

Implantación de la Loranthaceae hemiparásita Phthirusa pyrifolia (H.B.K.) Eichl. en especies de un agroecosistema cafetero

Fresia Torres* & Miguel Montilla** (†)

RESUMEN

Se analiza la implantación haustorial, las características estructurales de los vasos del xilema: longitud y diámetro y el potencial hídrico foliar de la hemiparásita *Phthirusa pyrifolia* (H.B.K.) Eichl. y de dos especies hospedadoras de un agroecosistema cafetero: *Coffea arabica* L. e *Inga edulis* H.B.K.

La hemiparásita muestra plasticidad en el tipo de implantación y en las dimensiones de los elementos conductores del xilema, adaptándose a las características de las especies hospedadoras. El ataque de *P. pyrifolia* es mayor en café, el cual es alrededor de todo el diámetro del tallo, ocasionando un efecto detrimental más acentuado que en *Inga* y que se expresa en potenciales hídricos foliares más negativos.

Palabras clave: *Coffea arabica* L., *Inga edulis* H.B.K., *Phthirusa pyrifolia* (H.B.K.) Eichl., Hemiparasitismo, Potencial hídrico foliar, Haustorio.

ABSTRACT

Implantation of the Loranthaceae hemiparasite *Phthirusa pyrifolia* (H.B.K.) Eichl. in species of a coffee agroecosystem.

The haustorial implantation, structural characteristics of the xylem vessels: length and diameter, and the foliar leaf analysed in a hemiparasite species of a coffee agroecosystem: *Coffea arabica* L. and *Inga edulis* H.B.K.

The hemiparasite exhibits plasticity in the type of implantation and the dimensions of the conductive elements of the xylem, adapting itself to the characteristics of the host species. The attack of *P. pyrifolia* is more pronounced in the coffee plants, involving the entire diameter of the stem, and producing a more detrimental effect than in *Inga*, which is expressed as lower water potentials.

Key words: *Coffea arabica* L., *Inga edulis* H.B.K., *Phthirusa pyrifolia* (H.B.K.) Eichl., Hemiparasitism, Leaf water potential, Haustorium.

INTRODUCCIÓN

En las investigaciones sobre la implantación de plantas parásitas y hemiparásitas en plantas hospedadoras, la zona haustorial ha sido objeto de numerosos estudios anatómicos y morfológicos (KUIJT, 1969). En el caso de las hemiparásitas, plantas autótrofas que pueden proveerse de sus requerimientos energéticos, el haustorio constituye el órgano parasítico especializado que las une estructural y fisiológicamente con las plantas hospedantes y por el cual pasan el agua y los nutrientes minerales necesarios para su desarrollo (TSIVION, 1975; ATSATT, 1983).

Phthirusa pyrifolia es una planta hemiparásita generalista que crece sobre una gran variedad de especies arbóreas y arbustivas, y dependiendo del hospedante adapta el desarrollo y estructura de su haustorio, así como otras características de índole fisiológico (KUIJT, 1965; KUIJT & TOTH, 1976; PINTO, 1984; EL-SHARRKAWY & AL., 1986; MONTILLA & AL., 1989).

Los objetivos de este trabajo fueron: estudiar la forma de implantación y el desarrollo haustorial de *P. pyrifolia* sobre dos mesoneros: *Coffea arabica* var. *caturrea* (Rubiaceae) e *Inga edulis* H.B.K.

*Centro Jardín Botánico

**Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales (CIELAT)
Facultad de Ciencias, ULA

(Leguminosae); comparando la densidad de poros, la longitud y el diámetro de los elementos de vasos del xilema de la hemiparásita y de ambos hospedantes; y desde un punto de vista ecofisiológico, analizar los potenciales hídricos foliares de cada sistema hemiparásita-hospedera durante una estación húmeda, de transición y seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está localizada en un cultivo de café bajo sombra parcial de árboles de *I. edulis*, en Tovar Estado Mérida, Venezuela (82° 51' N, 72° 45' O), cuyas características fueron descritas por MONTILLA & AL. (1989).

