (956) 465-1575

La Revista Iberoamericana de Ciencias es una revista arbitrada de acceso libre totalmente en línea, su labor se desarrolla acorde a la Iniciativa Budapest sobre Acceso Abierto (www.budapestopenaccessinitiative.org/read).

La propiedad intelectual de los artículos permanece en los autores de los mismos, así como la responsabilidad de sus opiniones.

De acuerdo a las recomendaciones BOAI10, todo el contenido de la revista, excepto donde se especifique algo diferente, se encuentra bajo los términos de la Licencia Creative Commons "Reconocimiento-No Comercial-Igualmente compartido 2.0" Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 3.0 Unported (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>).



Ecología y Medio Ambiente

- Exposición no ocupacional a tolueno en diferentes escenarios de México..... 1
Lucía G. Pruneda Alvarez, Tania Ruiz Vera, Iván N. Pérez Maldonado
- Acción colectiva en microcuencas y transformaciones sociopolíticas en el
Curso Alto del Río Lerma, México. Siglos XX y XXI 9
Acela Montes de Oca Hernández, Karla Casillas Sánchez
- Modelo de emisión - captura de gases de efecto invernadero en el Estado de
México 31
Ma. Eugenia Valdez, María Estela Orozco, Lorena Romero Salazar, Carlos Aguilar
- Análisis de Componentes Principales, como herramienta para interrelaciones
entre variables fisicoquímicas y biológicas en un ecosistema léntico de
Guerrero, México 43
Humberto Ávila Pérez, Sergio García Ibañez, José Luis Rosas Acevedo

Biotecnología y Ciencias Agropecuarias

- Historia del mamey: *Pouteria sapota* 55
Karina Velázquez Paulín, Brenda Alvarado Sánchez, Abigail Reyes Munguía
- Nitrificación y mineralización del N en un suelo perturbado de manglar en la
costa del Pacífico Sur, Oaxaca 65
Ma. Nieves Trujillo Tapia, Eustacio Ramírez Fuentes
- Participación de consorcios microbianos en la biodegradación de hidrocarburos
aromáticos policíclicos 77
*David Tirado Torres, Otilio Acevedo Sandoval, Claudia Romo Gómez, Yolanda Marmolejo
Santillán, Martha Gayosso Canales*
- Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos 87
Sandra del Moral, Laura P. Ramírez Coutiño, María de Jesús García Gómez
- Caracterización nutricional de las hojas de *Paulownia elongata* en el periodo
previo a su caída 103
José L. Gutiérrez, Ranulfo Reyes, Alfredo Medina, Carmen Niembro, Lilian Morfin

Índice de contenidos

Ingeniería, Tecnología y Matemáticas

- Diseño de una máquina tribológica para caracterizar desgaste adhesivo 113
Joel Aguilar, Cesar A. Reynoso-García, J. Nieves Carrillo, Eduardo Chávez, Carlos Lozano, Joab Ramírez, Omar Galindo, E. Castañeda

Sociedad, Economía y Gobierno

- Las modas culturales 125
Juan Soto Ramírez

Educación, Cultura y Artes

- Trayectorias social y escolar de alumnos del Doctorado en Estudios Regionales del Centro Universitario de Los Altos 139
Cándido González Pérez

Caracterización nutricional de las hojas de *Paulownia elongata* en el periodo previo a su caída

José L. Gutiérrez¹, Ranulfo Reyes¹, Alfredo Medina², Carmen Niembro¹, Lilian Morfín³

Centro Universitario UAEM Zumpango¹, Facultad de Ciencias Agrícolas², Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán³

Universidad Autónoma del Estado de México^{1,2}, Universidad Nacional Autónoma de México³

Zumpango, Méx.¹; Toluca, Méx.³; Cuautitlán Izcalli, Méx.³

jlgutierrezl@uaemex.mx, nuforg@yahoo.com.mx, [alfredomga, carminaniembro33]@hotmail.com

Abstract— The aim of this study was to evaluate the nutritional value of the leaves of *Paulownia elongata* four samples were taken. Were analyzed in the laboratory, a sample was dried at less than 60 °C for 48 h for dry matter and milled, and was determined total moisture, crude protein, ash, crude fat, calcium and phosphorus, according to the methods Association of Official Agricultural Chemists, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin and in vitro digestibility of dry matter. Nitrates, nitrites or tannins were detected, one of cyanogenic glycosides.

Keyword— *Paulownia elongata*, chemical composition, forage, leaves.

