

EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA POR ESTROPAJO (*Luffa cylindrica* L) EN FUNCIÓN DEL NITRÓGENO EN LA CAÑADA OAXAQUEÑA, MÉXICO

Juan Manuel Loeza-Corte, Irma Brena-Hernández, Ernesto Díaz-López, Arturo Olivar-Hernández, Alejandro Morales-Ruiz, Jesús Mao Estanislao Aguilar-Luna y Ricardo Hernández-Martínez

RESUMEN

Durante el ciclo primavera-verano de 2013 se evaluó, en la Cañada Oaxaqueña, México, el efecto de nitrógeno (N) en niveles de 0, 50 y 100kg-ha⁻¹ sobre la evaporación, evapotranspiración, eficiencia en el uso del agua y rendimiento de semilla, fibra y biomasa, así como longitud de pepónide de dos variantes de estropajo (*Luffa cylindrica* L). Se probó un diseño de bloques completos al azar, cuyos tratamientos fueron los tres niveles de N con tres repeticiones. La relevancia del estudio radica en la búsqueda de materiales que tengan aplicaciones en la extracción de aceite o utilización de fibra,

que se adapten a las condiciones de aridez de la zona, como lo es el estropajo. Los resultados indicaron que la aplicación de 50 y 100kg-ha⁻¹ generó mayor rendimiento de semilla, número de orificios/cm² y longitud de pepónide. Con el tratamiento de 100kg-ha⁻¹ aumentaron la cantidad de biomasa, el rendimiento de fibra y la eficiencia en el uso del agua para semilla, fibra y biomasa. La evaporación se ajustó a un modelo cuadrático, mientras que la evapotranspiración se ajustó a un modelo lineal. El N afectó de manera positiva al cultivo de estropajo.

Introducción

El estropajo o paste (*Luffa cylindrica* L) es una planta que taxonómicamente pertenece a la familia de las cucurbitáceas, presenta un hábito de crecimiento indeterminado y tiene su centro de origen en el continente americano (Jefrey, 1992). Se ha cultivado desde hace mucho tiempo para la extracción de fibra de sus pepónides, en los cuales se encuentran las semillas, que son ricas en un aceite secante el cual es utilizado en cosmetología para la elaboración de lápices labiales (Jia *et al.*, 2006; Fernández y Cabral, 2007). El cultivo de

esta especie ha caído en desuso en la actualidad, debido a la síntesis de fibras sintéticas obtenidas a través de polímeros derivados del petróleo, pero la degradación de éstas en el ambiente tarda ~400 años en llevarse a cabo, convirtiéndose así en un agente sólido contaminante (Lenz y Marchessault, 2005; Segura *et al.*, 2007). Por ello es necesario buscar materiales que sean más amigables con el ambiente y de esta manera reducir la contaminación. Por otra parte, la eficiencia en el uso del agua es considerada un estimador fisiológico que permite conocer la capacidad del cultivo en asignar biomasa

a la planta en relación al agua evapotranspirada y, se puede aplicar tanto al rendimiento biológico como al agronómico (Medrano *et al.*, 2007; Zamora *et al.*, 2007; Aspiazú *et al.*, 2010; Díaz *et al.*, 2011).

En relación al nitrógeno (N), este es considerado un macro-elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de los seres vivos, ya que forma parte de macromoléculas como las proteínas, aminoácidos y clorofilas a y b. Por tal motivo cuando falta la planta presenta deficiencias nutricionales evidentes, principalmente en el follaje, observándose una disminución en el tamaño de la planta y una clorosis

general de los nomófilos, conocida como clorosis por N (Villareal *et al.*, 2002; Rodríguez y Fernández, 2004; Suárez *et al.*, 2006).

La Cañada Oaxaqueña es una región de la parte noreste del estado de Oaxaca, México, caracterizada por presentar un clima seco y una vegetación de selva baja caducifolia, donde predominan multidendricales y matorral xerófito (Rzedowski, 2006).

El objetivo del presente estudio fue determinar la eficiencia en el uso del agua en el cultivo de estropajo bajo tres niveles de N en la Cañada Oaxaqueña. Así, la hipótesis planteada fue: con la

PALABRAS CLAVE / Esponja Vegetal / Evapotranspiración / Fibra / Índice de Cosecha / Rendimiento Agronómico /

Recibido: 18/05/2016. Modificado: 19/02/2018. Aceptado: 22/02/2018.