Estudio anatómico: Se trabajó con tallos infectados de las dos especies hospedantes, colectados en el sitio indicado y fijados en FAA. Se hicieron cortes transversales y longitudinales permanentes según la técnica de JOHANSEN (1940) para analizar la intromisión y forma del haustorio, además de las características estructurales del xilema de los hospedantes y de la hemiparásita.

Para medir la longitud y el diámetro de los elementos de vasos del xilema de las plantas, se maceró material en una mezcla de ácido acético glacial y peróxido de hidrógeno en partes iguales. La densidad de los poros por unidad de superficie de cada hospedante se obtuvo contándolos en 10 campos de 1 mm² y obteniendo la media.

Las fotomicrografías de los cortes anatómicos son originales, tomadas en microscopio Zeiss Axioskop y los dibujos esquemáticos fueron hechos con cámara lúcida.

Mediciones ecofisiológicas: Los potenciales hídricos foliares se estimaron de las mediciones con la cámara de presión (PMS modelo 600) realizadas aproximadamente cada hora durante un lapso diurno desde las 7 hasta las 18 horas. Cada vez se tomaban tres hojas por especie, las cuales se colocaban en bolsas de polietileno e inmediatamente se les determinaba el potencial hídrico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL XILEMA

Se encuentran diferencias en la longitud y el diámetro de los vasos del xilema entre las especies hospedantes y la hemiparásita en ambos casos. Tanto el café como la *Inga* exhiben diferencias significativas (t-student, $\alpha = 0,01$) entre el largo y el ancho de los vasos leñosos, los de *Inga* son más cortos, con 220 μm de longitud, y de mayor diámetro (80 μm) que los del café, que muestra elementos de vasos medianos (450 μm) y más delgados (36 μm) (Fig. 1).

El xilema del café muestra además una porosidad difusa, con una alta densidad de poros por unidad de superficie (700 poros/mm²) mientras que *Inga* tiene una densidad moderadamente baja, con 70 poros/mm².

Para el caso de *P. pyrifolia*, la longitud de los elementos de vasos se mantiene sin variación en ambos hospedantes, mientras que el diámetro varía significativamente (t-student, $\alpha = 0,01$) dependiendo del ancho de los vasos de la especie hospedera; este es un carácter que, a diferencia de la longitud, no depende de las características genéticas de las iniciales cambiales de la especie, sino del ambiente (CARLQUIST, 1966), y en este caso está en relación con el diámetro de los elementos de vasos del hospedero. En *Inga*, que muestra más del doble del diámetro que los vasos del café, la hemiparásita exhibe valores significativamente más altos.

IMPLANTACIÓN Y DESARROLLO DEL HAUSTORIO DE *P. PYRIFOLIA*

Phthirusa pyrifolia muestra distintos tipos de implantación dependiendo del mesonero: En *C. arabica*, la conexión entre el haustorio y los elementos de vasos del xilema del hospedero se establece a través de las lenticelas de la peridermis, y atraviesa la corteza hasta la zona cambial (Fig. 2A), donde el tejido embrional del haustorio, con abundantes granos de almidón, se extiende diametralmente alrededor de esta zona de donde emite pro-

