

COMPARACIÓN DE TASAS FOTOSINTÉTICAS EN ALGUNAS PLANTAS CULTIVADAS Y MALEZAS

PHOTOSYNTHETIC RATE COMPARISONS IN SOME CROPS AND SHRUBS

L. Escalante Cárdenas, R. Trejo Calzada, O. Esquivel Arriaga,
J.G. Arreola Avila, A. Flores Hernández

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. UACH. Apdo. Postal No. 8. C.P. 35230 Bermejillo, Dgo. México.

RESUMEN. Los objetivos fue comparar tasas fotosintéticas de plantas cultivadas y plantas silvestres (malezas), así como identificar si existe relación entre la eficiencia fotosintética y competitividad de las malezas. Se utilizó el sistema Analizador de Gases Infrarrojo (IRGA) LI-COR 6400) para medir fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiración CO_2 intracelular ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), radiación fotosintéticamente activa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), temperatura de la hoja ($^{\circ}\text{C}$), y conductancia ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en *Zea mays*, *Capsicum annum*, *Nicotiana tabacum*, *Setaria adherens*, *Solanum eleagnifolium* and *amaranthus hybridus* en cuatro fechas a lo largo del mes de junio de 2007. Los resultados muestran que las malezas tienen mayores tasas fotosintéticas que las plantas cultivadas, lo que les da una ventaja competitiva. El Quelite (*Amaranthus hybridus*), una maleza con ciclo fotosintético C_4 , tiene las mayores tasas fotosintéticas que el resto de las malezas y las plantas cultivadas, lo cual indica que la competitividad de las malezas es dependiente del tipo de metabolismo fotosintético.

Palabras clave: Plantas silvestres, Fotosíntesis, Malezas.

SUMMARY. The purpose of this study was to compare photosynthetic rate of some crops and some wild plant species. A portable photosynthesis system (LICOR LI-6400) was used to measure photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiration ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), intracellular CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), photosynthetically active radiation ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), leaf temperature ($^{\circ}\text{C}$), and conductance ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) in *Zea mays*, *Capsicum annum*, *Nicotiana tabacum*, *Setaria adherens*, *Solanum eleagnifolium* and *Amaranthus hybridus* along four dates of June 2007. The results show that wild species have higher photosynthetic rate than cultivated plants. *Amaranthus hybridus* (C_4 plant) showed the greater photosynthetic rate as compared to other wild and cultivated species. The last indicates that competitiveness of shrubs is dependent on the type of photosynthetic metabolism.

Key words: Wild plant, Photosynthesis, Weeds.

INTRODUCCIÓN

La Agricultura constituye la mayor fuerza selectiva en la evolución de las malezas, como consecuencia de haber desplazado la sucesión hacia estados tempranos en forma recurrente, las actividades agrícolas han mantenido las comunidades vegetales en estadios inmaduros. La mayoría de los componentes de esas comunidades son lo que en la agricultura se llama malezas. De las 250,000 especies vegetales existentes, aproximadamente 8000 (3%) son consideradas malezas y 250 especies son problemáticas, representando el 0.1% de la flora mundial. El 70% de las malezas-

problema corresponden a 12 familias botánicas y el 40% son pertenecientes a 2 familias: *Poaceae* y *Asteraceae*, presentándose la misma concentración de familias que en la situación de los cultivos más importantes (Rodríguez, 2006).

La problemática que representan las malezas en los cultivos agrícolas se considera uno de los factores más importantes que merman la producción, ya que sus efectos ocasionan, de manera directa sobre la economía del agricultor, causando una disminución en los rendimientos y mala calidad de las cosechas (Gómez, 1993).

Las malezas pueden ser consideradas plantas indeseables que crecen como organismos macroscópicos junto con las plantas cultivadas, a las cuales les interfieren su desarrollo normal. Son una de las principales causas de la disminución de rendimientos del maíz, al igual que en otros cultivos, debido a que compiten por agua, luz solar, nutrimentos y bióxido de carbono; segregan sustancias alelopáticas; son albergue de plagas y patógenos, dificultando su combate y finalmente, obstaculizan la cosecha, y sea ésta manual o mecanizada. (Rodríguez, 2006).