Resumen— El objetivo del presente trabajo fue evaluar el valor nutritivo de las hojas de *Paulownia elongata*, se realizaron cuatro muestreos. Se analizaron en el laboratorio, una muestra se seco a menos de 60 °C durante 48 h para obtener la materia seca y se molieron, y se les determinó humedad total, proteína cruda, ceniza, extracto etéreo, calcio y fosforo, según los métodos de la Asociación Oficial de Agricultura y Química, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina y la digestibilidad in vitro de la materia seca. No se detectó la presencia de nitratos, nitritos ni taninos, solo de glucósidos cianogénicos.

Palabras claves— *Paulownia elongata*, composición química, forraje, hojas.

I. INTRODUCCIÓN

El árbol de *Paulownia elongata* es una especie que lleva aproximadamente 2 600 años en China, y su nombre común es Emperatriz, cuando este país abrió sus puertas al mundo después de la revolución china, una compañía australiana comenzó a realizar colectas de las diferentes especies existentes de *Paulownia*, con el propósito de realizar diferentes trabajos sobre sus características y aprovechamiento en el mejoramiento del medio ambiente. Esta especie puede ser considerada como una alternativa en los programas de reforestación por sus características, debido a que es un árbol tolerante a suelos muy pobres o degradados por la erosión, alta resistencia a la sequía, crecimiento acelerado, resistencia a plagas y enfermedades, resistencia al fuego, así mismo reduce la velocidad del aire, la evaporación de suelo y aumenta la humedad relativa del suelo y del aire. Aunado a esto, es un árbol que puede ser utilizado para la obtención de madera para la fabricación de muebles, las hojas son de gran tamaño, sobre todo las del primer año llegan a medir hasta un metro de diámetro, estas contribuyen en la purificación del aire, producen sombra abundante y retienen una cantidad importante de nitrógeno. Son útiles como forraje, tanto en fresco como henificado en épocas cuando se escasea el forraje en la zona. El árbol es caducifolio pierde todas sus hojas en invierno, estas tienen la ventaja de ser de rápida descomposición y forma una excelente composta, aportando materia orgánica al suelo. Principalmente, el valor industrial y comercial que tienen esta especie radica en su rápido crecimiento, mucho mayor que el alcanzado por otras especies, hecho que lo hace muy productivo y rentable para quienes la cultivan. Entre otros beneficios, se destacan la excelente calidad y belleza de su madera, que ofrece árboles ideales para recuperar, controlar y estabilizar la erosión de suelos gracias a su profundo sistema radicular, considerable producción de biomasa y capacidad de fijación de CO₂, posibilidad de

aprovechamiento del follaje para el ganado, potencial uso para reforestaciones de terrenos agrarios abandonados y/o degradados, valor ornamental, etc. [31].

En este sentido, la presente investigación pretende evaluar el valor nutritivo de las hojas *Paulownia elongata* en el periodo previo a su caída.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

J. Características particulares de *Paulownia elongata*

Paulownia es un árbol caducifolio, aportando en el otoño una rica y abundante capa de hojarasca de rápida descomposición. Este compostaje mejora la calidad del suelo, tanto física, como químicamente, debido a la riqueza de nitrógeno de sus hojas, por lo que también se está plantando con la finalidad de recuperar terrenos baldíos [13]. Al margen de los usos ornamentales, su uso forestal se basa en su rápido crecimiento, siendo el árbol de mayor generación de madera en pocos años, y de excelentes características. Por su adaptación a amplios márgenes climáticos y edafológicos, siempre que el suelo no sea muy arcilloso y el nivel freático esté a 2 m de profundidad mínima, pues sus raíces son verticales y profundas y bajo encharcamientos se pudren. Esas raíces permiten a la *Paulownia* buscar humedad necesaria en climas semiáridos, siempre que los primeros años hayan tenido riego [25], resiste temperaturas de -10 a 55 °C, pero su temperatura ideal es de 32°C.

Es un vegetal genéticamente modificado, que a diferencia de otras plantas que intercambian la información hereditaria a través del polen, no modifica su entorno, debido a que solamente se reproducen por esquejes de raíz o por cultivo de tejidos. Es una excelente fuente de forraje para la alimentación animal [11]. Las hojas de *Paulownia* tienen un valor alimenticio similar al cultivo de alfalfa por lo que se puede utilizar como complemento en la dieta de animales, puede presentar hasta un 20 % de proteína cruda y un 60 % de digestibilidad. De un árbol de 8-10 años de edad se obtienen 100 kg de hojas frescas [7].