Juan Manuel Loeza-Corte. Doctor en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I), México. Profesor-Investigador, Universidad de la Cañada, México, y Universidad Tecnológica de Tehuacán (UTTehuacán), México.

Irma Brena-Hernández. Maestra en Administración, Instituto de Estudios Universitarios. Estudiante, Programa Educativo

Agricultura Sustentable y Protegida. Utthucán, México.

Ernesto Díaz-López. Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México. Profesor, UTTehuacán, México. Dirección: Ingeniería en Agricultura Sustentable y Protegida, Universidad Tecnológica de Tehuacán. Prolongación de la 1 sur N° 1101, San Pablo Tepetzingo, Tehuacán,

C.P. 75859, Puebla, México. email: lernesto@colpos.mx

Arturo Olivar-Hernández. Ingeniero en Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo, México. Profesor, UTTehuacán, México.

Alejandro Morales-Ruiz. Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. Profesor, UTTehuacán, México.

Jesús Mao Estanislao Aguilar-Luna. Doctor en Ecología y Desarrollo Sustentable, El Colegio de la Frontera Sur, México. Profesor Investigador, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Ricardo Hernández-Martínez. Doctor en Biotecnología, UAM-I. México. Catedrático, CONACYT - Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, México.

WATER EFFICIENCY USE BY LOOFAH (*Luffa cylindrica* L) AT A FUNCTION OF NITROGEN AT THE OAXACAN GLEN, MEXICO

Juan Manuel Loeza-Corte, Irma Brena-Hernández, Ernesto Díaz-López, Arturo Olivar-Hernández, Alejandro Morales-Ruiz, Jesús Mao Estanislao Aguilar-Luna and Ricardo Hernández-Martínez

SUMMARY

During the spring-summer 2013 cycle, the effect of nitrogen (N) at 0, 50 and 100kg·ha⁻¹ on the evaporation, evapotranspiration, water use efficiency and seed yield, fiber and biomass, as well as pepo length, of two variants of loofah (*Luffa cylindrica* L) was evaluated in the Oaxacan Glen, Mexico. A test with a completely randomized block design was carried out, using as treatments three levels of N with three repetitions. The relevance of the study lies in finding materials that have applications in oil extraction or fiber utilization that are

adapted, as is the loofah, to the arid conditions of the area. Results indicated that the application of 50 and 100kg·ha⁻¹ of N generated a higher seed yield, number of holes per square centimeter and of pepo length. Treatment with 100kg·ha⁻¹ of N increased the amount of biomass, fiber yield and water use efficiency for seed, fiber and biomass. Evaporation was adjusted to a quadratic model, whereas evapotranspiration was adjusted to a linear model. Nitrogen positively affected the loofah crop.

EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA POR BUCHA (*Luffa cylindrica* L) EM FUNÇÃO DO NITROGÊNIO NO VALE DE OAXACA, MÉXICO

Juan Manuel Loeza-Corte, Irma Brena-Hernández, Ernesto Díaz-López, Arturo Olivar-Hernández, Alejandro Morales-Ruiz, Jesús Mao Estanislao Aguilar-Luna e Ricardo Hernández-Martínez

RESUMO

Durante o ciclo primavera-verão de 2013 se avaliou, no Vale de Oaxaca, México, o efeito de nitrogênio (N) em níveis de 0, 50 e 100kg·ha⁻¹ sobre a evaporação, evapotranspiração, eficiência no uso da água e rendimento de semente, fibra e biomassa, assim como comprimento de pepônio de duas variantes de bucha (*Luffa cylindrica* L). Aplicou-se um desenho de blocos completos aleatórios, cujos tratamentos foram os três níveis de N com três repetições. A relevância do estudo radica na busca de materiais que tenham aplicações na extração de óleo ou utili-

zação de fibra, que se adaptem às condições de aridez da área, como é o caso da bucha. Os resultados indicaram que a aplicação de 50 e 100kg·ha⁻¹ gerou maior rendimento de semente, número de orifícios/cm² e comprimento de pepônio. Com o tratamento de 100kg·ha⁻¹ aumentaram a quantidade de biomassa, o rendimento de fibra e a eficiência no uso da água para semente, fibra e biomassa. A evaporação se ajustou a um modelo quadrático, enquanto que a evapotranspiração se ajustou a um modelo linear. O N afetou, de maneira positiva, o cultivo de bucha.

aplicación de N se hará un uso eficiente del agua para lograr incrementos en el rendimiento de semilla y fibra, cuando el estropajo es sembrado bajo las condiciones ambientales de la Cañada Oaxaqueña.