La interferencia de las malezas con los cultivos es la suma de la competencia por agua, luz, nutrimentos y bióxido de carbono; como resultado de esa interferencia, la maleza genera en la agricultura pérdidas, tanto en calidad como en cantidad, de alimentos y otros rubros producidos, desperdiándose enormes cantidades de energía, sobre todo no renovable. Los costos del combate y los efectos sobre los rendimientos son muy variables, pues dependen del agricultor, del manejo de las especies de malezas predominantes, de la superficie del cultivo y de las condiciones agroecológicas de la unidad de producción, entre otros factores (Rodríguez, 2000).

La razón principal por la que las malas hierbas son consideradas como plantas indeseables es su interferencia en el desarrollo de los cultivos, siendo capaces de reducir sustancialmente sus rendimientos. Los efectos negativos causados por las malas hierbas pueden ser de dos tipos: competencia y/o alelopatía (Elías, 2003).

Las investigaciones han restado generalidad a esta idea, dado que especies C_3 son altamente competitivas. Es que otros factores concurren para determinar la habilidad competitiva de una planta. Por ejemplo, para la mayoría de las plantas C_4 la temperatura óptima para la fotosíntesis y el crecimiento es más alto que para las plantas C_3 . En un hábitat de condiciones térmicas más templadas la ventaja de las especies C_4 no es tal, no sólo porque la tasa fotosintética total es menor sino también porque la vía acoplada C_3 - C_4 tiene un mayor requerimiento energético para funcionar. En ambientes agrícolas caracterizados por estrés hídrico y elevadas temperaturas muy probablemente la mayoría de las malezas anuales y perennes de verano van a pertenecer al grupo C_4 , mientras que las anuales de invierno serán a menudo especies C_3 ; situación constatada en nuestras condiciones de producción (Rodríguez, 2006).

La alta eficiencia fotosintética está a menudo correlacionada con un rápido crecimiento, el que puede conferir una habilidad competitiva superior. Esto llevó a varios autores a clasificar a las plantas según un criterio

de eficiencia o no eficiencia basado en sus características fotosintéticas (C_3 =ineficientes, C_4 =eficientes) (Rodríguez, 2006).

Existen pocos estudios sobre malezas e interacción con las plantas cultivadas por eso, es necesario realizar estudios específicos y completos para explicar la agresividad de dichas plantas silvestres.

Se ha dedicado mucho tiempo a los aspectos negativos de las malezas; sin embargo, es importante tomar en consideración aspectos positivos de las planta que suelen considerarse como malezas, tal como darle un manejo integrado ya que las malezas controlan la erosión, son fuente de materia orgánica (FAO, 1987).

Los objetivos de este estudio fueron comparar las tasas fotosintéticas de tres especies cultivadas y tres especies de plantas silvestres e identificar la relación que existe entre la eficiencia fotosintética y competitividad de las malezas.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del estudio

El estudio se llevó a cabo en una parcela de huertos familiares de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, sita en Bermejillo, Dgo. Se eligieron tres especies cultivadas y tres especies silvestres desarrollados en la misma parcela.

Las especies cultivadas seleccionadas fueron: Maíz (*Zea mays*), chile (*Capsicum annum*), Tabaco (*Nicotina tabacum*). Las tres plantas silvestres fueron Quelite (*Amarantus hybridus*), Trompillo (*Solanum eleagnifolium*) y Pasto "pega ropa" (*Setaria adherens*).

En la parcela se hicieron las evaluaciones en 10 plantas de cada especie en cuatro diferentes fechas a partir de las 11:00 a.m. Las mediciones se llevaron a cabo con un medidor portátil de fotosíntesis LI-COR LI6400 con suministro constante CO_2 . Durante las mediciones el flujo de aire se mantuvo en 400 mmol s^{-1} y el suministro de CO_2 a 400 ppm. La temperatura de la cámara no se mantuvo constante. Para la estabilidad y registro de las lecturas se seleccionaron las variables de fotosíntesis y conductancia. Las variables evaluadas fueron:

Tasa fotosintética ($\mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
 Conductancia ($\text{mol } H_2O \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
 Concentración de CO_2 intercelular ($\mu\text{mol } CO_2 \text{ mol}^{-1}$)
 Tasa de transpiración ($\text{mmol } H_2O \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
 Radiación fotosintéticamente activa ($\mu\text{mol } \text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
 Temperatura de la hoja ($^{\circ}C$)

Temperatura del aire (°C)
 Conductancia de la capa frontera ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Aun cuando las plantas en las que se hizo la medición estaban en etapas fenológicas de llenado de grano o maduración, las hojas en las que se tomaron las lecturas fueron hojas jóvenes (superiores). Previo calentamiento y calibración del IRGA, la hoja de interés se colocó en la cámara y enseguida se esperó a tener por lo menos una de las variables estables (fotosíntesis o conductancia) y un coeficiente de variación general menor a 10% para tomar la lectura.