Al analizar la situación actual, sobre la problemática que enfrenta el sector agropecuario que es la falta de forraje en ciertas épocas del año y donde los ganaderos y pastores utilizan desde hace mucho tiempo los árboles y arbustos forrajeros para alimentar a su ganado, pero sus prácticas tradicionales suelen ser extensivas, cortan ramas para dárselas a sus animales o dejan que éstos ramoneen, originando un impacto ambiental, por lo que se llegó a la conclusión de que una de las prioridades debería ser la utilización de sistemas de producción combinados en los cuales se deban integrar actividades de agroforestería, la agricultura y/o ganadería, con el propósito de optimizar las tierras [24].

Una forma de contrarrestar esta situación es la utilización de las hojas de *Paulownia* que constituyen un buen forraje para el ganado, tanto en verde, como henificado, por su alto valor proteico del 20% y su digestibilidad del 60%, Sin embargo, hay que recolectarlas y dar de comer en otro lugar, pues el ganado que entra en la plantación comerá también la corteza de las *Paulownias*, sus hojas son de gran tamaño, sobre todo en los primeros año de crecimiento, siendo habituales las de 40 cm de diámetro e incluso de 60 cm si las condiciones son óptimas [18].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Localización del área de estudio.

El estudio se desarrolló a partir del mes de agosto hasta octubre de 2011, en la plantación de *Paulownia elongata*, localizada en el Centro Universitario UAEM Zumpango de la Universidad Autónoma del Estado de México, mismo que se encuentra ubicado en el municipio de Zumpango, el cual cuenta una superficie territorial de 244.08 Km² y tiene una ubicación geográfica de 19°54'52" de latitud norte y 99°11'36" de longitud oeste del meridiano de Greenwich y una altitud de 2250 m.s.n.m. Este municipio presenta un clima templado subhúmedo menos húmeda de los templados, con lluvias en

verano, su temperatura más calidad es entre los 18° y 19°C, la precipitación oscila entre 500 y 600 mm, la región tiene una constitución litológica que se refiere a la composición de roca madre resultando diferentes tipos de suelo. Aproximadamente el 85 % es esfeozen, rico en materia orgánica y nutrientes; es una tierra parda de gran fertilidad para la agricultura de riego y de temporal. En la parte norte de este municipio en menor proporción se tiene cambisol, suelos más jóvenes y poco desarrollados situación que los hace altamente susceptibles a la erosión.

B. Obtención de muestras.

Se realizaron cuatro muestreos durante el período comprendido de agosto a octubre de 2011, con un intervalo de tres semanas (cuadro 4.1). En cada muestreo se obtuvieron hojas de diez árboles de *Paulownia* seleccionados al azar, ya que el total de la población es alrededor de 100 árboles utilizados para la presente investigación y de acuerdo a Morfín [20], se debe tomar un 10 % de la población total, cada muestreo se realizó en tres repeticiones.

Una vez obtenidas las muestras se procedió a homogenizarlas por tamaños, con el propósito de obtener una muestra compuesta de un peso aproximado de 2 Kg de hojas y se dividió en dos submuestras, mismas que se colocaron en bolsas de papel para etiquetarlas y transportarlas al laboratorio de la FES-Cuautitlán de la UNAM, al utilizar bolsas de papel, se evita la fermentación y liberación de sustancias que influyen en los resultados.

Con el fin de realizar una comparación entre el forraje de *Paulownia*, con forrajes de la región, se realizaron muestreos de forrajes comercializados en la zona: dos muestreos de heno de alfalfa (*Medicago sativa*), heno de avena (*Avena sativa*) y ensilado de maíz (*Zea mays*); en Cuautitlán Izcalli, México. La comparación se realizó con un promedio de los cuatro muestreos de *Paulownia elongata*, los cuales se realizaron previo a la caída de hojas, lo que ocurrió la primera semana del mes de noviembre.

Las muestras de los forrajes anteriores se trasladaron al laboratorio de bromatología de la FES-Cuautitlán UNAM; en donde a una de las submuestras, de cada muestreo de *Paulownia* y las muestras de alfalfa, avena y ensilado de maíz se secaron a menos de 60°C durante 48 horas para obtener la materia seca (MS) y posteriormente fueron molidas en un molino de Wiley [20].

Tabla I. Fecha de muestreos de *Paulownia elongata*, así como la etapa fenológica.

Muestreo	Fecha	Etapa Fenológica
1	3 de agosto	Vegetativa
2	25 de agosto	Vegetativa
3	20 de septiembre	60 % de floración
4	16 de octubre	Floración

C. Determinaciones químicas

A las muestras anteriores se les determinó humedad total, proteína cruda (PC), Cenizas (c), extracto etéreo (EE), según los datos de la AOAC (1999). Además, las muestras de *Paulownia* se les determinó la fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina (L) [25]. Asimismo se les determinó calcio (Ca) y fósforo (P) [20]. El análisis a todas las muestras se determinó por cuadruplicado.