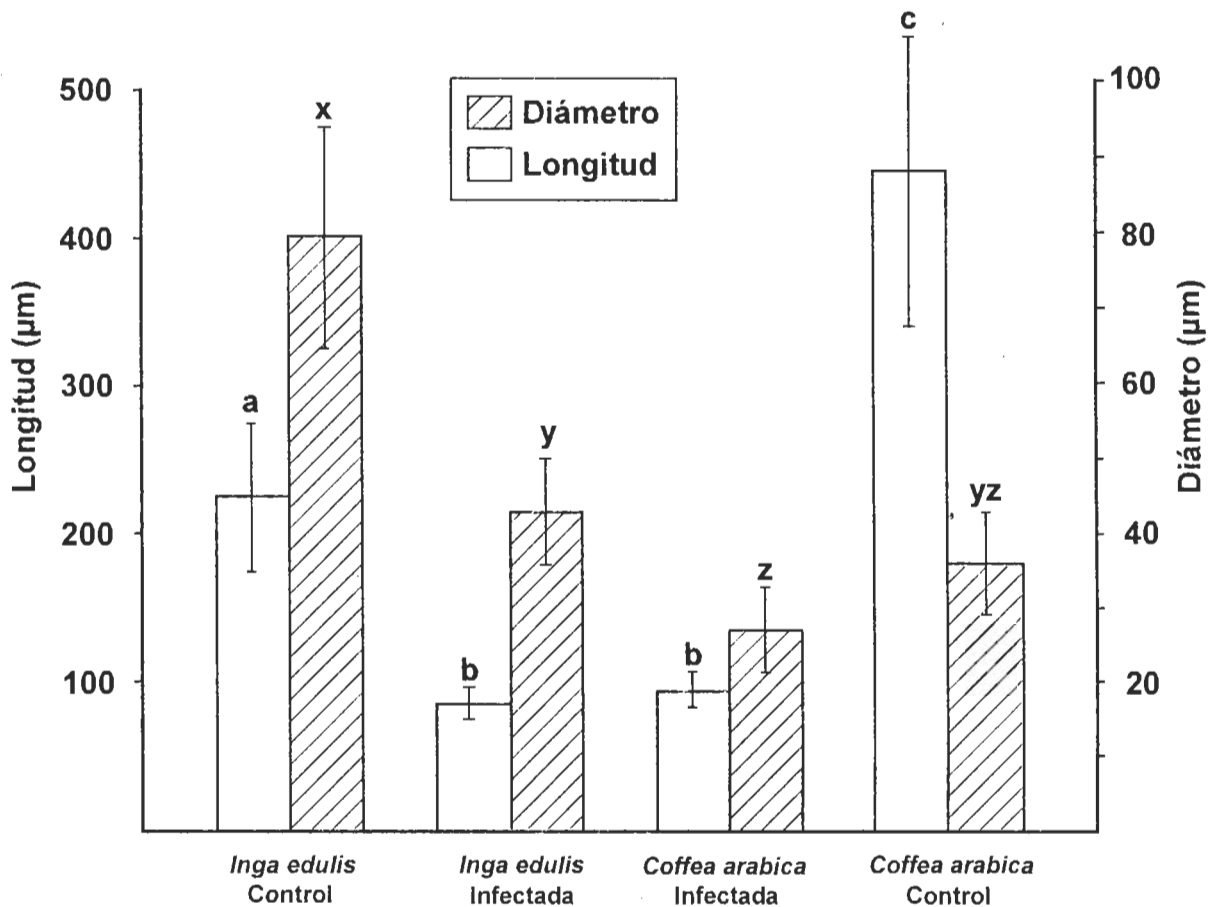


Fig. 1. Dimensiones de los vasos del xilema de los especímenes control e infectados por la hemiparásita. Los valores medios que no muestran una letra en común difieren significativamente; prueba t ($\alpha=0,01$; $n=50$).

longaciones radiales que se conectan con los abundantes vasos del xilema del hospedante (Fig. 3B).

A medida que el cambium crece diametralmente y comienza a formar un nuevo anillo del xilema por sobre el haustorio, este emite ramificaciones que van invadiendo el nuevo tejido xilemático (Fig. 3A). Este proceso descrito se repite en cada período de actividad cambial, hasta que el haustorio invade todo el contorno del tallo del café, lo que permitiría una mayor captación de agua y nutrientes minerales por parte de la hemiparásita.

En este caso, el éxito en el desarrollo del haustorio y, por ende el de la planta parásita, está relacionado desde el punto de vista morfológico con la notable diferencia en longitud de los vasos leñosos entre *P. pyrifolia* y café; la adaptación del diámetro de sus vasos con el de la hospedante, y a

la alta densidad de los vasos del café, lo que permite el establecimiento de abundantes conexiones entre las ramificaciones radiales del haustorio y los elementos de vasos del xilema.

En *I. edulis*, especie arbórea, con tallos más duros y de mayor diámetro, la implantación y desarrollo del haustorio es diferente. En las primeras fases el ataque es similar al del café, hasta que llega a la zona cambial donde el tejido embrional del haustorio, a diferencia de lo que ocurre en el café, no se extiende diametralmente alrededor de esta zona sino que emite algunas prolongaciones radiales que se conectan con los elementos de vasos del xilema del hospedante (Fig. 2B).