Los datos almacenados en la memoria del IRGA fueron exportados a una hoja de cálculo de Excel y se estimaron media y desviación estándar de cada una de las variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestran las medias y desviaciones estándar de las variables de fotosíntesis, transpiración, conductancia estomática, CO_2 intracelular, temperatura de la hoja y radiación fotosintéticamente activa. Se observa que en general la fotosíntesis fue en promedio mayor en las plantas silvestres o malezas que en las plantas cultivadas, aún cuando la fotosíntesis de las seis especies estudiadas tuvo una tendencia similar a los largo del tiempo en que se hicieron las evaluaciones,

ya que la tasa fotosintética tendió a reducirse conforme avanzó el tiempo, lo cual probablemente se debió a que en todos los casos las plantas ya estaban maduras. Por otra parte, fue notoria una mayor tasa fotosintética en el quelite. Particularmente la tasa fotosintética de esta maleza fue muy superior a la de chile y tabaco (Cuadro 1 y Figura 1). Se puede asumir que el quelite tuvo una mayor tasa fotosintética debido a que posee un mecanismo C_4 . El maíz a pesar de poseer también una vía fotosintética C_4 , no llegó a igualar a la tasa alcanzada por el quelite. Estos resultados muestran que la tasa fotosintética puede estar involucrada significativamente en la mayor competitividad de algunas malezas como es el caso del quelite, pero que es probable que además de la vía fotosintética estén involucrados otros mecanismos que hacen al quelite tener una mayor eficiencia fotosintética y en consecuencia una mayor competitividad.

Se encontró respuesta diferencial de la fotosíntesis con respecto a la temperatura de la hoja. En algunas especies como el tabaco y chile al incrementarse la temperatura de la hoja la fotosíntesis se redujo. En tanto que en quelite un aumento de la temperatura indujo incrementos de la fotosíntesis (Figuras 2y3).

La fotosíntesis y la temperatura en la mayoría de los casos están estrechamente relacionadas ya que al incrementar la temperatura incrementa la tasa