Metodología

El estudio se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano 2013 en Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca, México, a 18°08'N, 97°05'N y 888msnm, bajo un clima BSI(w') (h')heg, que corresponde a un clima seco con temperatura media anual >18°C y <27°C, temperatura del mes más frío <18°C, presencia de canícula y precipitación media anual >400 mm y <600 mm, oscilación de la temperatura entre el mes más cálido y el

más frío >7°C y <14°C y el mes más cálido antes del solsticio de verano, que tiene lugar en abril (García, 2005).

El germoplasma utilizado se obtuvo de dos accesiones de plantas de *Luffa cylindrica* L, colectadas en huertos de mango localizados en la población de Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca. Se reunieron semillas de pepónides con la misma longitud de 0,50m y fueron tratadas con fungicida (Captán®) para evitar el daño por hongos. Las semillas tratadas fueron sembradas en charolas de poliestireno de 200 cavidades utilizando como sustrato turba de musgo (*peat moss*). La plantación se realizó en campo el 03/06/2013 cuando las plántulas tenían 0,15m de longitud, en un suelo Luvisol con restos coluviales

en proceso de formación y a 20cm de profundidad. El contenido de materia orgánica del suelo fue de 2,0%, el nivel inicial de nitrógeno fue de 3,5mg·kg⁻¹, pH de 7,3 y conductividad eléctrica de 1,7dS m⁻¹. Para el sistema de tutorio se utilizaron espalderas artificiales elaboradas con segmentos de varillas de hierro de 3,81cm de diámetro unidas por dos líneas de alambre recocido (parte superior e inferior), las que a su vez estuvieron unidas por rafia, la cual sirvió para que el tallo del estropajo las utilizara para su crecimiento vertical. Las espalderas estuvieron orientadas N-S para que el viento corriera libremente y no ocasionara daño en la estructura.

Todo el experimento se fertilizó con 60kg·ha⁻¹ de fósforo,

utilizando como fuente superfosfato de calcio triple (46% de P₂O₅) y 30kg·ha⁻¹ de potasio, cuya fuente fue cloruro de potasio (60% K₂O). El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, donde los tratamientos, utilizando como fuente urea (46% N), fueron los niveles de N a 0, 50 y 100kg·ha⁻¹ (T₀, T₅₀ y T₁₀₀, respectivamente) con tres repeticiones, teniendo nueve unidades experimentales analizadas bajo la Ec 1:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

donde Y_{ij}: variable respuesta del i-ésimo nivel de N en el j-ésimo bloque, μ: media general verdadera, τ_i: efecto del i-ésimo nivel de N; β_j: efecto del j-ésimo bloque. y ε_{ij}: error del i-ésimo nivel de N en el

j-ésimo bloque (Infante y Zarate, 1990). La unidad experimental se constituyó de tres espalderas, tomando la espaldera central como parcela útil.

Las variables respuesta estudiadas fueron a) rendimientos de fibra y de semilla: para la primera se pesó la fibra limpia del pepónide sin pericarpio y semilla, mientras que para la segunda se pesó el total de semillas por pepónide y expresando el resultado en g, evaluado al 14% de humedad, ambos con la ayuda de una balanza analítica modelo CBK704; b) longitud de pepónide: midiendo la distancia polar del fruto con una cinta métrica; diámetro ecuatorial: obteniendo la medida del ecuador del fruto con un vernier digital modelo KM-OP003; c) número de orificios por cm² en fibra: contabilizando el total de orificios por cm² de cinco pepónides bajo un microscopio estereoscópico modelo VE-S1 con el programa de imágenes Motic®, obteniendo el promedio correspondiente; d) longitud de orificios en fibra: se obtuvieron de manera directa del promedio de cinco longitudes por cada pepónide, medidas con el microscopio estereoscópico modelo y programa de imágenes; e) número de frutos: contabilizando el número de pepónides por planta; biomasa seca total de la parte aérea de la planta: sometiendo a secado las estructuras tallos y hojas en una estufa de convección de aire forzado a 70°C, hasta alcanzar peso constante (Díaz *et al.*, 2011); f) índice de cosecha para fibra y semilla con ayuda de la Ec. 2:

$$IC = \frac{RA}{RB} \quad (2)$$

donde IC: índice de cosecha; RA: rendimiento agronómico, que en el caso del estropajo se determinó para fibra y para semilla; y RB: rendimiento biológico o biomasa de la parte aérea; g) eficiencia en el uso del agua (EUA), por medio de la Ec. 3:

$$EUA = \frac{RA}{ETc} \quad (3)$$

donde: RA: rendimiento agronómico (semilla o fibra); y finalmente h) evapotranspiración

del cultivo (Etc): determinada por el método del tanque de evaporación (Allen *et al.*, 1998) mediante la Ec. (4):

$$Etc = (Ev)(Kc)(Ke) \quad (4)$$

donde Ev: evaporación, Kc: coeficiente de evapotranspiración del cultivo (0,60), y Ke: coeficiente del evaporímetro de tanque tipo A (0,65).

A las variables respuesta que resultaren significativas, se les aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de significancia del 5% de probabilidad de error.

Resultados y Discusión

Referente a rendimiento de fibra, semilla y biomasa seca del vástago, se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$). Para el caso de las variables longitud de pepónide, número de orificios por cm² en fibra y longitud de orificios entre fibras, los resultados presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$). El coeficiente de variación para las siete variables respuesta presentó valores confiables que oscilaron entre 1,53 y 9,17%. Con la aplicación de 100kg·ha⁻¹ el rendimiento agronómico de fibra fue el mayor y superó a los tratamientos T₅₀ y T₀ con 353,43g/planta, 44% más que T₅₀ y 78% superior al testigo,

siendo éstos 200,33 y 79,6g/planta, respectivamente.

Rendimiento de semilla

El rendimiento de semilla resultó estadísticamente igual para los tratamientos T₁₀₀ y T₅₀, superando al testigo (Tabla I). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Suniaga *et al.* (2008), quienes obtuvieron el rendimiento más alto al aplicar de manera fraccionada 285kg·ha⁻¹ de N en *Cucumis sativus* L, en clima árido, similar al de la Cañada Oaxaqueña. Una respuesta similar de aumento del rendimiento agronómico se obtuvo en *Cucurbita pepo* L cv. Tala, cuando se aplicó 150, 240 y 330kg·ha⁻¹, con lo que se observó que el rendimiento aumenta a elevar la dosis de N de 150 a 240kg·ha⁻¹, pero no así cuando sube de 240 a 330kg·ha⁻¹, concluyéndose que la dosis que maximiza el rendimiento de este cultivar es la de 240kg·ha⁻¹ (Sedano *et al.*, 2011). Lo anterior pone de manifiesto el efecto de la aplicación del N en el rendimiento agronómico, no obstante se trate de diferentes especies, incluida *Luffa cylindrica* L. Además, esta respuesta positiva tiene un límite, ya que el rendimiento no tiende a aumentar en cucurbitáceas cuando se sobrepasan los 300kg·ha⁻¹ de N.

Número de orificios por cm² y longitud de pepónide

Para número de orificios por cm² y longitud de pepónide, la mejor respuesta se presentó en los niveles 50 y 100kg·ha⁻¹ de N, que superaron al testigo.

Longitud de orificios en fibra

La mayor longitud de orificios en fibra (1,2cm) se logró aplicando 100kg·ha⁻¹ de N, a consecuencia de una mayor longitud de pepónide ya que al incrementarse la misma, la distancia vertical entre las paredes celulares del endocarpio tiende a aumentar, como lo menciona Guzmán (1997), quien hace referencia a la calidad de fibra, mencionado que longitudes entre orificios menores a 1,0cm presentan una mayor resistencia al desgaste y por ende una mayor duración. Este hecho se puede tomar en cuenta para la calidad de fibras en *Luffa cylindrica* L, ya que aplicaciones de 50kg·ha⁻¹ producirían longitudes entre orificios menores a 1,0cm cuando este se siembre bajo las condiciones ecológicas de Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca.