Esta modalidad de desarrollo del haustorio es poco agresiva, pues no logra invadir todo el contorno del tallo de *Inga*. En este caso también po-

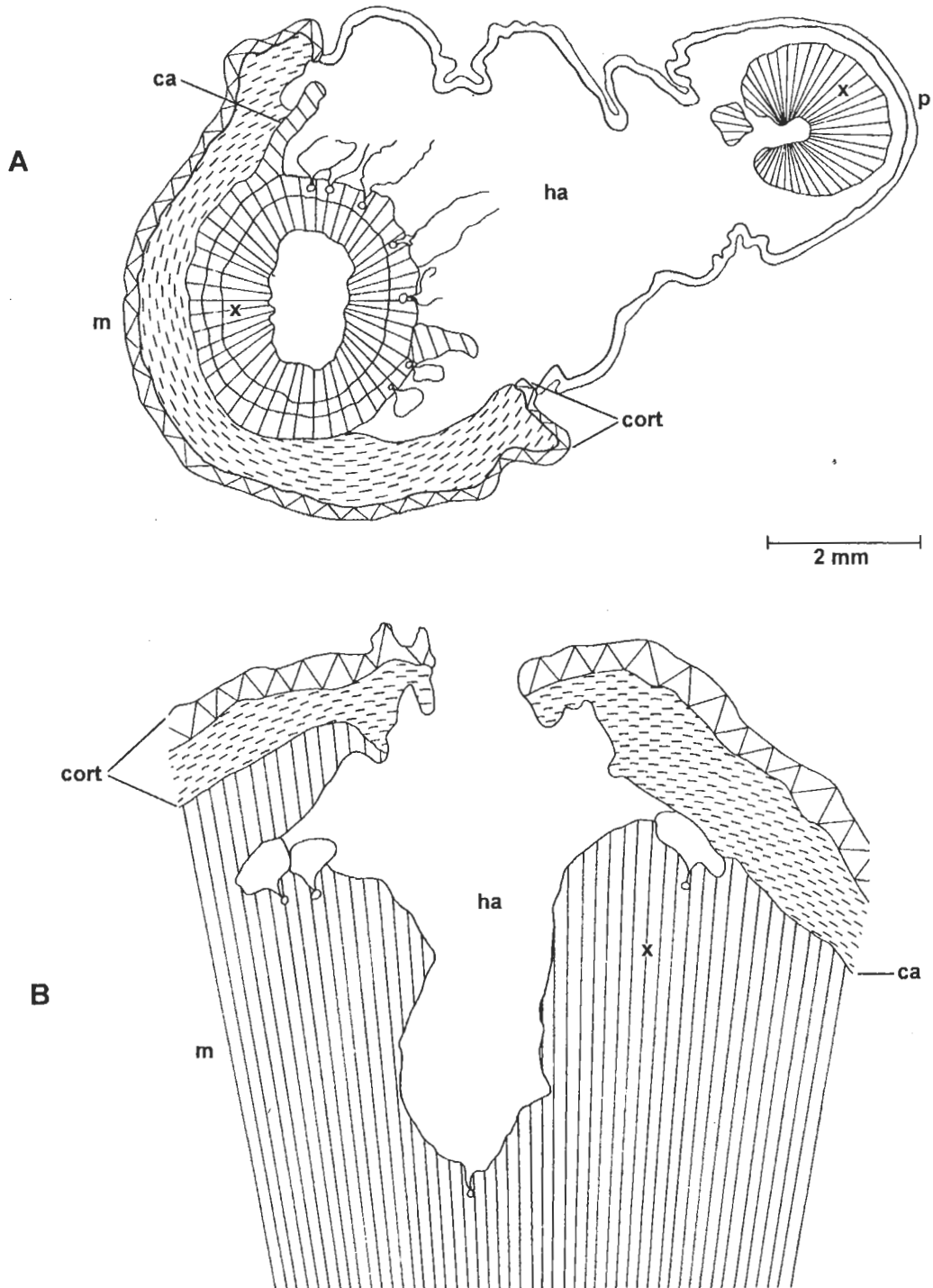


Fig. 2. Corte transversal de tallo con implantación del haustorio de *Phthirusa pyrifolia* en: **A**, *Coffea arabica*; **B**, *Inga edulis*. Abreviaturas: **ca**, cambium; **cort**, corteza; **ha**, haustorio; **m**, mesonero; **p**, parásita; **x**, xilema.