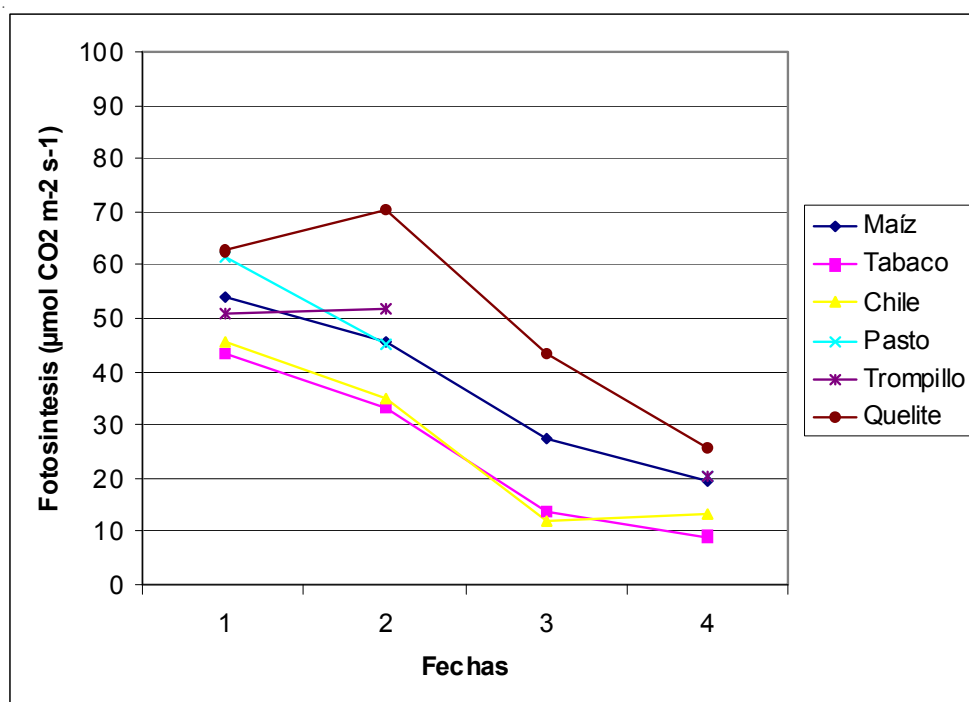


Figura 1: Tasa fotosintética de tres especies cultivadas y tres especies silvestres en cuatro fechas. 1 = 8 de junio, 2 = 25 de junio, 3 = 26 de junio y 4 = 28 de junio de 2007

Cuadro 1. Medias y desviación estándar de variables fisiológicas y ambientales registradas con el medidor de portátil de fotosíntesis el 8, 25, 26 y 28 de junio de 2007 en tres especies silvestres y tres especies cultivadas.

Cultivos	Fecha	Fotosíntesis en ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Conductancia Estomática ($\text{mol H}_2\text{O}$ $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	CO ₂ Intracelular en ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$)	Transpiración en ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Temperatura de la hoja en °C	Radiación Fotosintéticamente Activa en ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
Maíz	8 J U N I O	54.15+ - 8.54	0.318+ - 0.112	-19.8+ - 56.9	15.34+ - 2.84	38.27+ - 1.03	1518.9+ - 570.73
Tabaco		43.47+ - 6.904	0.67+ - 0.355	77.11+ - 268.82	19.01+ - 6.475	39.79+ - 2.73	1811.11+ - 121.606
Chile		45.89+ - 1.763	0.4963+ - 0.103	129.55+ - 28.49	18.78+ - 1.72	39.74+ - 0.72	1959.6+ - 75.6
Pega Ropa		61.71+ - 3.30	0.34+ - 0.10	-42.496+ - 63.16	16.53+ - 1.77	39.53+ - 1.16	1787.2+ - 91.42
Trompillo		51.01+ - 4.38	0.827+ - 0.42	154.5+ - 41.75	23.22+ - 3.73	37.27+ - 1.20	1853.7+ - 46.22
Quelite		62.69+ - 4.11	0.506+ - 0.141	46.66+ - 51.46	16.78+ - 2.25	34.82+ - 0.65	1879.6+ - 50.60
Maíz	25 J U N I O	45.67+ - 8.00	0.178+ - 0.095	-169.51+ - 116.59	9.22+ - 2.81	37.176+ - 2.01	2081.2+ - 50.82
Tabaco		33.4+ - 5.85	0.17+ - 0.123	-212.95+ - 354.74	8.94+ - 4.52	41.923+ - 2.01	2011.2+ - 64.983
Chile		35.05+ - 3.918	0.195+ - 0.097	-43.02+ - 157.59	9.736+ - 3.164	40.32+ - 1.069	2077.5+ - 20.95
Pega Ropa		45.19+ - 8.07	0.130+ - 0.062	-416.13+ - 395.31	8.019+ - 2.954	41.906+ - 1.94	1960.5+ - 193.03
Trompillo		51.83+ - 6.81	0.8799+ - 0.362	141.4+ - 122.29	18.34+ - 4.031	37.31+ - 2.01	2034.9+ - 146.46
Quelite		70.4+ - 4.80	0.606+ - 0.242	34.75+ - 69.01	16.79+ - 2.021	37.87+ - 0.982	2031.5+ - 93.67
Maíz	26 J U N I O	27.31+ - 3.907	0.202+ - 0.043	106.91+ - 17.28	7.534+ - 1.057	34.29+ - 0.68	1928+ - 89.149
Tabaco		13.914+ - 4.55	0.29+ - 0.141	260.7+ - 14.0	10.44+ - 3.06	36.93+ - 1.04	1874.8+ - 103.89
Chile		12.11+ - 3.48	0.19+ - 0.079	243+ - 16.53	7.80+ - 2.40	36.10+ - 0.63	1629.5+ - 555.93
Quelite		43.37+ - 5.11	0.538+ - 0.13	157.625+ - 24.94	14.92+ - 1.75	36.46+ - 0.618	1971+ - 40.39
Maíz	28 J U N I O	19.59+ - 4.01	0.21+ - 0.072	161.2+ - 18.67	6.459+ - 0.99	34.98+ - 0.566	1691.2+ - 136.62
Tabaco		9.26+ - 2.343	0.514+ - 0.13	316.1+ - 18.39	8.70+ - 1.465	33.6+ - 1.32	1629.8+ - 174.82
Chile		13.36+ - 1.26	0.47+ - 0.075	286.6+ - 8.27	9.36+ - 0.40	34.8+ - 0.46	1710.9+ - 100.96
Pega Ropa		20.44+ - 3.57	0.15+ - 0.034	89.53+ - 18.55	5.23+ - 0.83	35.6+ - 0.82	1715.6+ - 244.9
Trompillo		20.54+ - 3.08	0.77+ - 0.20	264.8+ - 15.93	9.77+ - 1.17	33.62+ - 0.55	1902.2+ - 195.72
Quelite		25.79+ - 4.574	0.348+ - 0.112	165.3+ - 28.89	7.753+ - 1.25	34.49+ - 0.55	1650.1+ - 503.79