A las submuestras restantes, de cada muestreo de *Paulownia*, se les realizó prueba cualitativa en fresco, para determinar la presencia de nitratos, nitritos, glucósidos, cianogénicos, así como taninos a partir del ensayo con vainilla/ácido sulfúrico [17].

D. Digestibilidad in vitro

Se determinó la digestibilidad in vitro de la materia seca y de la materia orgánica en las muestras molidas y secas de *Paulownia elongata*, para lo cual se empleo la técnica Tilley y Terry [20].

La digestibilidad in vitro de la materia seca se calculó con la siguiente fórmula

$$DIVMS = \frac{gMSi - (gMSD - gMSb)}{GMSi} \times 100$$

Dónde:

DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca

MSi = Materia seca inicial

MSD = Materia seca no digerida

MSb = Materia seca del blanco

En caso de la digestibilidad in vitro de la materia orgánica se utilizo la siguiente fórmula.

$$DIVMO = \frac{gMOi - (gMOd - gMOb)}{GMOi} \times 100$$

Dónde:

DIVMO = Digestibilidad in vitro de la materia orgánica

MOi = Materia orgánica inicial

MOd = Materia orgánica no digerida

MOb = Materia orgánica del blanco

E. Energía

Con los datos obtenidos de las determinaciones se calculo el total de nutrientes digestibles (T.N.D.), energía digestible (E.D.) y energía Metabolizable (E.M.); empleando las siguientes formulas [20].

$$T.N.D. = (P.C.Digestible) + (E.L.N.Digestible) + (F.D.N.Digestible) + (E.E.Digestible) \times (2.25) \quad \begin{matrix} \text{gT.N.D.} \\ 100 \text{ g alimento} \end{matrix}$$

$$E.D. = \% T.N.D. \times 4.4 \quad \begin{matrix} \text{Kcal} \\ 100\text{g alimento} \end{matrix}$$

$$E.M.rumiantes = E.D. \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \right) \times 0.82 \quad \begin{matrix} \text{Kcal} \\ 100\text{g alimento} \end{matrix}$$

$$E.M.cerdos = E.D. \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \right) \times 0.92 \quad \begin{matrix} \text{Kcal} \\ 100\text{g alimento} \end{matrix}$$

F. *Análisis estadístico*

Los datos obtenidos en las determinaciones de proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, calcio y fósforo, así como FDN, FDA y Lignina; las determinaciones de digestibilidad y los cálculos de energía para las muestras de *Paulownia elongata* fueron analizados con estadística descriptiva.

A los resultados de cada determinación se les aplicó un análisis de varianza, con un diseño completamente al azar, con 3 repeticiones por tratamiento, las diferencias estadísticas se obtuvieron con la prueba de Tukey con un $\alpha = 0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. *Composición química*

En el siguiente cuadro se presenta la composición química de *Paulownia elongata* durante el periodo de estudio, resalta que conforme avanza la madurez de la planta las fracciones de proteína cruda tiene valores que van de 14.24 a 14.79 y el extracto etéreo aumentan su valor de 4.44 a 7.29, sin embargo, en el último muestreo disminuyeron. En el caso de cenizas y al calcio, éstos incrementan su valor progresivamente, a diferencia del fosforo que se mantuvo constante como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla II. Composición química en base seca de hojas de *Paulownia elongata*.

Fechas etapas fenológicas		3 de agosto vegetativa	25 de agosto vegetativa	20 de septiembre 60% Floración	16 de octubre Floración
Materia seca	%	32.35	30.68	36.69	30.8
Extracto etéreo	%	4.44 ^d ± 0.06	6.32 ^b ± 0.24	7.29 ^a ± 0.25	5.54 ^c ± 0.24
Cenizas	%	7.62 ^d ± 0.09	8.55 ^c ± 0.20	9.81 ^b ± 0.16	10.76 ^a ± 0.10
Proteína cruda	%	14.25 ^c ± 0.34	14.52 ^b ± 0.25	14.79 ^a ± 0.11	14.24 ^c ± 0.08
Ca	%	1.48 ^b ± 0.20	1.52 ^b ± 0.09	1.87 ^a ± 0.05	1.91 ^a ± 0.03
P	%	0.15 ^a ± 0.01	0.14 ^b ± 0.01	0.13 ^b ± 0.01	0.13 ^b ± 0.01

B. *Fracciones de Van Soest*

Los resultados obtenidos de las fracciones del Van Soest en las hojas de *Paulownia elongata*, se observa que la FDN decrece progresivamente conforme se acerca el momento de la caída de las hojas, en el caso de la FDA se mantienen constante, sin embargo, en el último muestreo se incrementa su contenido; y la lignina presenta un aumento progresivo durante los cuatro muestreos. Asimismo, en el caso de los minerales insolubles su comportamiento es constante en los primeros dos muestreos, mientras que en los últimos se incrementa, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla III. Fracciones de Van Soest de *Paulownia elongata*.