Rendimiento biológico

La biomasa total de la parte aérea con 100kg·ha⁻¹ de N presentó su mayor expresión con

TABLA I
ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS
(*Luffa cylindrica* L), PARA SIETE VARIABLES RESPUESTA, BAJO TRES
NIVELES DE NITRÓGENO EN TEOTITLÁN DE FLORES MAGÓN,
OAXACA MÉXICO. CICLO PRIMAVERA-VERANO, 2013

Tratamiento	RF	RS	BPA	NOC	LP	DE	LOF
kg·ha ⁻¹	g/planta			cm			
T ₀	79,60 c	10,70 b	265,78 c	88,66 b	18,36 b	7,40 a	0,283 b
T ₅₀	200,33 b	23,90 a	677,31 b	114,00 a	23,60 a	7,00 a	0,260 b
T ₁₀₀	353,43 a	32,20 a	816,25 a	195,66 a	26,66 a	7,66 a	1,200 a
DSH	48,26	12,11	43,43	19,54	4,79	1,02	0,87
CV%	7,85	9,17	2,54	4,81	7,19	4,79	1,53
PROB. F							
Tratamiento	**	**	**	*	*	ns	*
Bloque	ns	ns	ns	ns	ns	ns	.s

RF: rendimiento de fibra; RS: rendimiento de semilla; BPA: biomasa seca de la parte aérea; NOC: número de orificios por cm² en fibra; LP: longitud de pepónide; DE: diámetro ecuatorial; LOF: longitud de orificios entre fibras; T₀, T₅₀ y T₁₀₀: tratamientos a 0, 50 y 100kg·ha⁻¹, respectivamente; DSH: diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación. Medias entre columnas con la misma literal estadísticamente son iguales según Tukey a $P \leq 0,05$. ANOVA, análisis de varianza; *, ** y ns: significativo ($P \leq 0,05$), altamente significativo ($P \leq 0,01$) y no significativo, respectivamente.

816,25g/planta, superando a los tratamientos T₀ y T₅₀, los cuales solo acumularon 265,78 y 677,31g/planta, respectivamente.

Rendimiento agronómico

El mayor número de frutos se puede observar en la Figura 1, y se puede apreciar que los tratamientos T₁₀₀ y T₅₀ alcanzaron el mayor número de pepónides, con 9 y 7 pepónides, superando al testigo, que solo alcanzó tres, fenómeno ocasionado por el déficit de N del testigo (Pérez *et al.*, 2004; Vázquez *et al.*, 2008; Apáez *et al.*, 2013).

Índice de cosecha (IC)

En la Tabla II se observa que para el IC para semilla no se encontró diferencias por efecto del N (P>0,05). En contraste, sí se observaron para el IC en fibra (P≤0,05), donde T₁₀₀ (0,58) superó a T₅₀ y al testigo (0,29 en ambos casos). De esta manera se infiere que el 58% de la biomasa producida mediante el proceso de fotosíntesis es asignada a la fibra que se obtiene del pepónide, repercutiendo esto en el tamaño y número de frutos.

La evaporación durante el año 2013 en la zona de estudio se presenta en la Figura 2. Se puede apreciar que los datos se ajustaron a un modelo cuadrático. Para el ciclo de cultivo, que fue de junio a octubre, la evaporación total

fue de 703mm, de los cuales 460mm ocurrieron durante los meses de junio, julio y agosto, y de estos 170mm se presentaron el mes de agosto, hecho que se atribuyó a la presencia de la sequía intraestival que en la zona se presenta alrededor del 20/07 al 20/08, ocasionando que la curva de ajuste alcanzara su punto máximo en agosto, fenómeno que provoca que la nubosidad sea casi nula y aumente la radiación incidente. Esto influyó en la respuesta positiva del cultivo, que incrementó el número de pepónides

TABLA II
ÍNDICE DE COSECHA PARA SEMILLA Y FIBRA EN *Luffa cylindrica* L, BAJO TRES NIVELES DE NITRÓGENO EN TEOTITLÁN DE FLORES MAGÓN, OAXACA. EL CICLO PRIMAVERA-VERANO 2013

Tratamiento (kg·ha ⁻¹)	IC _(semilla)	IC _(fibra)
T ₀	0,041 a	0,29 b
T ₅₀	0,035 a	0,29 b
T ₁₀₀	0,039 a	0,58 a
DSH	0,0093	0,260
PROB. F	ns	*
CV%	10,21	19,26

IC: índice de cosecha; T₀, T₅₀ y T₁₀₀: tratamientos a 0, 50 y 100kg·ha⁻¹ de N, respectivamente. DSH:diferencia significativa honesta; CV: coeficiente de variación. Medias de tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según Tukey a P≤0,05. * y ns: significativo (P≤0,05) y no significativo, respectivamente.

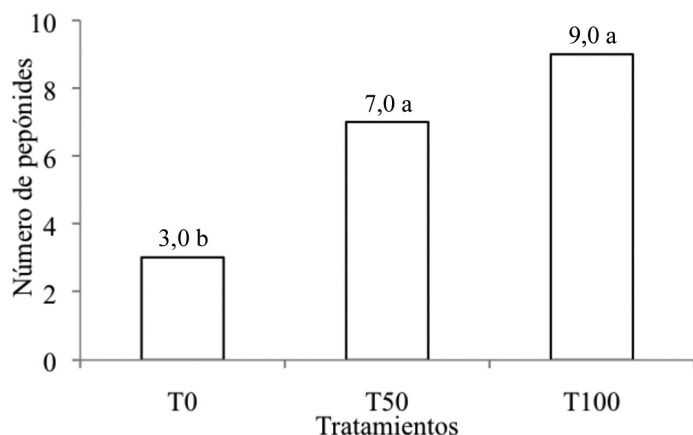


Figura 1. Número de frutos por planta de estropajo (*Luffa cylindrica* L) en función de tres niveles de nitrógeno en Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca. Ciclo primavera-verano de 2013.

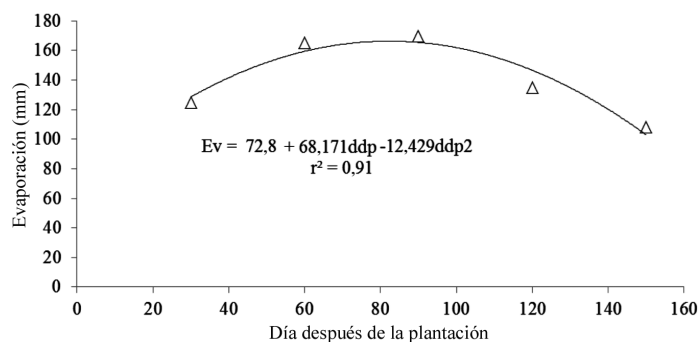


Figura 2. Evaporación en Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca durante el ciclo primavera - verano 2013. Ev: evaporación, ddp: días después de plantación.

por planta, rendimiento de fibra y semilla, así como la biomasa de la parte aérea. Esta respuesta se debió a que los tratamientos donde se aplicó la mayor cantidad de N (100 y 50kg·ha⁻¹) la planta respondió aumentando la biomasa, incluidos los nomófilos, los que al tener una mayor expansión foliar, contribuyeron mayormente en la evapotranspiración del cultivo, como se muestra en el modelo matemático.

Durante los meses subsiguientes la concavidad de la gráfica decreció, debido a la disminución de la radiación provocada por la nubosidad en septiembre y octubre, logrando que solo se evaporaran 243mm. Lo reportado en el presente estudio es acorde a lo que presentan Noyola *et al.* (2009), quienes mencionan que la evaporación en las zonas secas es

casi igual o superior a la cantidad de lluvia que se precipita en estas zonas.

La evapotranspiración se ajustó a un modelo lineal (Figura 3), donde la mayor evapotranspiración acumulada se registró durante los últimos meses de desarrollo ontogénico. Así el modelo lineal nos indica que por cada día que transcurre durante el ciclo de cultivo, la planta evapotranspira 2,03mm de agua. Estos datos coinciden con los reportados por Díaz *et al.* (2010), quienes trabajando con frijol ejotero Hav-14 de hábito de crecimiento indeterminado en clima seco, encontraron una evapotranspiración de 1,95mm por día.

Eficiencia en el uso del agua (EUA)

La eficiencia en el uso del agua (EUA) para semilla, fibra

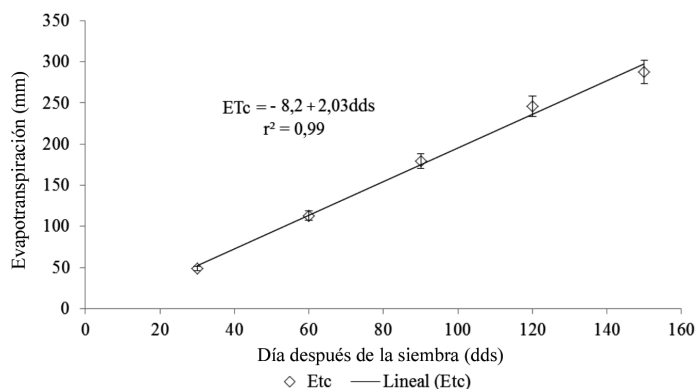


Figura 3. Evapotranspiración acumulada en *Luffa cylindrica* L. bajo tres niveles de nitrógeno en Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca. Ciclo primavera - verano 2013. Etc: evapotranspiración del cultivo, dds: días después de la plantación.

y biomasa se presenta en la Tabla III, donde se aprecian diferencias significativas solo para fibra y biomasa. La EUA para semilla no presentó diferencias significativas entre tratamientos, a pesar de existir diferencias numéricas, mientras que este parámetro, en fibra con la aplicación de 100kg·ha⁻¹ de N, produjo la mayor eficiencia en el uso del agua con 0,484g/planta/mm, superando a los tratamientos T50 y T0, quienes alcanzaron un EUA de 0,274 y 0,109g/planta/mm, respectivamente. Asimismo, la EUA para biomasa aérea presentó un comportamiento similar. Estos valores nos llevan a pensar que *Luffa cylindrica* L., asigna una mayor cantidad de biomasa a la formación de fibra en el pepónide que a la formación de semilla cuando se suministran 100kg·ha⁻¹ de N. Esto coincide con lo reportado por Apáez *et al.* (2013), quienes trabajaron con la asociación frijol chino - maíz y encontraron que la aplicación de 100kg·ha⁻¹ de N incrementó la EUA de grano hasta en un 71% respecto al testigo. De igual forma, Medrano *et al.* (2007) mencionan que la EUA,

entre otros aspectos, es el resultado del genotipo y su interacción con las prácticas culturales, entre ellas la fertilización nitrogenada, ya que influye en el desarrollo del dosel vegetal disminuyendo la evaporación del agua y asignando así una mayor cantidad de biomasa en la planta.

Conclusiones

La fertilización nitrogenada aplicada al cultivo de estropajo en dosis de 50 y 100kg·ha⁻¹ de N incrementa el rendimiento de semilla, número de orificios por centímetro cuadrado, así como la longitud de pepónide. La dosis alta de N (100kg de N ha⁻¹) incrementó el rendimiento de fibra de pepónide y biomasa total, así como su eficiencia en el uso del agua. El cultivo de estropajo, por su rendimiento de semilla y fibra, es una alternativa de siembra para las condiciones ecológicas de la Cañada Oaxaqueña.

REFERENCIAS

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) *Crop Evapotranspiration. Guidelines for*

Computing Crop Water Requirements. Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 174 pp.

Apáez BP, Escalante JAS, Ramírez P, Koch SD, Sosa ME, Olalde VM (2013) Eficiencia agronómica de nitrógeno y fósforo en la producción de frijol chino en espaldera de maíz. *Terra Latinoam*. 31: 285-293.

Aspiázú I, Sediya T, Ribeiro J, Silva A, Concenço G, Galon L, Ferreira A, Silva F, Borges T, Araujo F (2010) Eficiencia fotosintética y uso del agua por malezas. *Planta Daninha* 28: 87-92.

Díaz-López E, Escalante-Estrada JAS, Rodríguez-González MT, Gaytán-Acuña EA (2010) Producción de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en función del tipo de espaldera. *Rev. Chapingo Ser. Hort*. 16: 215-221.

Fernández P, Cabral J (2007) Phytoesterol: Applications and recovery methods. *Bioresource Technol*. 98: 2335-2350.

García E (2005) *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. UNAM. México. 217 pp.

Guzmán DG (1997) *Aspectos técnicos sobre el cultivo del paste (Luffa cylindrica L.)*. Serie Cultivos no Tradicionales. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. 38 pp.

Infante GS, Zarate LP (1990) *Métodos Estadísticos: Un Enfoque Interdisciplinario*. 2a ed. Trillas. México. 643 pp.

Jeffrey C (1992) Names of the indigenous neotropical species of *Luffa* Mill. (Cucurbitaceae). *Kew Bull*. 47: 741-742.

Jia X, Ebine N, Wang Y, Awad AB, Jones PJH (2006) Effects of different phytosterol analogs on colonic mucosal cell proliferation in hamsters. *J. Nutr. Biochem*. 17: 396-401.

Lenz RW, Marchessault H (2005) Bacterial Polyesters: biosynthesis, biodegradable plastics and biotechnology. *Biomacromolecules* 6: 1-8.

Medrano H, Bota J, Cifre J, Flexas J, Ribas M, Gulias J (2007) Eficiencia en el uso del agua por las plantas. *Inv. Geogr*. 43: 63-84.

Noyola MMC, Ramos JA, Domínguez E, Pineda LF, López H, Carbajal N (2009) Factores que dan origen al minado de acuíferos en ambientes áridos: caso valle de San Luis Potosí. *Rev. Mex. Cs. Geol*. 26: 395-410.

Pérez Z, Cigales OMR, Orozco M, Pérez KG (2004) Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en melón "Cantaloupe": Segunda parte. *Agrociencia* 38: 261-272.

Rodríguez CL, Fernández XE (2004) Los frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) su aporte a la dieta del costarricense. *Agron. Mesoam*. 15: 263-275.

Rzedowski J (2006) *Vegetación de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 505 pp.

Sedano CG, González VA, Saucedo C, Soto M, Sandoval M, Carrillo JA (2011) Rendimiento y calidad de frutos de calabacita con altas dosis de nitrógeno y potasio. *Terra Latinoam*. 29: 133-142.

Segura D, Noguez R, Espín G (2007) Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biotecnología* 14: 361-372.

Suárez L, Giletto C, Rattín J, Echeverría H, Caldiz D (2006) Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad de tubérculos en papa para la industria. *Inf. Agron*. 32: 19-21.

Suniaga QJ, Rodríguez A, Rázuri L, Romero E, Montilla E (2008) Fertilización mediante fertirriego, durante diferentes etapas del ciclo de cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de bosque seco premonstrado. *Agric. Andina* 15: 56-65.

Vázquez GG, Cárdenas R, Lobit P (2008) Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y el rendimiento de fresa regada por goteo y gravedad. *Agric. Téc. Méx*. 34: 235-241.

Villareal RM, García RS, Osuna T, Armenta AD (2002) Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y calidad postcosecha de tomate en fertirriego. *Terra* 20: 311-320.

Zamora SS, Fenech L, Ruíz, F, Pérez W, López A (2007) Eficiencia en el uso del agua en maíz (*Zea mays* L.) con riego por goteo, en el Valle de la Paz, Baja California Sur México. *Cs. Téc. Agropec*. 16: 33-36.

TABLA III

EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN *Luffa cylindrica* L., BAJO TRES NIVELES DE NITRÓGENO EN TEOTITLÁN DE FLORES MAGÓN OAXACA, PARA SEMILLA, FIBRA Y BIOMASA SECA DE LA PARTE AÉREA. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2013

Tratamiento (kg·ha ⁻¹)	EUA _(semilla)	EUA _(fibra)	EUA _(biomasa)
	g/planta/mm		
T ₀	0,014 a	0,109 b	0,864 b
T ₅₀	0,032 a	0,274 b	0,927 b
T ₁₀₀	0,044 a	0,484 a	1,118 a
DSH	0,880	0,191	0,055
CV %	20,33	15,10	25,97
PROB.F	ns	*	*

EUA: eficiencia en el uso del agua; T₀, T₅₀ y T₁₀₀, tratamientos a 0, 50 y 100 kg ha⁻¹, respectivamente. DSH: diferencia significativa honesta; CV: coeficiente de variación. Medias de tratamientos con la misma literal estadísticamente son iguales según Tukey a P≤0,05. * y ns: significativo (P≤0,05) y no significativo, respectivamente.