fotosintética. Esto puede explicarse porque las plantas C_4 tienen un óptimo de temperatura más alto que las C_3 y las plantas C_4 alcanzan el óptimo de fotosíntesis entre 30 y 40 °C mientras las C_3 su óptimo es a temperaturas menores y al sobre pasar se cierran sus estomas y frenando así el proceso fotosintético. Por supuesto, esto le confiere una ventaja competitiva a las plantas C_4 y puede explicar por que el quelite es muy exitoso como maleza.

El quelite parece tener una respuesta directa a la radiación fotosintéticamente activa (RFA) ya que al aumentar la RFA aumentó proporcionalmente la fotosíntesis (Figura 4). En tanto que en las plantas cultivadas incluyendo aun el maíz, un aumento en la RFA no siempre coincidió con un incremento en la fotosíntesis (Figura 5). El quelite, por lo tanto parece estar mejor adaptado para responder a las variaciones

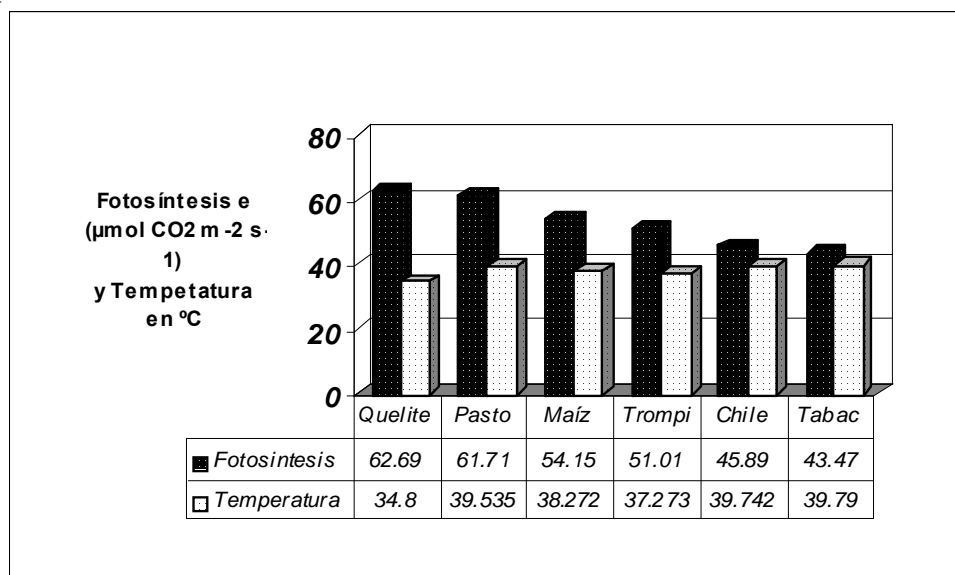


Figura 2: Tasa fotosintética comparada con Temperatura de tres especies cultivadas y tres malezas el 8 de junio de 2007.