Fechas etapas fenológicas		3 de agosto vegetativa	25 de agosto vegetativa	20 de septiembre 60% Floración	16 de octubre Floración
FDN	%	48.96 ^a ± 0.07	45.06 ^b ± 0.13	44.25 ^c ± 0.19	43.43 ^d ± 0.27
FDA	%	24.31 ^b ± 0.27	24.30 ^b ± 0.08	24.29 ^b ± 0.14	24.78 ^a ± 0.13
LIGNINA	%	7.60 ^d ± 0.33	8.42 ^c ± 0.12	12.97 ^b ± 0.19	13.63 ^a ± 0.06
Minerales Insolubles	%	0.21 ^c ± 0.02	0.22 ^c ± 0.03	0.86 ^b ± 0.03	0.98 ^a ± 0.01

C. Comparación de la composición química entre forrajes

Al comparar la composición química de *Paulownia* con forrajes que más se comercializan en la región, se puede apreciar que *Paulownia* presenta mayor contenido de proteína en comparación con el heno de avena y el ensilado de maíz, pero menos que el heno de alfalfa; en lo que corresponde a la fracción de extracto etéreo es mayor en comparación con el heno de alfalfa y de avena y menor que el ensilado de maíz, como se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla IV. Comparación de la composición química de hojas de *Paulownia elongata*.

Muestra		<i>Paulownia elongata</i>	Heno de avena	Heno de alfalfa	Ensilado de maíz
Extracto etéreo	%	4.47	2.98	4.42	6.23
Cenizas	%	9.16	7.17	15.85	11.75
Proteína cruda	%	14.45	7.56	18.11	8.80
Fibra detergente neutro	%	45.43	65.45	42.71	63.64

D. Factores antinutricionales

Los resultados obtenidos con respecto a la presencia de factores antinutricionales, destaca que *Paulownia elongata* solo presenta glucósidos cianogénicos en cualquier momento previo a la caída de las hojas.

Tabla V. Presencia de tóxicos en *Paulownia elongata*.

Fechas etapas fenológicas	3 de agosto vegetativa	25 de agosto vegetativa	20 de septiembre 60% Floración	16 de octubre Floración
NO ₂	-	-	-	-
NO ₃	-	-	-	-
Taninos	-	-	-	-
Glucósidos cianogénicos	+	+	+	+

E. Digestibilidad in vitro

En el cuadro siguiente se exponen los resultados de la digestibilidad de la materia seca y de la materia orgánica de las hojas de *Paulownia*, se puede apreciar que hay una disminución del primero al segundo muestro e incremento del tercero al cuarto.

Tabla VI. Digestibilidad de la materia seca y de la materia orgánica.

Fechas etapas fenológicas		3 de agosto vegetativa	25 de agosto vegetativa	20 de septiembre 60% Floración	16 de octubre Floración
DIVMS	%	57.44 ^a ± 0.20	54.61 ^d ± 0.18	56.51 ^b ± 0.19	56.14 ^c ± 0.12
DIVMO	%	60.91 ^a ± 0.19	57.95 ^d ± 0.08	59.05 ^b ± 0.18	58.95 ^c ± 0.14

F. Energía

En cuanto a la energía se puede apreciar la tendencia a disminuir conforme avanza el tiempo, como se aprecia en el siguiente cuadro.

Tabla VII. Tabla No 7. Contenido de energía en *Paulownia elongata* para Rumiantes y Cerdos.

Fechas etapas fenológicas		3 de agosto vegetativa	25 de agosto vegetativa	20 de septiembre 60% Floración	16 de octubre Floración
T.N.D.	g/100g	59.65 ^a ± 0.21	57.75 ^c ± 0.19	58.64 ^b ± 0.18	56.69 ^d ± 0.13
E.D.	Mcal/Kg	2.62 ^a ± 0.01	2.53 ^c ± 0.01	2.58 ^b ± 0.01	2.49 ^d ± 0.01
E.M. Rumiantes	Mcal/Kg	2.15 ^a ± 0.01	2.08 ^c ± 0.01	2.12 ^b ± 0.01	2.05 ^d ± 0.00
E.M. Cerdos	Mcal/kg	2.41 ^a ± 0.01	2.33 ^c ± 0.01	2.37 ^b ± 0.01	2.29 ^d ± 0.01