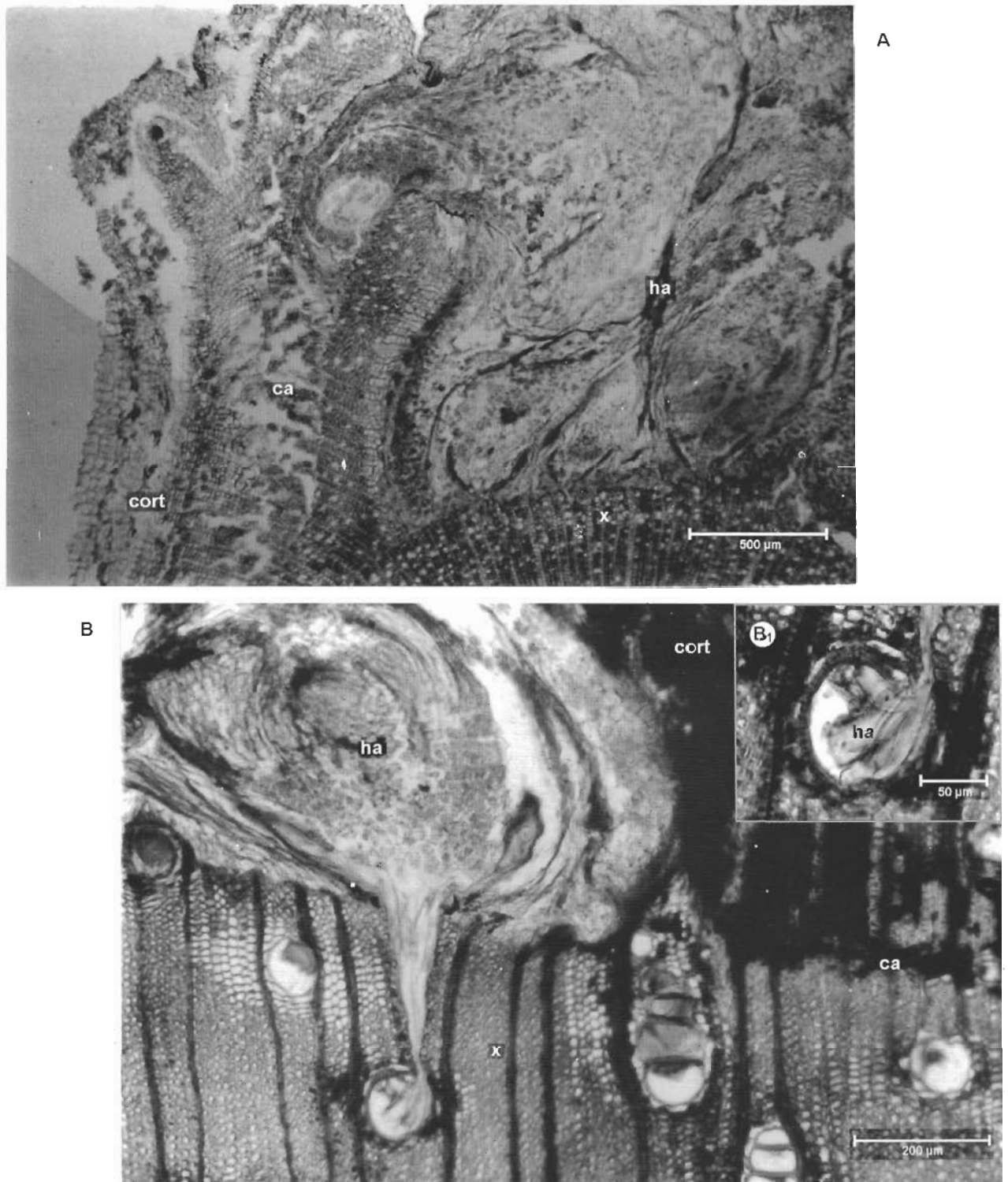


Fig. 3. Corte transversal de tallo con implantación del haustorio de *Phthirus pyrifolia* en: **A**, *Coffea arabica*, con ataque al nuevo xilema; **B**; *Inga edulis* con implantación localizada del haustorio; **B1**; detalle de la conexión con un elemento de vaso del xilema del hospedero. Abreviaturas: **ca**, cambium; **cort**, corteza; **ha**, haustorio; **x**, xilema.

TABLA 1

POTENCIALES HÍDRICOS FOLIARES (Mpa) ($\bar{x} \pm s$) DE LOS HOSPEDANTES Y LA HEMIPARÁSITA

Época	Mes	<i>Coffea arabica</i>		<i>Phthirusa pyrifolia</i>		<i>Inga edulis</i>	
		Control	Infectada	<i>C. arabica</i>	<i>I. edulis</i>	Control	Infectada
Húmeda	Septiembre	1,5±0,4 a	1,9±0,2 ab	2,2±0,2 b	1,9±0,2 ab	1,7±0,1 a	1,8±0,2 a
Transición	Diciembre	1,5±0,1 a	2,0±0,2 b	2,3±0,2 bc	2,1±0,1 b	1,8±0,1 a	1,9±0,1 a
Seca	Marzo	1,8±0,2 a	2,3±0,3 bc	2,5±0,1 c	2,2±0,1 b	1,9±0,2 ab	1,9±0,2 ab

Los valores corresponden a la media de tres ciclos diarios, los que no muestran una letra en común difieren significativamente; prueba t ($\alpha=0,05$; $n=7$).

dría estar jugando un papel la baja densidad de los vasos del hospedante, que no permitiría el establecimiento de un mayor número de conexiones de las ramificaciones radiales del haustorio (Fig. 3B), PINTO (1984), consigue una situación similar en *P. pyrifolia* parasitando a plantas de cítricos.

ROJAS (1984), encontró diferencias en la inserción anatómica de la hemiparásita *Phthirusa maritima* Rizz. en distintas especies de mangle, señalando que tales variaciones dependían del grado de suberización de los tallos, de la anatomía o de mecanismos fisiológicos de defensa de la planta hospedera, tales como segregación de sustancias inhibitorias. Así mismo, TSIVION (1975) señala que la penetración del haustorio dentro de los tejidos del mesonero se produce mediante la acción mecánica y/o enzimática de la hemiparásita, aunque no todas las especies hospederas son igualmente susceptibles al ataque de dichas plantas; encontrándose inclusive, especies vegetales que son totalmente incompatibles anatómica o fisiológicamente con las plantas parásitas en general

Como vemos, dependiendo del tipo de hospedante *P. pyrifolia* muestra plasticidad en la inserción anatómica, igualmente en otros trabajos se ha encontrado que esta misma especie y *Phthirusa maritima* son capaces de ajustar su comportamiento fisiológico al de distintos hospederos. MONTILLA & AL. (1989) encontraron que *P. pyrifolia* muestra patrones de respuesta en los componentes del potencial hídrico y en los flujos transpiratorios adaptados según el caso, al café y a *Inga*. Así mismo, GOLDSTEIN & AL. (1989) encontraron que *P. maritima* acopla sus características fisiológicas, en

términos del balance hídrico y de intercambio gaseoso, a especies hospederas halófitas que crecen en un gradiente de salinidad.

POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR EN EL SISTEMA PARÁSITA-HOSPEDANTE

Posiblemente como resultado del mayor ataque de la hemiparásita en el café, alrededor de todo el diámetro del tallo, el efecto detrimental es más acentuado que en *Inga*. Las plantas parasitadas de café muestran potenciales hídricos foliares más negativos que las de *Inga* infectadas, con respecto a las plantas control (t-student, $\alpha>0.05$) (Tabla 1).

La diferencia entre el café parasitado y su control alcanza 0,4 valores no pasan de 0.1 MPa. & AL. (1990), señalan que las más altas tasas transpiratorias de las hemiparásitas inducen los valores de potencial hídrico más negativo en las plantas parasitadas, siendo también este efecto diferente en cada hospedante, dependiendo del tipo de conexión que se logre establecer.

MONTILLA & AL. (1989) estudiando la ecofisiología de las mismas especies de este trabajo, encontraron que *P. pyrifolia* transpira tres veces más que las plantas de café parasitadas, mientras que en *Inga* este valor llega alrededor de dos veces más. Estas respuestas distintas se reflejan en los potenciales hídricos más negativos de las plantas de café.

CONCLUSIONES

La hemiparásita *P. pyrifolia* muestra plasticidad en el tipo de inserción y en las dimensiones de los elementos conductores del xilema, adaptándose a las características de las especies hospedantes.

Así mismo, los tipos de implantación y desarrollo del haustorio ocasionan distintos efectos fisiológicos en cada hospedero. Estas respuestas adaptativas de *P. pyrifolia* le permiten parasitar un amplio rango de especies, entre las que se encuentran un gran número de plantas de interés agrícola.

BIBLIOGRAFÍA

- ATSATT, P. R. (1983). Host-parasite interactions in higher plants. In: A. PIRSON & M. ZIMMERMANN (EDS.), *Encyclopedia of Plant Physiology*, New Series, Vol 12C, p. 519-531, Physiological Plant Ecology. Springer-Verlag, Berlín.
- CARLQUIST, S. (1966). Wood anatomy of Compositae: A summary, furth comments on factors controlling wood evolution. *Aliso* 6: 25-44.
- EHLERINGER, J. R.; C. COOK & L. TIESZEN (1985). Comparative water use and nitrogen relationship in a mistletoe and its host. *Oecologia* 68: 279-284.
- EL-SHARKAWY, M., J. COCK & A. HERNÁNDEZ (1986). Differential response of stomata to air humidity in the parasitic mistletoe (*Phthirusa pyrifolia*) and its hosts, mandarin orange (*Citrus resitulata*). *Photosynthesis Research* 9: 333-343.
- GOLDSTEIN, G.; F. RADA; L. STEMBERG; J. BURGUERA; M. BURGUERA; A., OROZCO, A; M. MONTILLA; O. ZABALA; A. AZOCAR; J. CANALES & A. CELIS (1989). Gas exchange and water balance of a mistletoe species and its mangrove hosts. *Oecologia* 78: 176-183.
- JOHANSEN, A. (1940). *Plant microtechnique*. McGraw Hill Book Co., New York.
- KUJIT, J. (1965). On the nature and action of the Santalacean haustorium, as exemplified by *Phthirusa* and *Antidaphne* (Loranthaceae). *Acta Bot. Neerl.* 14: 278-307.
- KUJIT, J. (1969). The biology of parasitic flowering plants. University of California Press, Los Angeles.
- KUJIT, J. & R. TOTH (1976). Ultra-structure of angiosperms haustoria: A review. *Ann. Bot.* 40: 1121-1130.
- MONTILLA, M.; A. AZOCAR & G. GOLDSTEIN (1989). Efectos de la hemiparásita *Phthirusa pyrifolia* sobre el balance hídrico de dos hospedantes. *Oecol. Pl.* 10: 379-396.
- OROZCO, A.; F. RADA; A. AZOCAR & G. GOLDSTEIN (1990). How does a mistletoe affect the water, nitrogen and carbon balance of two mangrove ecosystem species? *Plant, Cell & Environ.* 13: 941-947.
- PINTO, M. (1984). *Estudios anatómicos y de germinación en Phthirusa pyrifolia y las relaciones estructurales con su mesonero, Naranja Valencia*. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- ROJAS, M. (1984). Aspectos fisiológicos y nutrición mineral de la angiosperma parásita (*Phthirusa marítima*) de manglar. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- TSIVION, Y. (1975). Physiological concepts of the association between parasitic angiosperms and their hosts: A review. *Israel J. Bot.* 27:103-121.