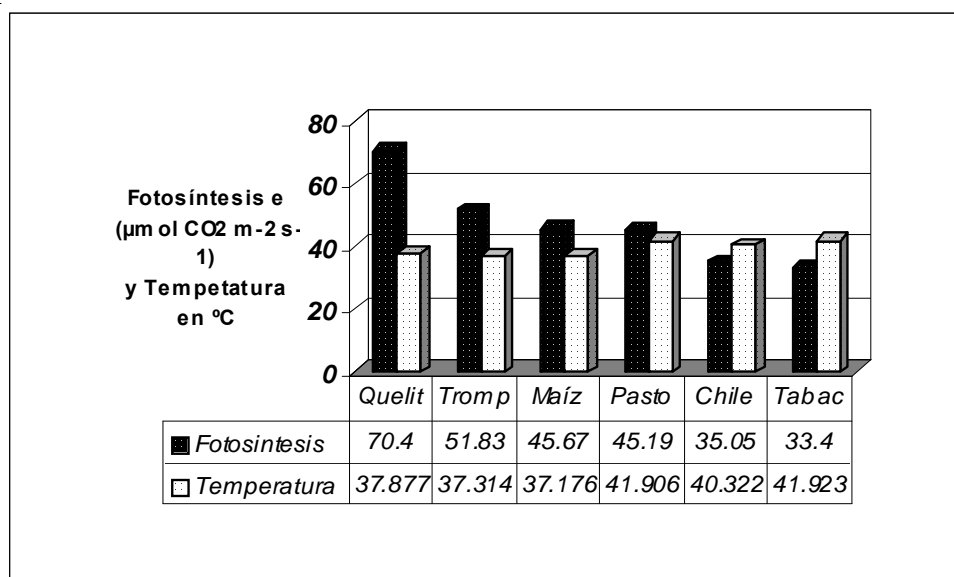


Figura 3: Tasa fotosintética comparada con Temperatura de tres especies cultivadas y tres malezas el 25 de junio de 2007.

de la RFA, lo cual probablemente tenga que ver con un proceso de adaptación en el cual esta planta ha competido por la radiación con otras plantas, particularmente las cultivadas. Es probable que su aparato fotosintético este equipado con mecanismos que disminuyan la fotooxidación cuando la RFA es muy alta. Como era de esperarse, la transpiración tuvo una relación directa con la fotosíntesis. En general la

transpiración tuvo una tendencia a la disminución durante las cuatro fechas en que se hicieron las evaluaciones (Figuras 6 y 7) tanto en las plantas cultivadas como en las silvestres o malezas. Sin embargo la eficiencia en el uso del agua (EUA) fue considerablemente mayor en el quelite en las cuatro fechas. Le siguió en EUA el pasto pega ropa y luego el maíz.

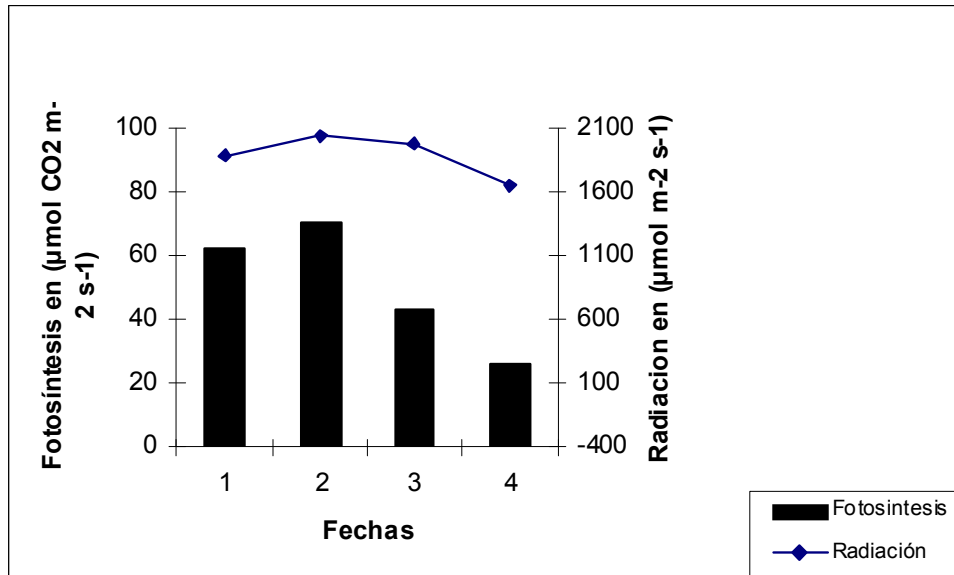


Figura 4: Radiación fotosintética Activa comparada con Fotosíntesis en Quelite en 4 Fechas diferentes. 1 = 8 de junio, 2 = 25 de Junio, 3 = 26 de Junio y 4 = 28 de Junio de 2007