El comportamiento de proteína cruda y extracto etéreo en los meses previos a la caída de las hojas de *Paulownia elongata*, es decir la disminución de estos conceptos en el último muestreo, se explica porque los depósitos de nitrógeno y la utilización de éste son estacionales, lo que significa que en la época de otoño, los depósitos de éste pasan de las hojas a los tallos y raíces ya que están próximas a caer; además de estar asociados a cambios dados por el crecimiento de los árboles. [22] por tanto se puede atribuir al estado de madurez de *Paulownia* [25]. Es importante señalar que el nitrógeno deja de acumularse en las hojas, cuando alcanzan su madurez [22]. Dado que *Paulownia* perdió sus hojas en noviembre, eso explica los resultados obtenidos en el último muestreo, en donde el árbol de *Paulownia* comienza a almacenar sus nutrientes en tallos y raíces, preparándose a la pérdida de sus hojas; lo cual, se relaciona con el cambio en la temperatura ambiental, ya que a mayor temperatura ambiental y menor disponibilidad de agua desciende el contenido de proteína [24].

El comportamiento de cenizas, FDA y lignina, refuerzan lo explicado anteriormente ya que *Paulownia*, comenzar a prepararse, para perder sus hojas y almacenar sus nutrientes, sufre un proceso de lignificación e incremento de minerales insolubles [22]. Esto repercute a su vez en la digestibilidad ya que la lignina es indigestible y a medida que su concentración aumenta la digestibilidad de la pared de la célula disminuye, debido a la unión que realiza la lignina con la celulosa y la hemicelulosa [2].

Los contenidos de FDN en las hojas de *Paulownia* en el periodo de estudio son similares a los que presentan leguminosas forrajeras en general [23], los cuales reportan datos de 40 hasta 49 % de FDN [11], ya partir de los datos expuestos se puede inferir que los contenidos de hemicelulosa; ocupan la mitad del porcentaje de la fibra detergente neutro, lo cual podría implicar un alto aprovechamiento de esta fracción, para rumiantes [8]. Se considera que hay aumento de FDN y FDA a medida que aumenta la edad del forraje [2], sin embargo los resultados de FDN no son congruentes con el comportamiento normal que tendría un forraje, por lo que se deberá profundizar en ese aspecto.

La digestibilidad de *Paulownia* se puede considerar intermedia en comparación, con alfalfa que tiene una digestibilidad promedio de 70 % [26], y un rastrojo con un 40 % [14], sin embargo, en comparación con el forraje de leñosas de la zona árida sus digestibilidad es similar [23].

Al comparar los resultados obtenidos de *Paulownia* con heno de alfalfa, heno de avena y ensilado de maíz, se encontraron que los contenidos de proteína cruda son menores a los que contiene una alfalfa achicalada, cabe resaltar que la alfalfa es una leguminosa [18] y *Paulownia* pertenece a otra familia botánica [32].

Es importante señalar que *Paulownia* no cubre con las necesidades proteicas de animales, en producción como vacas lecheras [27]. Sin embargo contiene mayor contenido de proteína que el heno de

avena y ensilado de maíz, ambos pertenecientes a la familia de las gramíneas [13]; esta familia botánica se caracteriza por tener bajo contenido proteico [4].

De los factores antinutricionales en *Paulownia*, la presencia de glucósidos cianogénicos en todo el periodo estudiado podría ser una limitante para su uso en la alimentación animal [6], sin embargo, se requiere ahondar en este aspecto.

En cuanto a la energía que puede aportar *Paulownia*; es semejante al aporte de los forrajes que se emplean comúnmente en la alimentación animal [18]. Por tal motivo como dieta única en la alimentación animal no es recomendable, ya que su aporte energético, solo alcanzaría a cumplir con las necesidades de animales en mantenimiento y no en animales en producción [8], por ejemplo, una vaca productora de leche requiere consumir de 2.4 a 2.9 Mcal/Kg de Energía Metabolizable (E.M.), mientras que un conejo requiere 2.3 Mcal/Kg de E.M. [27], por tal situación no se sugiere emplearlo como dieta única, se debe emplear otros ingredientes que ayuden a cubrir las necesidades energéticas de los animales.

En cuanto al uso en la alimentación animal con *Paulownia*, de acuerdo a su composición química se puede emplear en la alimentación de rumiantes. Sin embargo, para el uso en caballos y conejos requeriría investigación, aunque en el caso de otros no rumiantes se ha hecho investigaciones para incrementar el uso de fuentes fibrosas (harinas de follaje de leguminosas y gramíneas), como una alternativa alimentaria de bajo costo [27]. Para el uso de *Paulownia* se requeriría conocer la respuesta biológica del animal con base a la utilización de *Paulownia elongata* como forraje que constituya la dieta o parte de la misma [19, 16,3].

Frente al cambio climático *Paulownia elongata* podría ser una alternativa para enfrentarlo, porque se podría incluir en sistemas ganaderos, mediante modelos silvopastoriles, con lo que se contribuiría a la fijación de carbono y a la alimentación animal [21]. Por otro lado, para disminuir la producción de metano, el cual proviene de las actividades pecuarias, principalmente de bovinos y ovinos; se requiere que los alimentos presenten una alta digestibilidad [5], en este caso *Paulownia* tiene una digestibilidad intermedia y que al combinarla con otro forraje, si este de alta digestibilidad se podría disminuir la emisión de bióxido de carbono y metano [5].

V. CONCLUSIONES

Del presente estudio se derivan las siguientes conclusiones:

Previo a la caída de las hojas de *Paulownia elongata*, se presenta una disminución de proteína cruda y extracto etéreo y un aumento en fibra detergente, ácido y lignina.

El comportamiento de cenizas, FDA y Lignina, en las pruebas del laboratorio se debe a que *Paulownia*, al comenzar a prepararse para perder sus hojas y almacenar sus nutrientes, sufre un proceso de lignificación e incremento de minerales insolubles.

La digestibilidad de *Paulownia* 66 % se puede considerar intermedia en comparación, con alfalfa que tiene una digestibilidad promedio de 70% y un rastrojo con 40%. Tiene un aporte energético bajo, característico de un forraje, proporciona más proteína que una gramínea, pero menos que una leguminosa en comparación con forrajes de la zona, pero también presenta glucósidos cianogénicos, los cuales podrían repercutir en la salud animal.

REFERENCIAS

- [1] Alcaráz, M. L., Duarte A. J. A. Perspectiva general de la industria maderera nacional y propuesta del cultivo del árbol maderable *Paulownia* (*Paulownia* sp.) como un agronegocio alternativo para Baja California Sur y zonas Semiáridas. Rev. Mexicana de agronegocios. Universidad Autónoma de la Laguna. Torreón, México, 2006, 10:18:1-14.

- [2] Anzola, D.J.C. Experiencias en el uso de forrajes de calidad en un sistema intensivo de producción lechera. IX seminario Manejo y utilización de pastos y forrajes en Sistemas de Producción Animal. Universidad pedagógica Experimental Libertador (UPEL), Barquisimeto, Edo. Lara. Venezuela. 2007, pp 100-104.
- [3] Belmar-Casso. R. Recursos no convencionales en la alimentación de animales no rumiantes. La experiencia del departamento de Nutrición animal. Universidad Autónoma de Yucatán, México, 1998, 10 pp.
- [4] Blair, G.J. The diversity and potential value of shrubs and tree fodder, in Shrubs and tree Fodder for farm animal, proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia, International Development Research Center (IDRC) 276e, Ottawa, Canada, 1990. pp. 2-11.
- [5] Cambra-López, M, García R, Estellés F., Torres A. Estimación de las emisiones de los rumiantes en España: el factor de conversión de metano. Instituto de Ciencias y Tecnología Animal. Universidad Politécnica de Valencia, España. Departamento de Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid, España. Arch. Zootec. 2008.57,r: 89-101.
- [6] Carmona, A.J.C. Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. Rev. Lasillista de Investigación. Corporación Universitaria Lasillista. Antioquia Colombia; 2007, 4,1, 40-50.
- [7] CPlI. Paulownia Elongata. Folleto-Informativo. Tepotzotlan, México. 2001.
- [8] Church, D.C., Pond W.G., Pond K.R. Fundamentos de Nutrición y alimentación de animales. 3° Ed. Editorial Limusa-Wiley. México; 2010, pp.305-325.
- [9] Cualli, L. Paulownia Elongata un vegetal genéticamente modificado, atractivo para la industria maderera y la construcción. Oportunidades, México; Dic, 23,2002:3
- [10] Franco, P. Negocio Forestal, a la sombra del árbol chino. Terra América, México; Oct, 01,2002:3
- [11] García, D.E.; Medina M.G.; Cova L.J.; Torres A.; Santos O.; Perdomo D. Chemical-nutritional characterization of leguminous fodder and other botanic families using descriptive and multivariate analysis. Instituto Nacional de investigaciones agrícolas (INIA), Estado Trujillo, Venezuela, Universidad de los Andes.2009.
- [12] Gutiérrez, L.J.L.; Ocaña D.R. Manual para el cultivo de Paulownia elongata. Universidad Autónoma del Estado de México, México; 2009, pp. 13-29.
- [13] Herrera, R.S. Evaluación de gramíneas. Contribución del Instituto de Ciencia Animal. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.2005. 39;3:253-259.
- [14] Josifovich, J.A. Rastrojos y residuos en la producción de carne bovina. Departamento de Producción Animal de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, prov. de Córdoba, Argentina., 2001, pp 15-20.
- [15] Llano, S.J.M., Alcaraz, M. L.; Castellanos, V.A. EGas Exchange in Paulownia specie growing under different soil moisture conditions in the field. Journal of environmental biology / Academy of Environmental Biology, India, 2010, 31,4,497-502.
- [16] Lon, W.E. Alimentación no convencional para las aves en el trópico. XIV Congreso Latinoamericano de Avicultura. Memorias. Santiago, Chile.1995, p7.
- [17] Martínez, Y.J. determinación de tóxicos (glucósidos cianogénicos, nitratos y nitritos, oxalatos y taninos) en Acacia saligna (tesis de licenciatura). Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.1994.
- [18] Minson, D.J. Forage in Ruminant Nutrition. Edit. Academic Press. University of Wisconsin-Madison. 2011, pp. 1-58.
- [19] Montilla, J.J. Agricultura para la alimentación de las aves y cerdos en el Trópico. II Encuentro regional de Nutrición y Alimentación de Monogástricos. Memoria. La Habana, Cuba. 1994.
- [20] Morfín, L.L. Manual de Laboratorio de bromatología. Universidad Nacional Autónoma de México.2011. 58:43-91

- [21] Murgueitio, R.E., Naranjo, J.F. Augusto, C.C.; Hernando M.C.; Lalinde F. Los sistemas silvopastoriles intensivos una herramienta de desarrollo rural sustentable con adaptación al cambio climático en regiones tropicales de América. Centro de Investigación en sistemas Sostenibles de producción animal. Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia, 2008,1-12.
- [22] Nabil, E. The Paulownia tree an alternative for sustainable forestry. The farm. Crop Development. Morocco, Africa. 2003.
- [23] Raghavendra, A.S. Physiology of tree. Wiley-Interscience publication. USA.1991, pp 51-77.
- [24] Ramírez, O.R.; Ramírez R.G.; González R.H.; Haenlein G.F.W. Mineral content of browse species from Baja California Sur, México. Small Ruminant Research. 2005.57;1:1-10.
- [25] Romero, Y.O. Estacionalidad en la producción de forrajes. Tierra Adentro. Ganadería y Praderas. Revista semestral. INIA. Centro Regional Carillanca; 2006, pp 36-39.
- [26] Ruiz, N. I.; Chahin, A. G.; Pedraza, G.C. Variación de la composición química y la digestibilidad de algunos forrajes durante su temporada de uso en dos lecherías de la región metropolitana. Agricultura Técnica. Chile, 1994,2:160-168.
- [27] Sanz-Sáeza A.; Ericea G.; Aguirreolea J., Muñoz F., Sánchez-Díaza M., Irigoyena J.J. Alfalfa forage digestibility, quality and yield under future climate change scenarios vary with *Sinorhizobium melioli* strain, Departamento de biología Vegetal, sección Biología Vegetal (unidad Asociada al CSIC, EEAD, Zaragoza e ICVV, Logroño), Facultad de Ciencias y Farmacia, Universidad de Navarra Pamplona, Spain. Centro de Investigación y tecnología Agroalimentaria de Aragón, Zaragoza, España. Journal of Plant Physiology 2012, pp169:782-788.
- [28] Savón, L. Alimentos altos en fibra para especies monogátricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 2002. 36;2:91-102
- [29] Shimada, M.A. 2009. Nutrición animal, 2da edición, Editorial trillas, México.2009, p.397
- [30] Torquebiau, E. Conceptos de agroforestería: una introducción. Universidad Autónoma Chapingo, México. 1993, pp 1- 14.
- [31] Van Soest.P.J.; Robertson.J.B.; Lewis B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharide in relation to animal nutrition. J. Dairy. Sci.1991. 74:3583-3597
- [32] Wang, Q.; Shorgren, J.F. Characteristic of the Crop Paulownia System in China Agriculture, Ecosystems & Environment,1992, pp 39;3-4:145-152.
- [33] Wayne, K. & Donald G. Tree Crops for Marginal Farmland. Paulownia. Practical guide from the University of Tennessee. 2004, pp 31.
- [34] Zhang, D.; Li X. Studies on the chemical constituents from the leave of Paulownia tomentosa. Journal of Chinese medicinal materials. 2011.34,2:232-234.