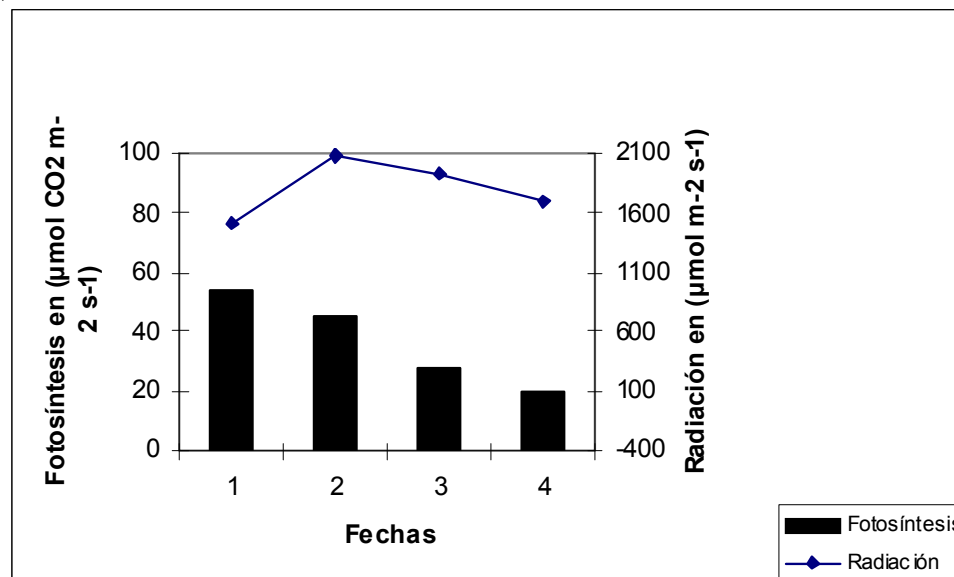


Figura 5: Radiación fotosintética Activa comparada con Fotosíntesis en Maíz en 4 Fechas diferentes. 1 = 8 de junio, 2 = 25 de Junio, 3 = 26 de Junio y 4 = 28 de Junio de 2007

Como era de esperarse, la transpiración tuvo una relación directa con la fotosíntesis. En general la transpiración tuvo una tendencia a la disminución durante las cuatro fechas en que se hicieron las evaluaciones (Figuras 6 y

7) tanto en las plantas cultivadas como en las silvestres o malezas. Sin embargo la eficiencia en el uso del agua (EUA) fue considerablemente mayor en el quelite en las cuatro fechas. Le siguió en EUA el pasto pega ropa y luego el maíz.

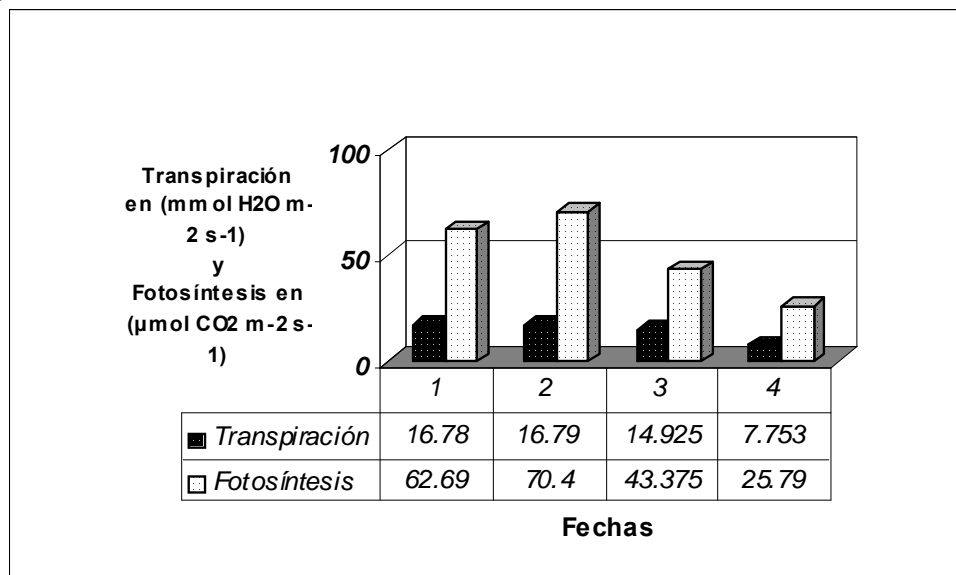


Figura 6: Transpiración comparada con Fotosíntesis en Quelite en 4 Fechas diferentes. 1 = 8 de junio, 2 = 25 de Junio, 3 = 26 de Junio y 4 = 28 de Junio de 2007

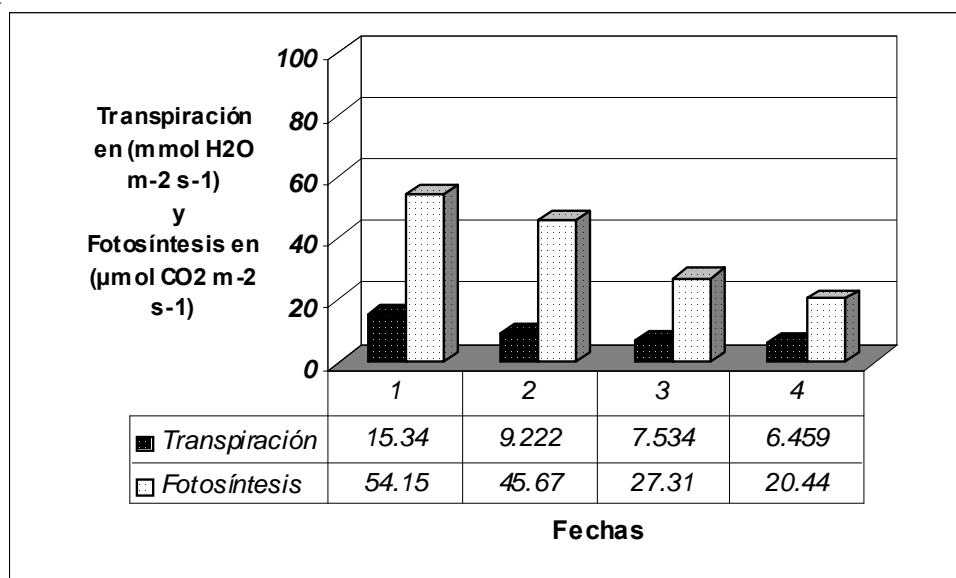


Figura 7: Transpiración comparada con Fotosíntesis en Maíz en 4 Fechas diferentes.

1 = 8 de junio, 2 = 25 de Junio, 3 = 26 de Junio y 4 = 28 de Junio de 2007

Otra ventaja de las malezas y particularmente del quelite es que pueden poseer una mayor eficiencia en el uso del agua, lo que les permite crecer y desarrollarse en condiciones más desfavorables de humedad que las plantas cultivadas y por tanto competir exitosamente con ellas por el espacio y los recursos ambientales disponibles.

Recibido: Jun. 19, 2008
Aceptado: Sept. 10, 2008

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que las malezas tienen mayores tasas fotosintéticas que las plantas cultivadas, lo que les da una ventaja competitiva.

El quelite mostró una mayor competitividad por poseer una mayor tasa fotosintética y una mayor eficiencia en

el uso del agua, lo que le permite obtener un mayor crecimiento y desarrollo aun en condiciones desfavorables.

El Quelite, maleza con ciclo fotosintético C_4 , tuvo las mayores tasas fotosintéticas que el resto de las malezas que son C_3 y las plantas cultivadas incluido el maíz (ciclo fotosintético C_4).

El maíz tuvo mayores tasas fotosintéticas que el resto de las plantas cultivadas que son de ciclo fotosintético C_3 .

LITERATURA CITADA

- Elías, 2003. Malherbología, Escuela Politécnica Superior de Córdoba España, Dpto. Biología Vegetal y Ecología. <http://www.ual.es/personal/edana/bot/mh/temas/t6.doc> (Recuperado el 10 de septiembre de 2007)
- FAO.1987. "Manejo de Malezas". Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal - 120) Impreso en Italia. <http://www.fao.org/docrep/T1147S/T1147S00.htm> (Recuperado 20 Agosto de 2007)
- Gómez B. 1993. Control químico de la maleza. Editorial Trillas. México.
- Rodríguez, L. 2006. Unidad de Malezas, Departamento de Protección Vegetal, Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay.