

Tesis Doctoral

Caracterización de hábitats naturales de triatominos (Heteroptera: Reduviidae): influencia de la temperatura, la humedad relativa y la luz en su distribución espacial

Minoli, Sebastián A.

2004

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Biológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the Master's and Doctoral Theses Collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Minoli, Sebastián A.. (2004). Caracterización de hábitats naturales de triatominos (Heteroptera: Reduviidae): influencia de la temperatura, la humedad relativa y la luz en su distribución espacial. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n3733_Minoli

Cita tipo Chicago:

Minoli, Sebastián A.. "Caracterización de hábitats naturales de triatominos (Heteroptera: Reduviidae): influencia de la temperatura, la humedad relativa y la luz en su distribución espacial". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2004. http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n3733_Minoli

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

FCE y N BIBLIOTECA

3733

Caracterización de hábitats naturales de
triatominos: influencia de la temperatura, la
humedad relativa y la luz en su
distribución espacial

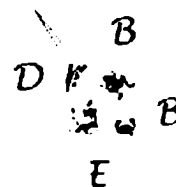


Sebastián A. Minoli

03733



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



Caracterización de hábitats naturales de triatominos
(Heteroptera: Reduviidae): influencia de la
temperatura, la humedad relativa y la luz
en su distribución espacial

Autor: Lic. Sebastián A. Minoli

Director: Dr. Claudio R. Lazzari

Laboratorio de Fisiología de Insectos

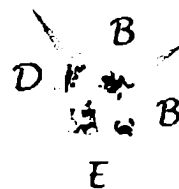
Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental

Tesis para optar al título de
Doctor en Ciencias Biológicas

2004



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



Characterization of natural habitats of triatomines:
influence of the temperature, the relative humidity
and the light in their spatial distribution

Author: Lic. Sebastián A. Minoli

Director: Dr. Claudio R. Lazzari

Laboratorio de Fisiología de Insectos

Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental

Thesis dissertation

Doctor in Biological Sciences

2004

A Romi,

por dedicarme diariamente su vida...

A Sole, mi Mamá y mi Abuela,

por ser las mujeres más importantes de mi vida...

A mis tíos Luis, Moncho y Titino

por guiarme secretamente...

AGRADECIMIENTOS

A mi director Claudio R. Lazzari por la posibilidad que me brindó de desarrollar mis inquietudes personales (o como él lo llama: dispersarme), pero sobre todo por enseñarme a aprender, razonar, dudar, preguntar y debatir.

A Romina Barrozo por el tiempo donado desinteresadamente a la realización de esta Tesis, tanto en charlas personales y correcciones biológicas y gramaticales, como en la edición y compaginación del manuscrito final.

A mis compañeros del laboratorio: Claudio, Tere, Alicia, Gabo, Marcela, Romi, Claudia, José, Mariana, Emilio, Carolina y a las gallaretas del laboratorio vecino: Alicia y Vero, por innumerables charlas, consejos, discusiones y correcciones, pero por sobre todo, por AGUANTARME!!!!

A todos mis amigos por las reuniones en las que todos enaltecemos el trabajo de los demás, recargando las energías para seguir trabajando diariamente.

A la verdulería propia por el fruit delivery.

A mi familia por alentarme a lo largo de mi carrera, interesándose en mis proyectos como si fueran propios.

A la Dra. Liléia Diotaiuti y el Laboratório de Triatomíneos e Epidemiologia da Doença de Chagas por posibilitar la realización de parte de los estudios de campo en Brasil.

A Marcelo Lorenzo y Tim Pires por su impagable ayuda en los estudios de campo realizados en Brasil, y por los buenos momentos compartidos durante las campañas.

A François Noireau por facilitarnos la realización de campañas de muestreo en Brasil.

A Delmi Canale y el Servicio Nacional de Chagas, Córdoba, por posibilitar parte de los estudios de campo y de laboratorio, y por proveer de vinchucas a nuestro laboratorio.

A Raúl Stariolo y su familia, tanto por su ayuda técnica y profesional como por todo el respaldo logístico que me ofrecieron.

A Jorge Nasir y el Servicio Provincial de Chagas del Chaco por posibilitar las campañas realizadas a la zona del Impenetrable, proveyéndonos de movilidad, asesoramiento profesional y apoyo logístico incondicionalmente a lo largo de las campañas.

A Calabaza, Irma, Abelardo, Lorena y Blas por las intensas búsquedas de vinchucas en el monte chaqueño, pero sobre todo por considerarnos parte de su familia durante las campañas.

A Ignacio Minoli, Claudia Zacharías y José Crespo por su invaluable ayuda en las campañas de muestreo, compartiendo desinteresadamente tanto el calor agobiante, como las pulgas, los mosquitos y las víboras.

A Diego Anfossi por el diseño de programas de digitalización de imágenes.

A las distintas entidades que otorgaron los subsidios necesarios para el desarrollo de este Tesis:

- Organización Mundial de la Salud UNDP/WORLD BANK/WHO – TDR.
- Universidad de Buenos Aires.
- CONICET.
- CAPES / SETCYP

RESUMEN	9
<i>ESPAÑOL</i>	9
<i>INGLÉS</i>	10
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	11
<i>GENERALIDADES DE LOS INSECTOS TRIATOMINOS</i>	12
<i>DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS TRIATOMINOS</i>	17
<i>RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA</i>	23
<i>TERMO- E HIGRORRECEPCIÓN EN INSECTOS</i>	26
<i>TERMOPREFERENCIA</i>	28
<i>HIGROPREFERENCIA</i>	30
<i>EL COMPORTAMIENTO DE LOS TRIATOMINOS FRENTE A LA LUZ</i>	31
CAPÍTULO 2. TEMPERATURA	34
<i>LA TEMPERATURA Y LA SELECCIÓN DE REFUGIOS</i>	35
<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i>	36
<i>PORTE I. ENSAYOS DE LABORATORIO</i>	36
<i>INSECTOS UTILIZADOS</i>	37
<i>GRADIENTES DE TEMPERATURA</i>	38
<i>REGISTRO DE PREFERENCIA TÉRMICA</i>	41
<i>PROTOCOLO EXPERIMENTAL</i>	42
<i>ANÁLISIS DE LOS DATOS</i>	43
<i>PORTE II. TRABAJO DE CAMPO</i>	45
<i>SITIOS DE MUESTREO</i>	46
<i>SENSORES DE TEMPERATURA</i>	47
<i>RESULTADOS</i>	49
<i>PORTE I. ENSAYOS DE LABORATORIO</i>	49
<i>TERMOPREFERENCIA EN LAS VINCHUCAS: DIFERENCIAS ENTRE ESPECIES Y EFECTO DEL ESTADO NUTRICIONAL</i>	49

<i>TERMOPREFERENCIA EN TRIATOMA INFESTANS</i>	49
<i>TERMOPREFERENCIA EN TRIATOMA SORDIDA</i>	51
<i>TERMOPREFERENCIA EN TRIATOMA GUASAYANA</i>	52
<i>TERMOPREFERENCIA EN RHODNIUS PROLIXUS</i>	53
<i>COMPARACIONES INTERESPECÍFICAS</i>	54
PARTE II. TRABAJO DE CAMPO	56
<i>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DATOS</i>	56
<i>DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN AMAMÁ (S 27° 12' 37.4'' W 063° 02' 32.3'')</i>	57
<i>DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN STA. MA. DE PUNILLA (S 31° 23' 56.1'' W 064° 10' 55.7'')</i>	63
<i>DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN JUAN JOSÉ CASTELLI (S 25° 56' 00.4'' W 060° 28' 37.8'')</i>	69
<i>DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN TOCANTINÓPOLIS (S 06° 18' 32.0'' W 047° 24' 51.3'')</i>	76
<i>DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN CURACÁ (S 09° 00' 02.0'' W 039 52' 49.3'')</i>	81
CAPÍTULO 3. HUMEDAD RELATIVA	86
<i>LA HUMEDAD Y LA SELECCIÓN DE REFUGIOS</i>	87
<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i>	88
<i>PARTE I. ENSAYOS DE LABORATORIO</i>	88
<i>INSECTOS UTILIZADOS</i>	89
<i>GRADIENTES DE HUMEDAD RELATIVA</i>	90
<i>REGISTRO DE PREFERENCIA HÍGRICA</i>	93
<i>PROTOCOLO EXPERIMENTAL</i>	94
<i>ANÁLISIS DE LOS DATOS</i>	94
<i>PARTE II. TRABAJO DE CAMPO</i>	96
<i>SITIOS DE MUESTREO</i>	96
<i>SENSORES DE HUMEDAD RELATIVA</i>	98
<i>RESULTADOS</i>	99
<i>PARTE I. ENSAYOS DE LABORATORIO</i>	99

<i>HIGROPREFERENCIA EN LAS VINCHUCAS: DIFERENCIAS ENTRE ESPECIES Y EFECTO DEL ESTADO NUTRICIONAL</i>	99
<i>HIGROPREFERENCIA EN TRIATOMA INFESTANS</i>	100
<i>HIGROPREFERENCIA EN TRIATOMA SORDIDA</i>	101
<i>HIGROPREFERENCIA EN TRIATOMA GUASAYANA</i>	103
<i>HIGROPREFERENCIA EN RHODNIUS PROLIXUS</i>	104
<i>COMPARACIONES INTERESPECÍFICAS</i>	106
PARTE II. TRABAJO DE CAMPO	109
<i>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DATOS</i>	109
<i>DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN AMAMÁ (S 27° 12' 37.4" W 063° 02' 32.3")</i>	110
<i>DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN STA. MA. DE PUNILLA (S 31° 23' 56.1" W 064° 10' 55.7")</i>	117
<i>DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN JUAN JOSÉ CASTELLI (S 25° 56' 00.4" W 060° 28' 37.8")</i>	124
<i>DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN TOCANTINÓPOLIS (S 06° 18' 32.0" W 047° 24' 51.3")</i>	132
<i>DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN CURACÁ (S 09° 00' 02.0" W 039 52' 49.3")</i>	139
CAPÍTULO 4. LUZ	144
<i>LA LUZ Y EL VUELO DE LAS VINCHUCAS</i>	145
<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i>	147
<i>PARTE I. ENSAYOS DE LABORATORIO</i>	147
<i>INSECTOS UTILIZADOS</i>	147
<i>DISPOSITIVO EXPERIMENTAL. CARPAS DE VUELO</i>	148
<i>REGISTRO DE LA ORIENTACIÓN RELATIVA A LA FUENTE DE LUZ</i>	152
<i>PROTOCOLO EXPERIMENTAL</i>	153
<i>ANÁLISIS DE LOS DATOS</i>	154
<i>PARTE II. TRABAJO DE CAMPO</i>	155
<i>SITIOS DE MUESTREO</i>	155

	<u>DISPOSITIVO EXPERIMENTAL. TRAMPAS DE LUZ</u>	156
	<u>PROTOCOLO EXPERIMENTAL</u>	159
<u>5.</u>	<u>RESULTADOS</u>	160
	<u>PARTE I. ENSAYOS DE LABORATORIO</u>	160
	<u>MOTIVACIÓN PARA INICIAR EL VUELO EN VINCHUCAS</u>	161
	<u>LA LUZ COMO CLAVE DE ORIENTACIÓN EN TRIATOMA INFESTANS</u>	162
	<u>LA LUZ COMO CLAVE DE ORIENTACIÓN EN RHODNIUS PROLIXUS</u>	165
	<u>PARTE II. TRABAJO DE CAMPO</u>	169
	<u>TRAMPAS DE LUZ</u>	169
	<u>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN</u>	172
<u>5.1</u>	<u>MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA</u>	175
<u>5.2</u>	<u>TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA: PREFERENCIA ESPONTÁNEA</u>	179
<u>5.3</u>	<u>LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA MICROAMBIENTALES: SELECCIÓN DE HABITATS</u>	183
<u>5.4</u>	<u>MICRO Y MACROCLIMA</u>	189
<u>5.5</u>	<u>LA LUZ COMO CLAVE DE ORIENTACIÓN PARA LAS VINCHUCAS</u>	193
<u>5.6</u>	<u>ALCANCE Y RELEVANCIA DE ESTE TRABAJO</u>	194
	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	197

Caracterización de hábitats naturales de triatominos: influencia de la temperatura, la humedad relativa y la luz en su distribución espacial

Tesis Doctoral de Sebastián A. Minoli
Dirigida por Claudio R. Lazzari

Resumen

La presente Tesis Doctoral analiza cómo variables ambientales, tales como la temperatura (T°), la humedad relativa (HR) y la iluminación pueden afectar la selección de hábitats por parte de los insectos triatominos. El análisis se llevó a cabo integrando estudios de laboratorio y de campo, a fin de realizar una evaluación global de la problemática. En el laboratorio, en 4 especies de triatominos y en individuos de diverso estado nutricional (i.e. *ayunados* o *alimentados*), se realizaron experimentos de preferencia térmica e hídrica en gradientes artificiales de T° y de HR, respectivamente. Las diferentes especies prefirieron permanecer en zonas con temperaturas entre 21°C y 32°C . En todos los casos se pudo constatar una preferencia por parte de las vinchucas por ambientes de baja humedad relativa. La comparación entre especies reveló que *Triatoma sordida* y *T. guasayana* presentaron una marcada preferencia por temperaturas relativamente más elevadas (*Ayunados*: $31,5^{\circ}\text{C}$ y $31,76^{\circ}\text{C}$; *Alimentados*: $31,79^{\circ}\text{C}$ y $31,87^{\circ}\text{C}$, respectivamente) y una preferencia por ambientes relativamente más secos (*Ay*: 11,52% y 13,80%, *Al*: 7,21% y 8,16%, respectivamente). Por otro lado, *Rhodnius prolixus* prefirió ambientes con los menores valores de T° (*Ay*: $25,35^{\circ}\text{C}$, *Al*: $21,49^{\circ}\text{C}$) y humedades relativas no tan bajas (*Ay*: 18,48%, *Al*: 13,17%). *T. infestans* prefirió T° intermedias (*Ay*: $26,28^{\circ}\text{C}$, *Al*: $29,38^{\circ}\text{C}$), presentando una marcada diferencia entre insectos ayunados y alimentados en cuanto a su higropreferencia (*Ay*: 21,30%, *Al*: 10,74%). Los estudios de campo realizados en distintas regiones de la Argentina y Brasil con alta incidencia de triatominos, permitieron el análisis de la dinámica diaria de temperatura y de humedad relativa en el interior de refugios naturales de vinchucas (*microclima*) y compararla con la dinámica ambiental local (*macroclima*). En el interior de la gran mayoría de los refugios analizados, se registraron variaciones *microambientales* de menor amplitud diaria respecto de la T° y la HR *macroambiental*, evidenciando un efecto de amortiguación de la variación de dichas variables por parte de los refugios. En algunos casos, tal amortiguación fue claramente asimétrica, generando en el interior de los refugios valores medios de T° y HR diferentes de la media *macroambiental*. Este resultado revela que las vinchucas pueden experimentar en el interior de los refugios un *microclima* considerablemente diferente al clima regional. El efecto de la luz en la distribución espacial de las vinchucas se analizó a través del estudio de su atracción hacia fuentes de luz artificial. En el laboratorio se estudió la orientación de *T. infestans* y *R. prolixus* en vuelo frente a fuentes de luz artificial de distinta calidad espectral. *T. infestans* mostró una tendencia significativa a volar en dirección a una fuente de luz blanca, pero no mostró la misma respuesta frente a una fuente de luz UV. *R. prolixus*, por su parte, se orientó marcadamente hacia la fuente de luz blanca, y presentó un comportamiento bimodal de atracción/repulsión con respecto a la fuente de luz UV. En los estudios de campo se instalaron trampas de luz en zonas endémicas de triatominos. Se probaron fuentes de luz portátiles de distinto tipo y calidad espectral en cuanto a su capacidad para atraer a las vinchucas. Las trampas se colocaron en diversas zonas de la Argentina y Brasil, pero sólo se capturaron *T. brasiliensis* y *T. pseudomaculata* en la localidad de Curaçá (Brasil). A partir de los resultados obtenidos, se discute la relación entre el *microclima* en el interior de los refugios de las vinchucas y el clima local, así como la influencia de ambos en la distribución actual y potencial de las vinchucas. Se discute, además, la importancia de la presencia de luces artificiales, como factor que favorecería el ingreso de las vinchucas a las viviendas humanas.

Palabras Clave

Triatominos, temperatura, humedad relativa, luz, microclima, distribución espacial, vuelo, orientación, trampas, Enfermedad de Chagas.

Characterization of natural habitats of triatomines: influence of the temperature, the relative humidity and the light in their spatial distribution

Dissertation by Sebastián A. Minoli
Supervised by Claudio R. Lazzari

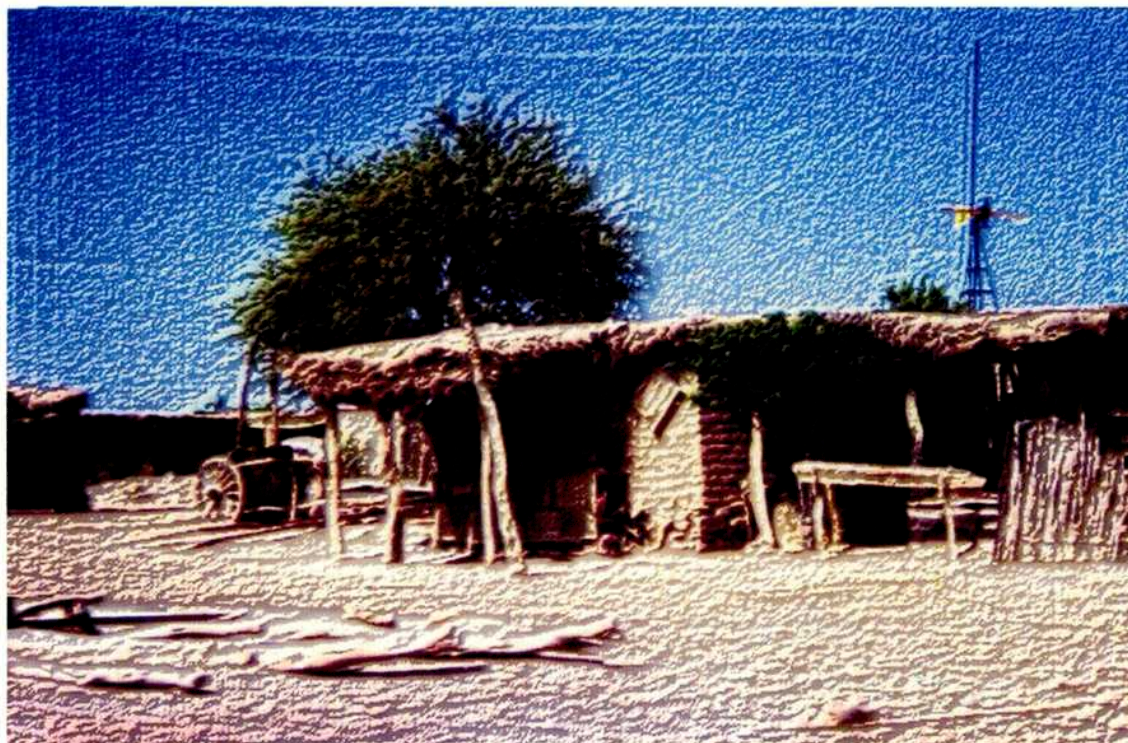
Abstract

The present Doctoral Thesis analyses how environmental variables, such as the temperature (T°), the relative humidity (HR) and the illumination can affect the selection of habitats by triatomine insects. The analysis was carried out integrating laboratory and field studies, as a global evaluation of the query. In the laboratory, in 4 triatomine species and in individuals with different nutritional states (i.e., *starved* or *fed*), we carried out thermo- and hygropreference experiments using artificially generated gradients of T° and HR, respectively. The different species preferred ambients with temperatures between 21°C and 32°C. In all cases we could corroborate the preference of these bugs for ambients with low relative humidity. The comparison between species, revealed that *Triatoma sordida* and *T. guasayana* exhibited a marked preference for relatively higher temperatures (*Starved*: 31.5°C and 31.76°C; *Fed*: 31.79°C and 31.87°C, respectively), and for relatively drier ambients (*St*: 11.52% and 13.80%; *Fed*: 7.21% and 8.16%, respectively). On the other hand, *Rhodnius prolixus* preferred ambients with the lower values of T° (*St*: 25.35°C; *Fed*: 21.49°C) and not so low relative humidities (*St*: 18.48%; *Fed*: 13.17%). *T. infestans* preferred intermediate T° (*St*: 26.28°C; *Fed*: 29.38°C), expressing a marked difference between *starved* and *fed* insects in their hygropreference (*St*: 21.30%; *Fed*: 10.74%). Field studies carried out in different regions of Argentina and Brasil with high incidence of triatomines, allowed the analysis of the daily dynamic of temperature and relative humidity inside natural refuges of these bugs (*microclimate*), and to compare it with the local ambient dynamic (*macroclimate*). In the interior of most analysed shelters, *microambiental* daily variations of less amplitude than the *macroambiental* T° and HR were registered, evincing a damping effect of the variation of such variables caused by the refuges. In some cases the damping was clearly asymmetric, generating averaged values of T° and HR inside the shelters different from the *macroambiental* ones. This result reveals that triatomines can be experiencing a *microclimate* considerably different from the regional weather. The effect of the light in the spatial distribution of triatomines was analysed studying their orientation towards artificial lights. In the laboratory, the orientation of flying *T. infestans* and *R. prolixus* confronted to different spectral quality lights was studied. *T. infestans* showed a significant tendency to fly towards a white light, but did not show the same response when confronted to an UV light. *R. prolixus*, strongly preferred to fly towards the white light, and exhibited a bimodal attraction/repellency behaviour in respect to the UV light. In field studies, we mounted light-traps in endemic triatomine areas. We tested the efficiency of different illuminating devices as attractants. The traps were located in diverse regions of Argentine and Brasil, but triatomines were captured only in the locality of Curaçá (Brasil). The results here obtained are analysed in order to discuss the relation between the *microclimate* in the interior of the refuges occupied by triatomines and the local climate, as well as the influence of both of them in the actual and potential distribution of these insects. Moreover, we discuss the importance of the presence of artificial lights as a feature that could favour the incoming of triatomines to human dwellings.

Keywords

Triatomines, temperature, relative humidity, light, microclimate, spatial distribution, flight, orientation, traps, Chagas Disease.

CAPÍTULO 1



INTRODUCCIÓN

*Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla
mientras el género humano no escucha.*
Victor Hugo



GENERALIDADES DE LOS INSECTOS TRIATOMINOS

Vinchucas (Argentina, Uruguay, Chile), *barbeiros* (Brasil), *uluchis* (Bolivia), *chupos* (Venezuela), *pitos* (México), *chinchas besuconas* o *kissing bugs* (Estados Unidos), son algunos de los nombres con los que comúnmente se conoce a los triatominos. Estos insectos pertenecen al orden Hemiptera, suborden Heteroptera, familia Reduviidae, subfamilia Triatominae. Actualmente se encuentran descritas más de 130 especies dentro de este grupo, cuyo carácter diagnóstico dentro del orden es la hematofagia obligada de sus integrantes. Los triatominos son insectos paurometábolos, *i.e.* sus larvas son morfológicamente muy similares a los adultos, aunque de menor tamaño y sin alas, compartiendo hábitat y nicho trófico con ellos. Como todos los insectos, las vinchucas son organismos ectotermos, es decir no son capaces de controlar fisiológicamente la temperatura de su cuerpo, por lo que la temperatura ambiental cumple un papel importante en la biología general de estos organismos, afectando de manera directa su fisiología, y, por lo tanto, su distribución espacial y geográfica. La mayoría de las especies de vinchucas se alimentan de sangre de animales endotermos, con quienes conviven en cercana relación. Son una excepción a esta generalidad, especies como *Dipetalogaster maxima* y *Triatoma guasayana*, que se alimentan también de sangre de reptiles (Carcavallo *et al.* 1998). Las vinchucas son, en su mayoría, de hábitos nocturnos, aprovechando los momentos en los que sus hospedadores duermen para realizar



gran parte de sus actividades, disminuyendo así la probabilidad de ser detectados y evitando comportamientos agresivos o de defensa por parte de ellos. Varias especies de triatominos incluyen al hombre dentro de su grupo de hospedadores, siendo *Triatoma infestans*, *T. dimidiata*, *T. brasiliensis*, *Panstrongylus megistus* y *Rhodnius prolixus* las más comúnmente encontradas en el interior o alrededores de los domicilios humanos.

Los triatominos son los únicos insectos vectores del parásito flagelado *Trypanosoma cruzi*, agente causante de la enfermedad de Chagas. Esta tripanosomiasis americana se encuentra catalogada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como la tercera enfermedad más importante en América latina. Actualmente existen cerca de 20 millones de personas infectadas con este parásito y se estima que alrededor de 200 millones se encuentran en peligro de contraerlo (OMS 2000). Además de la transmisión vectorial, i.e. mediada por las vinchucas, existen otras formas de contagio de la enfermedad de Chagas, como ser la transmisión vertical de madre a hijo durante el parto y a través de transfusiones de sangre, entre otras. Sin embargo, la transmisión a través de las heces de los triatominos es la principal causante de la amplia distribución de esta enfermedad en América latina. Hasta el momento se ha comprobado que más de la mitad de las especies de triatominos son fisiológicamente sensibles a ser parasitados por *T. cruzi*, ya sea natural o artificialmente. La facultad que poseen estos insectos de transmitir dicha enfermedad al ser humano se basa principalmente sobre tres factores: 1) la alta especificidad que posee el parásito *T. cruzi* para vivir y desarrollarse en la parte posterior del tubo digestivo de los triatominos; 2) el alto grado de asociación existente entre algunas especies de vinchucas y el hombre y 3)



el corto período de tiempo que media entre la ingesta de sangre y la eliminación de deyecciones. Por ejemplo, *Triatoma infestans* vive casi exclusivamente en el interior de viviendas humanas (denominado en adelante como *domicilio*) o en construcciones periféricas asociadas al hombre (*peridomicilio*), hecho que la convierte en el principal vector de esta enfermedad en el Cono Sur, i.e. zona sur de América de Sur (Lent y Wygodzinsky 1979, Zeledón y Rabinovich 1981). En gran parte de Brasil, esta especie fue casi erradicada a partir de rigurosas campañas de fumigación y educación, convirtiéndose *Panstrongylus megistus* y *Triatoma brasiliensis*, entre otras, en las especies de mayor importancia epidemiológica de la zona. En América central, las especies que se encuentran mayormente asociadas al hombre son *Triatoma dimidiata* y *Rhodnius prolixus*.

A partir de su grado de asociación con el hombre, cada una de las más de 130 especies de vinchucas puede ser incluida en uno de tres grupos funcionales distintos. El primer grupo incluye a aquellas especies que son encontradas únicamente en ambientes silvestres y se alimentan de sangre de animales endotermos no domesticados, como ser monos, roedores, aves, comadrejas, etc, o en algunos casos de sangre de animales ectotermos, tales como ciertos reptiles. Estas especies parecerían tener escasa importancia epidemiológica en la transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas, ya que su contacto con el ser humano es escaso (accidental) o nulo. El segundo grupo, intermedio en cuanto al nivel de vínculo con el hombre, comprende especies de triatominos que se encuentran en ambientes silvestres, aunque también son comúnmente encontradas en el interior o en los alrededores de construcciones humanas. Por último, podemos encontrar especies casi o exclusivamente asociadas al hombre, que viven



tanto en el domicilio como en el peridomicilio, alimentándose en gran medida de sangre humana, además de aquella de los animales domesticados por el hombre. Estas últimas revisten la mayor importancia epidemiológica, ya que se encuentran en contacto permanente con el ser humano, haciendo máxima la probabilidad de transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas. Sin embargo, todas las especies de triatominos, tanto las silvestres como las intermedias y las domésticas, contribuyen a la dispersión e importancia de esta enfermedad. Las especies silvestres pueden mantener un foco de parasitemia constante en poblaciones de animales salvajes, las segundas pueden actuar de transportadoras del parásito hacia las inmediaciones del ser humano y, finalmente, las especies domiciliadas pueden transmitir directamente la enfermedad al hombre, además de mantener el ciclo del parásito dentro del domicilio. Por otra parte, las llamadas intermedias pueden ser capaces de colonizar viviendas cuando especies domiciliadas son eliminadas de su interior, o cuando nuevos asentamiento humanos se instalan en zonas despobladas.

Como se mencionó anteriormente, los triatominos se alimentan casi exclusivamente de sangre de animales endotermos, con quienes viven en íntimo contacto, ya sean salvajes, domésticos o el hombre. En general, eligen refugios constituidos característicamente por lugares estrechos, cercanos al dormitorio de sus hospedadores. La mayoría de las especies de triatominos estudiadas hasta el momento en cuanto a su biología (una pequeña fracción de las especies del grupo) mostró hábitos preferentemente nocturnos. Durante el día permanecen en el interior de sus refugios, en íntimo contacto con el sustrato y agregados con sus conespecíficos (Lorenzo Figueiras *et al.* 1994), en estado akinético o de



inmovilidad prolongada. Esta tendencia tigmotáctica, junto con su tendencia a la evitación de luz o fototaxis negativa (Reisenman y Lazzari 1996) y el ritmo diario de sensibilidad a olores del hospedador (Barrozo *et al.* 2004), resguardan los hábitos nocturnos de estos insectos y evitan su exposición. Los refugios, en tanto que estrechos y profundos, son en general, lugares con poco acceso de luz. Además, el ritmo endógeno de actividad locomotora (Lazzari 1991) los mantiene casi inactivos durante el transcurso del día, mientras que el ritmo diario de sensibilidad al dióxido de carbono (Barrozo *et al.* 2004) reduce las posibilidades de que la cercanía de un hospedador las induzca a abandonar sus refugios durante el día y exponerse así a la predación. Sin embargo, durante la noche se vuelven activos, coincidentemente con la oscuridad en el exterior de sus refugios, la máxima motivación para caminar dictada por su ritmo diario de actividad locomotora y la máxima capacidad de percibir el dióxido de carbono, señal asociada a sus hospedadores. Así, salen de sus refugios al comienzo de la noche (Lorenzo y Lazzari 1996) en búsqueda de alimento, obteniéndolo relativamente fácil, debido a la habitual cercanía entre el refugio y el hospedador, aprovechando además el reposo de sus hospedadores. Para localizar su alimento, las vinchucas utilizan tanto claves químicas, *e.g.* CO₂, ácido láctico, ácidos grasos, etc. (Núñez 1982, Guerenstein y Guerin 2001, Barrozo y Lazzari 2004), como físicas, *e.g.* calor y humedad (Lazzari y Núñez 1989, Flores y Lazzari 1996, Barrozo *et al.* 2003), vibraciones, etc., emitidas por el hospedador. Hacia el final de la noche, y luego de alimentarse, retornan a sus refugios, localizándolos a través de claves químicas de agregación presentes en las heces secas (Lorenzo Figueiras 1994, Lorenzo y Lazzari 1996) depositados alrededor de sus entradas.



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS TRIATOMINOS

La distribución geográfica de los seres vivos en general está determinada por factores bióticos y abióticos. Brevemente, los primeros incluyen modificaciones directas e indirectas que otros seres vivos causan sobre el organismo en estudio (e.g. competencia, predación, disponibilidad de alimento, etc.), mientras que los segundos se refieren a las variables físicas y químicas características del ambiente (temperatura, humedad, etc.). Al ser animales ectotermos, la temperatura y la humedad relativa juegan un papel muy importante en la distribución de los insectos. Así, es muy común encontrar en la literatura trabajos en los que se detalla densidades poblacionales de insectos correlacionadas con mapas de temperatura y/o humedad relativa ambientales. Uno de los objetivos principales de este tipo de estudios es encontrar un marcador ambiental confiable que represente de manera precisa la distribución actual y potencial de la especie en estudio. En el caso de los triatominos, se han realizado esfuerzos para encontrar un marcador ambiental confiable de la distribución geográfica de las diferentes especies de triatominos. En este sentido, Curto de Casas (1983) analizó la T° y la HR ambientales como posibles indicadores de la tasa de infestación de triatominos a lo largo de todo el territorio argentino, encontrando una correspondencia con un déficit anual de saturación menor o igual a 1000 milibares y con temperaturas máximas medias superiores a 20°C. Por otro lado, en la Patagonia argentina, Curto de Casas y Carcavallo (1984) relacionaron densidades de triatominos con el relieve y el clima local, encontrando que las mesetas altas (900 m.n.m.) se comportan como barreras térmicas para especies silvestres. Además concluyen que el número de días con



más de 20°C es el condicionante climático más efectivo en esta zona. Curto de Casas *et al.* (1994, 1999) correlacionaron dos índices climáticos contruidos a partir de la T° y la HR local (“*thermal index*” y “*dryness index*”), clasificando así a las distintas especies de triatominos en relación a dichos índices y a los biomas que ocupan las distintas especies. Por otro lado, varios autores encontraron que la temperatura mínima media mensual resultó ser una de las variables que mejor se correlaciona con la densidad de *Triatoma infestans* en el norte de la Argentina (Gorla y Schofield 1989, Gorla *et al.* 1997, Gorla 1992). Posteriormente, Gorla (2001, 2002) analiza la distribución geográfica de *Triatoma infestans* basada sobre variables biofísicas calculadas a partir de datos obtenidos por satélites meteorológicos. El análisis de variables individuales mostró que la fase anual del índice de vegetación identifica correctamente 80% de sitios donde *T. infestans* está presente y ausente. El análisis confirma además la importancia de la temperatura para la distribución de *T. infestans*, ya que 7 (de un total de 14) descriptores estadísticos de la temperatura del aire identifican correctamente cerca de 70% de los sitios donde está ausente y presente. En relación a otras variables ambientales, Carcavallo *et al.* (1995, 1999), Curto de Casas *et al.* (1996), Galíndez *et al.* (1996), Jurberg *et al.* (1996) y Galvão *et al.* (1998), estudiaron la relación entre la latitud, la altitud y la densidad de triatominos, encontrando que la mayoría de las especies se encontraban en zonas tropicales y subtropicales, entre 100 y 1800 m.n.m., aunque *T. infestans* fue encontrada también a mayores altitudes (4100 m.n.m.) y latitudes (hasta la Patagonia).

La mayor parte de las más de 130 especies de triatominos descritas hasta la actualidad son propias del continente americano, aunque existen especies que se



distribuyen en Australia y parte de Asia (Carcavallo *et al.* 1999, Zeledón 1983). La distribución en detalle de las principales especies del Nuevo Mundo ha sido presentada por varios autores (Zeledón 1974, Zeledón y Rabinovich 1981). *Triatoma infestans* y *T. patagonica* son las especies mas australes, ocupando zonas de la Patagonia argentina, mientras que *T. sanguisuga* es la más boreal, llegando hasta el norte de Estados Unidos. Algunas especies abarcan zonas geográficas muy amplias, como *Panstrongylus geniculatus*, que ha sido encontrada desde el sur de México hasta el norte de la Argentina. Otras, en cambio, son especies de dispersión muy limitada, siendo halladas únicamente en pequeñas áreas, como *T. obscura*, que se encuentra exclusivamente en Jamaica (Carcavallo *et al.* 1999).

En la Argentina, *T. infestans* es el principal vector de la enfermedad de Chagas, encontrándose exclusivamente asociada al ser humano. Además existen otras especies de triatominos, como *T. sordida*, *T. guasayana*, *T. garciabesi*, *T. patagonica* entre otras, que se encuentran tanto en ambientes silvestres como domésticos, y son de gran importancia epidemiológica en nuestro país, tanto por sus hábitos (silvestre y domiciliario), como por su alta abundancia. El clima de las distintas zonas con alta incidencia de *T. infestans* en la Argentina es disímil, tanto al analizarlo en una escala espacial como temporal. Así, existen zonas con climas bastante diferentes, habitadas por una misma especie, y especies que habitan regiones con climas muy distintos.

A pesar del esfuerzo invertido hasta el momento por diferentes investigadores, aún no se ha encontrado un indicador robusto y simple de la distribución y densidad de las poblaciones de estos insectos. Más bien se describen



variables ambientales combinadas que se correlacionan parcialmente con la distribución de alguna de las especies de vinchucas.

En virtud de que las vinchucas habitan ambientes relativamente cerrados, tales como viviendas humanas, corrales, nidos, etc., es dable esperar que en su interior las condiciones ambientales difieran de las externas. Tales microclimas serán los que el insecto experimente a lo largo de la mayor parte de su existencia, por lo que puede suponerse que serán ellas las que determinarán la distribución espacial de estos insectos. De este modo, si bien el clima local tendrá una gran relevancia, ésta podría ser parcial o indirecta, habida cuenta de que la estructura de los ecotopos podía influir sobre las condiciones microambientales reales. Vazquez Prokopek *et al.* (2002) analizaron las condiciones microambientales y la dinámica estacional de diversos ecotopos domésticos y peridomésticos infestados por *T. infestans* en Santiago del Estero. Dichos autores han puesto en evidencia los diferentes grados de amortiguación de las condiciones locales que tienen lugar en el interior de los diferentes microambientes, tales como habitaciones, corrales, etc.

Por otra parte, como se mencionó anteriormente, los triatominos permanecen gran parte de su vida en el interior de ambientes relativamente aislados del exterior y dentro de ellos ocupan refugios aún más aislados, para salir sólo algunas horas durante su período diario de actividad. Al encontrarse en el interior o muy cercanos a los dormitorios de sus hospedadores, los refugios de los triatominos pueden presentar una dinámica climática marcadamente diferente de las condiciones climáticas locales usadas en la elaboración de modelos. Así, el clima en el interior de los refugios, o *microclima*, dependerá del clima local, o *macroclima*, pero también de la arquitectura del refugio (en general estrecha), de

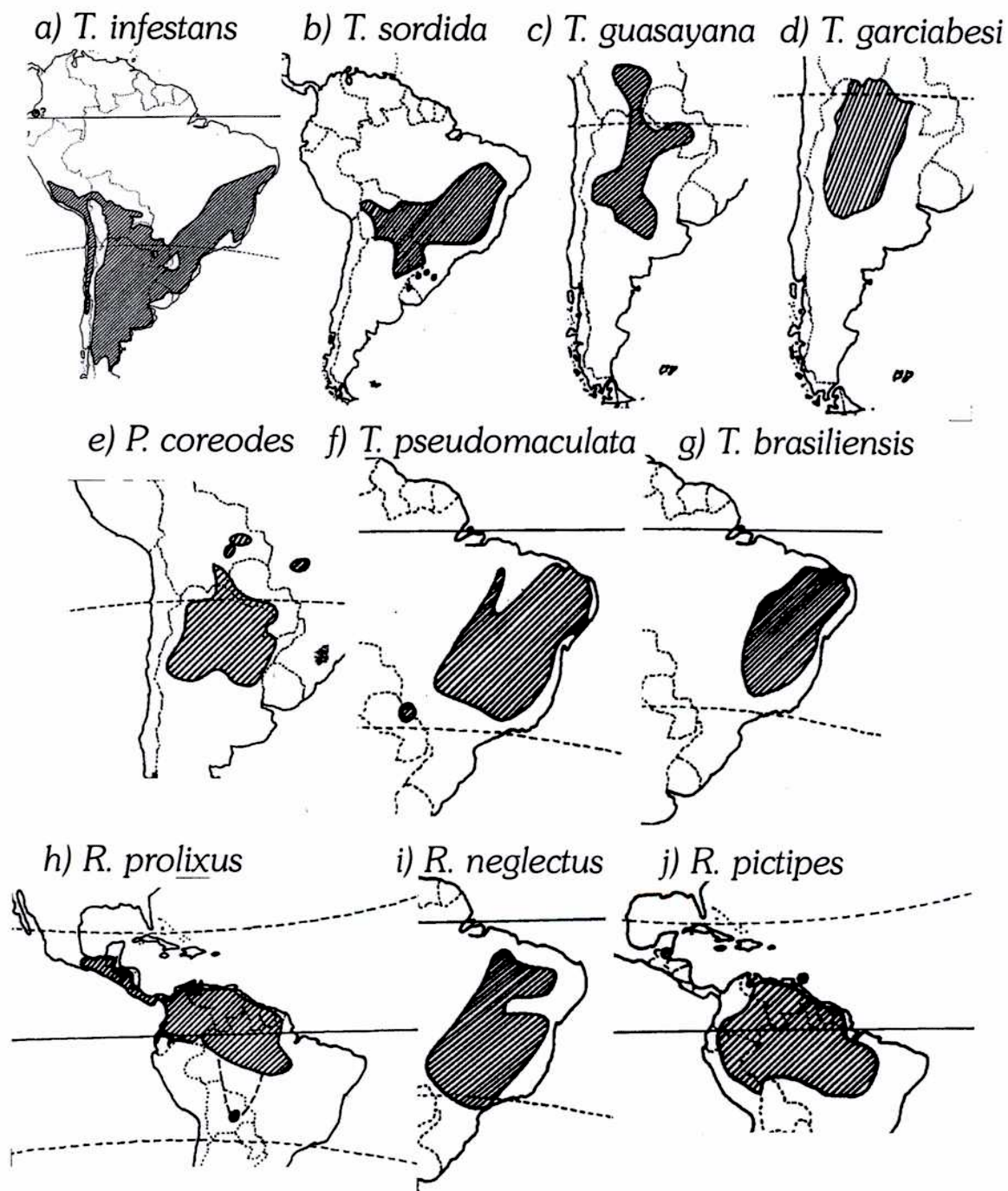


las propiedades físicas y químicas del material del que está hecho el refugio (e.g. adobe, barro, madera, piedra, jarilla, etc.), de la arquitectura del dormitorio del hospedador (e.g. casa humana, nido de ave, madriguera de roedores, etc.), del número y densidad de hospedadores, del volumen de la cavidad, etc. De esta manera, el clima local o *macroclima* sería sólo uno de los múltiples factores que puede modular la distribución de los insectos triatomíneos. En consecuencia, uno de los objetivos de este trabajo fue: *establecer la relación entre el microclima en el interior de los refugios y el macroclima local en distintas zonas de América latina, con el fin de dilucidar la dependencia de la distribución espacial de varias especies de triatomíneos con las variables ambientales.*

A lo largo de esta Tesis Doctoral, se realizaron estudios de laboratorio y de campo, analizando el posible efecto de la temperatura, la humedad relativa y la luz en la distribución geográfica y espacial de varias especies de triatomíneos. Teniendo en cuenta su importancia a nivel epidemiológico, se estudió, ya sea en experimentos controlados en el laboratorio o en ensayos de campo, el comportamiento de las siguientes especies: *Triatoma infestans*, *T. sordida*, *T. guasayana*, *T. garciabesi*, *T. pseudomaculata*, *T. brasiliensis*, *Psammolestes coreodes*, *Rhodnius prolixus*, *R. neglectus*, *R. pictipes*. A continuación (Fig. 1.1) se presentan los mapas de distribución geográfica de las especies mencionadas.



FIGURA 1.1. Distribución geográfica de las especies de triatominos estudiadas en esta Tesis Doctoral (Carcavallo et al. 1999).





RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA

La temperatura es una medida de la cantidad de calor que posee un cuerpo. La teoría cinético-molecular de la materia recibe ese nombre porque admite que las diferentes partículas, átomos y moléculas, que constituyen las sustancias están en continuo movimiento. En los cuerpos sólidos este movimiento es de vibración en torno a puntos fijos o de equilibrio, mientras que en los gases el movimiento es desordenado y zigzagueante, a consecuencia de los choques de las moléculas del gas entre sí. En los líquidos, como estado intermedio, pueden darse ambos tipos de movimiento molecular. La teoría cinético-molecular establece que la energía asociada a esos movimientos moleculares internos es la responsable de los fenómenos caloríficos, y llega a demostrar que cuando se promedian las energías cinéticas individuales de las partículas en movimiento, la energía que resulta es directamente proporcional a la temperatura del cuerpo expresada en grados de temperatura absoluta o de la escala *Kelvin*. Junto a la definición de temperatura basada en nuestros sentidos, que la presentan como una propiedad que caracteriza la cantidad de calor contenida en los cuerpos y rige su transmisión de unos a otros, la teoría cinética propone otra, compatible con la anterior, pero que ofrece la ventaja de explicar cuál es su naturaleza. La temperatura es una medida del nivel de agitación interna de las partículas que constituyen un cuerpo, nivel expresado por el valor de su energía cinética media. Cuanto mayor es la energía media de agitación molecular, tanto mas alta es la temperatura que detecta la sensibilidad de los distintos seres vivos y que aprecian los termómetros.

CAPÍTULO 2



TEMPERATURA

*La oscuridad nos envuelve a todos, pero mientras el sabio
tropieza en alguna pared, el ignorante permanece
tranquilo en el centro de la estancia.*

A. France



LA TEMPERATURA Y LA SELECCIÓN DE REFUGIOS

Dada su condición de animales ectotermos, el intercambio de calor con el ambiente circundante afecta numerosos procesos fisiológicos de las vinchucas. Por esta razón, la elección de refugios adquiere una particular relevancia, ya que la temperatura que impere en su interior afectará de manera directa la biología de estos insectos. En este capítulo se analizó la influencia de la temperatura en la selección y uso de refugios por parte de varias especies de triatominos. En la primera parte (*Parte I*) se presentarán los estudios realizados bajo condiciones controladas de laboratorio sobre la termopreferencia de diferentes especies de triatominos. En la segunda parte (*Parte II*) relataremos los análisis sobre la dinámica diaria y/o estacional de la temperatura medida en el interior de los sitios donde naturalmente habitan estos insectos. Estos dos aspectos, complementarios entre sí, aportarán información relevante para la comprensión de la importancia de la temperatura ambiente en la selección de hábitats en estos insectos vectores.



PARTE I. ENSAYOS DE LABORATORIO

En esta sección se evalúa el efecto de la temperatura del ambiente sobre la distribución espacial de las vinchucas, en experimentos llevados a cabo con individuos de varias especies criados en el laboratorio, y bajo condiciones controladas. Teniendo en cuenta que la termopreferencia en las vinchucas no es una respuesta estática, sino cambiante a lo largo del tiempo, las medidas de preferencia térmica se realizaron de manera continuada en el tiempo. Insectos pertenecientes a 4 especies de triatominos fueron liberados en una arena experimental, en la cual había sido establecido previamente un gradiente de temperatura de valores conocidos. Mediante técnicas de registro y subsiguiente análisis de video-filmaciones tomadas a intervalos fijos de tiempo, se registró la distribución espacial de los insectos y se determinó la temperatura preferida a lo largo de varios días sucesivos de forma continua.

El trabajo se enmarcó en la siguiente hipótesis: *la temperatura de los refugios naturales de las vinchucas afecta su distribución espacial y puede ser responsable de la diferenciación de hábitats observada entre las distintas especies de triatominos*. Se analizaron y compararon las respuestas de preferencia térmica de las diferentes especies de vinchucas y el posible efecto modulador del estado *nutricional* de los insectos en este comportamiento.



INSECTOS UTILIZADOS

Los experimentos de termopreferencia se llevaron a cabo con 4 especies de triatomos, seleccionadas de acuerdo a su importancia epidemiológica y al tipo de ambientes que ocupan naturalmente. Tres de las especies estudiadas pertenecen al género *Triatoma*, y aunque ocupan ambientes disímiles entre sí, se encuentran próximas al domicilio y/o peridomicilio. Éstas fueron: *Triatoma infestans*, *T. sordida* y *T. guasayana*. Sus distribuciones geográficas se superponen parcialmente (Fig. 1.1), siendo *T. infestans* la más ampliamente distribuida. La cuarta especie, *Rhodnius prolixus*, además de por su relevancia como vector de la enfermedad de Chagas, fue elegida como grupo distante al género *Triatoma*, como referencia para la comparación, dado que ocupa tanto hábitats como áreas geográficas distintos (Fig. 1.1).

Todos los experimentos de preferencia térmica fueron realizados utilizando larvas de quinto estadio, ensayadas con distintos niveles de ayuno. En el caso de *T. infestans* y *R. prolixus*, los animales fueron criados en nuestro laboratorio. Se los mantuvo durante todo su desarrollo en una cámara de cría, bajo un régimen de temperatura controlada ($27 \pm 2^\circ\text{C}$) y humedad relativa ambiente. Los insectos fueron alimentados una vez por semana sobre gallinas vivas. Por su parte, los individuos de *T. sordida* y *T. guasayana* utilizados fueron provistos como larvas del quinto estadio por el Servicio Nacional de Chagas, ubicado en Santa María de Punilla, provincia de Córdoba, República Argentina. Las condiciones de temperatura, humedad relativa y alimentación de los insectos criados en Córdoba eran similares a las de nuestro laboratorio.



Para estudiar el efecto del estado nutricional sobre la preferencia térmica de estos insectos, se comparó la distribución de vinchucas *ayunadas* y recientemente *alimentadas* en gradientes de temperatura. En los casos en los que se utilizaron insectos *ayunados*, éstos nunca fueron alimentados luego de la muda de cuarto a quinto estadio, utilizándolos entre los 4-15 días posteriores a la ecdisis, es decir, al cabo de aproximadamente 11-22 días desde su última alimentación sanguínea. Por su parte, los animales *alimentados* ingirieron sangre durante una hora, una única vez luego de mudar al quinto estadio, 24 horas antes del comienzo del experimento.

GRADIENTES DE TEMPERATURA

Los gradientes de temperatura se generaron sobre una placa de aluminio rectangular de 50 cm de largo, 20 cm de ancho y 1 cm de espesor, calentando un extremo con una resistencia eléctrica y enfriando el otro extremo por medio de un equipo refrigerante (Fig. 2.1). Ambos dispositivos se conectaron a sendos termostatos, permitiendo así controlar con precisión la temperatura de cada uno de los extremos del gradiente. Sobre la placa de aluminio, se colocó una arena experimental de vidrio de 39 cm de largo, 9 cm de ancho y 4 cm de altura. La arena se cubrió con una tapa también de vidrio, a fin de eliminar interferencias por posibles corrientes de aire de la habitación y para evitar que los insectos se escaparan (Figs. 2.1 y 2.2). La temperatura en cada punto de la arena estaba determinada por la temperatura establecida en cada uno de los termostatos y por

la posición relativa de la arena de vidrio sobre la placa de aluminio. Para mejorar la conducción de calor entre el aluminio y el vidrio de la base de la arena experimental, se agregó entre ellos una capa de grasa siliconada (eficiente conductora térmica). Para evitar que eventuales olores dejados por los individuos de una serie experimental pudieran afectar la distribución de los insectos de la serie siguiente, se recubrió el fondo de la arena experimental con papel de filtro, el que fue renovado al finalizar cada serie. Sobre la tapa de la arena (vidrio) se demarcaron 12 líneas transversales al eje mayor de la arena, de manera tal que, al ver la arena experimental a través de una video-cámara, estas líneas demarcaban 13 zonas de 3 cm de ancho. Una vez alcanzado el equilibrio térmico, se registró la temperatura sobre el fondo de la arena en cada una de las 13 zonas delimitadas. Para ello se utilizó un sensor térmico digital *TINY TALK II* (precisión $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$). Luego de fijar los termostatos y la posición de la arena experimental sobre la placa de aluminio, se obtuvo un valor de temperatura de 20°C en el extremo frío y 37°C en el extremo caliente, quedando establecido en la arena experimental el gradiente de temperatura que se muestra en la figura 2.2. Se realizaron lecturas de temperatura en cada sector de la arena antes y después de cada experimento, a fin de controlar la estabilidad térmica del sistema. No se registraron variaciones de temperatura ni con la hora del día ni con el transcurso de los días.

FIGURA 2.1. Arreglo experimental utilizado para el registro de la termopreferencia de las vichucas. En los extremos de la arena experimental se ubicaron los generadores de frío y calor utilizados para obtener el gradiente térmico. A través de una videocámara conectada a una VCR y a una PC, se registraba horariamente el comportamiento de termopreferencia de los insectos sobre la arena. El fotoperíodo era controlado por medio de un temporizador.

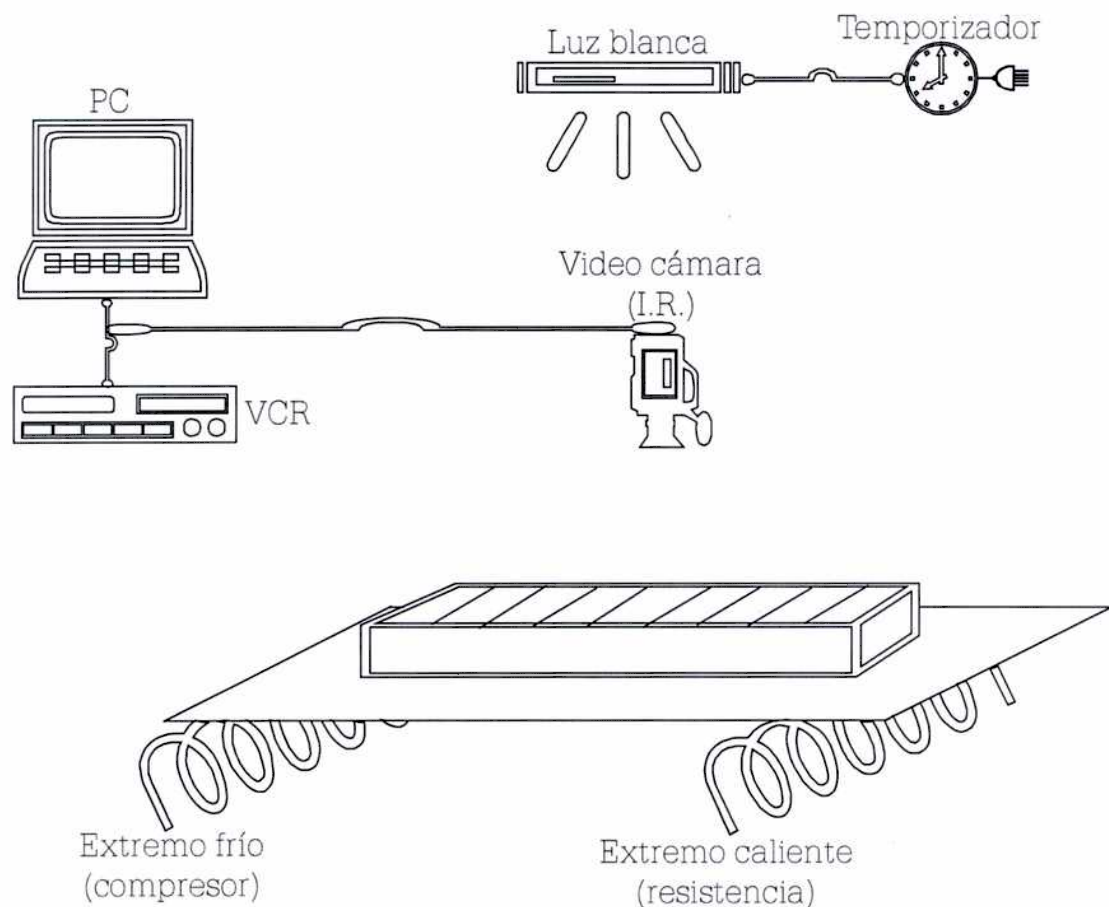
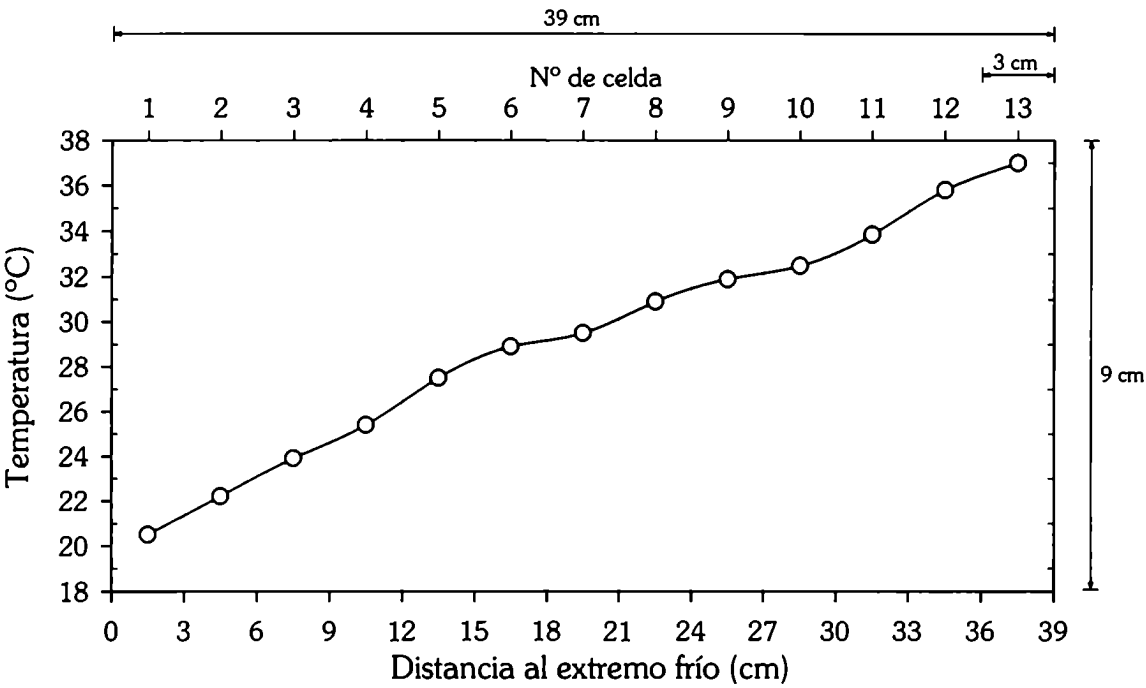




FIGURA 2.2. Gradiente de temperatura establecido sobre la arena experimental utilizada para analizar la termopreferencia en las 4 especies de triatomíneos. La T° en cada zona del gradiente se representa en función de la distancia al extremo frío. Los círculos grises representan la T° media de cada celda. Superimpuesto, se presenta un esquema de la vista superior de la arena experimental, indicando dimensiones reales. La T° se midió en cada una de las 13 celdas antes y después de cada experimento.



REGISTRO DE PREFERENCIA TÉRMICA

La termopreferencia de las vinchucas se registró utilizando una video cámara sensible tanto a luz visible, como a luz infrarroja (900 nm). La video cámara se situó por encima de la arena experimental, a 50 cm de altura (Fig. 2.1). Además de la radiación infrarroja emitida por la cámara, que resulta invisible para los insectos (Reisenman *et al.* 1998), se agregó un tubo de luz blanca controlado por un temporizador, que permitió fijar el fotoperíodo en 12 horas de luz (8:00 a

20:00 hs) y 12 horas de oscuridad (20:00 a 8:00 hs). Las imágenes se registraron en una video grabadora (VCR) para el posterior análisis de las imágenes. El registro continuo de preferencia térmica fue posible conectando una computadora (PC) a la VCR a través de una interfase y un programa desarrollados *ad hoc* en nuestro laboratorio, que nos permitió grabar un intervalo de diez segundos cada hora durante los 2 días de duración de cada serie experimental, obteniéndose así 24 imágenes diarias, sumando un total de 48 imágenes por serie experimental. La imagen analógica de cada hora se digitalizó y se calculó la temperatura preferida por cada insecto en función de la distancia al extremo frío de la arena experimental.

Tanto la placa de aluminio con la arena experimental, como la VCR y la luz blanca, se encontraban dentro de un habitáculo aislado de la luz externa. En su interior se midió la intensidad de luz con un luxómetro digital *TES-1330* con la luz blanca apagada y encendida, obteniendo un valor de 0.00 lux para el primer caso y de 60 lux para el segundo. El valor de 0.00 lux con la luz blanca apagada nos asegura un buen aislamiento lumínico del dispositivo.

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Se definieron 8 series experimentales, correspondientes a las 4 especies de triatomíneos, ensayadas luego de ser *alimentadas* o mantenidas *ayunadas*. En cada una de ellas, se liberaban 6 larvas de una especie y estado nutricional en uno de los dos extremos del gradiente de forma azarosa, y se aguardaba 4 horas antes de

comenzar a registrar, a fin de permitir la aclimatación de los insectos a las condiciones experimentales. Experimentos anteriores nos permiten considerar este tiempo de aclimatación previa como suficiente para asegurar que la posición de los insectos se debe a su preferencia térmica y no a la manipulación del experimentador. Se realizaron 8 réplicas de cada serie experimental. En todos los casos, los insectos fueron utilizados solo una vez y posteriormente descartados.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos de preferencia térmica obtenidos fueron analizados empleando estadística paramétrica. Se analizó el efecto de dos factores en la termopreferencia de las vinchucas: 1) *especie* y 2) *estado nutricional*. De cada serie experimental se obtenían 48 imágenes digitales, cada una de la cuales reflejaba la temperatura preferida por 6 vinchucas de una misma *especie* y *estado nutricional* a una determinada hora. Estos 6 valores se promediaban obteniendo así la temperatura preferida a cada hora durante 2 días (círculos rojos y azules de las figuras 2.3 a 2.6). Dado que el mismo grupo de insectos era analizado a lo largo del tiempo, y que por lo tanto los datos no eran independientes entre sí, se agruparon y promediaron los valores de termopreferencia de todas las horas, obteniendo un valor único de *temperatura media preferida* para cada serie experimental. De esta manera, el análisis estadístico se realizó sobre dicha variable, analizando las diferencias entre los tratamientos a través del análisis de varianzas (ANOVA) de 2 factores fijos, luego de verificar los supuestos, i.e. distribución normal de los



residuos con la prueba de *Lilliefors* ($p < 0,01$) y homogeneidad de varianzas con la prueba de *Bartlett* ($p < 0,01$). Ningún grupo de datos requirió ser transformado. Como la interacción entre los factores principales fue significativa, cada factor fue tratado separadamente, analizando para ello los efectos simples (Zar 1984). Los tratamientos que mostraron diferencias significativas entre sí, fueron comparados posteriormente de manera múltiple con la prueba de *Tukey HSD*.



PARTE II. TRABAJO DE CAMPO

Se realizaron campañas de estudio en zonas con alta incidencia de vinchucas de las especies estudiadas en el laboratorio (*Triatoma infestans*, *T. sordida*, *T. guasayana* y *Rhodnius prolixus*) y de otras especies características de las diferentes zonas (*Psammolestes coreodes*, *T. pseudomaculata*, *T. brasiliensis*, *R. neglectus* y *R. pictipes*, entre otras). En cada lugar, se realizaron simultáneamente mediciones de temperatura en el interior de refugios naturales habitados por las distintas especies de triatomíneos y en el ambiente externo inmediato a los refugios, de manera casi continua durante varios días sucesivos. De esta manera, se analizó la relación entre la dinámica ambiental en el interior de los refugios (*microclima*) y en el exterior de ellos (*macroclima*). Se trabajó bajo la siguiente hipótesis: *los refugios de triatomíneos presentan condiciones microambientales relacionadas con el clima local, pero distintas en cuanto a sus valores extremos y dinámica diaria, según su naturaleza física y ubicación.*



SITIOS DE MUESTREO

Los estudios se llevaron a cabo en varias zonas endémicas para distintas especies de vinchucas de la Argentina y Brasil. Se seleccionaron tres sitios de muestreo en la Argentina:

- 1) Amamá (S 27° 12' 37.4'' W 063° 02' 32.3''), Santiago del Estero;
- 2) Santa María de Punilla (S 31° 23' 56.1'' W 064° 10' 55.7''), Córdoba;
- 3) Juan José Castelli (S 25° 56' 00.4'' W 060° 28' 37.8''), Chaco;

y dos sitios en Brasil:

- 1) Tocantinópolis (S 06° 18' 32.0'' W 047° 24' 51.3''), Tocantins;
- 2) Curaçá (S 09° 00' 02.0'' W 039 52' 49.3''), Bahía.

Dicha elección se realizó intentando abarcar la mayor cantidad de zonas con climas diferentes donde vivan las especies estudiadas en el laboratorio. En cada sitio seleccionado se identificaron los ambientes típicos de la/s especie/s de triatomíneos presente/s, y se los exploró visualmente en búsqueda de vinchucas. Se instalaron sensores de temperatura sólo en refugios naturales ocupados por triatomíneos, ya sea en el interior de un domicilio, en el peridomicilio o en ambientes silvestres. En los lugares en donde nos fue posible, se realizó una campaña en la época seca y otra en la época húmeda. En Santa María de Punilla se registró la T° continuamente a lo largo de un año. En cada sitio de muestreo se registró la

temperatura en el ambiente (*macroclima*) y en los refugios naturales típicos de los triatominos (*microclima*) durante un período de tiempo de entre 4 y 30 días consecutivos, según el lugar.

SENSORES DE TEMPERATURA

El registro de datos se realizó mediante la utilización de sensores de temperatura asociados a dispositivos almacenadores de datos o “*data-loggers*”. Estos dispositivos programables permiten registrar hasta un máximo de 1800 o 4000 datos (según marca y modelo) de manera continua, por lo que el tiempo máximo de registro depende de la frecuencia de adquisición con que se programe el sistema. De esta manera, fue posible registrar de forma casi continua la temperatura en ambientes típicos de varias especies de triatominos durante períodos de tiempo de entre 4 y 30 días. Se utilizaron dos marcas, disponibles comercialmente, de “*data-loggers*”: *HOBO* y *TINY TALK*. Si bien la funcionalidad de ambos en cuanto a capacidad de programación, resolución y precisión es muy similar, sus formas y tamaños son distintos. Los dispositivos de marca *HOBO* son rectangulares de 6 cm x 4,5 cm x 1,5 cm, y resuelven un intervalo de temperaturas desde -20°C hasta 70°C con una precisión de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (también registran humedad relativa). Los *TINY TALK* son cilíndricos de 3 cm de diámetro y 5 cm de largo, con resolución desde -40°C hasta 75°C y precisión de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (también registran humedad relativa). Así, luego de programar los sensores para registrar un dato de temperatura (y uno de humedad relativa simultáneamente) cada 5-15



minutos, fueron cuidadosamente colocados en el interior de los refugios seleccionados. Uno de los sensores se instaló siempre en una zona abierta y reparada del sol, a fin de registrar simultáneamente las variables ambientales locales. Luego del período de registro programado, se retiraron los sensores y se procedió a la recuperación y procesamiento de los datos, utilizando para ello una computadora.



PARTE I. ENSAYOS DE LABORATORIO

TERMOPREFERENCIA EN LAS VINCHUCAS: DIFERENCIAS ENTRE ESPECIES Y EFECTO DEL ESTADO NUTRICIONAL

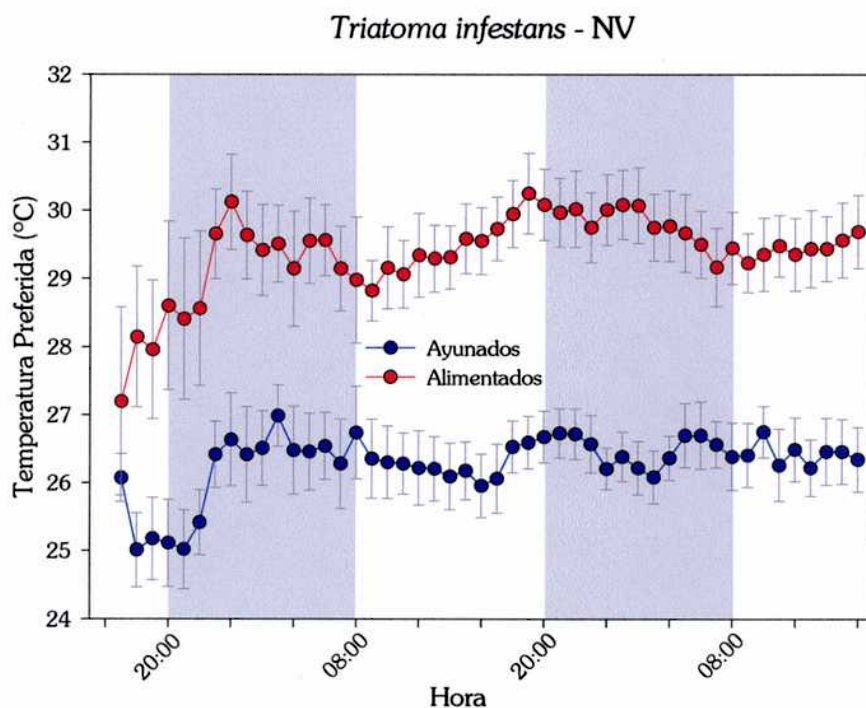
Al ser liberadas sobre un gradiente de temperatura, las vinchucas exhibieron una preferencia por permanecer en zonas con distintas temperaturas según la especie y el estado *nutricional* de los individuos. El análisis estadístico (ANOVA 2 factores fijos) reveló una interacción significativa entre estos dos factores ($F_{(3, 56)}=9,95$; $p<0,0001$), por lo que se analizaron los efectos simples. A continuación se presentan, en primer lugar, los resultados obtenidos al analizar el efecto del estado *nutricional* en la termopreferencia de cada una de las especies por separado (efecto simple dentro del factor *especie*). Posteriormente se analizaron las diferencias de termopreferencia entre especies de vinchucas con el mismo estado *nutricional* (efecto simple dentro del factor *estado nutricional*).

TERMOPREFERENCIA EN TRIATOMA INFESTANS

Las larvas de quinto estadio de *T. infestans* mostraron una preferencia por permanecer en sitios de distinta temperatura según su estado *nutricional* (Figs. 2.3

y 2.7; $F_{(1, 14)}=23,64$; $p<0,0001$). Los insectos *ayunados* se mantuvieron en zonas con temperaturas más bajas que los *alimentados*. Los primeros prefirieron permanecer en celdas con T° entre $25,8^\circ\text{C}$ y $26,7^\circ\text{C}$ (Fig. 2.3), siendo la temperatura media de $26,3^\circ\text{C}$ (Fig. 2.7), mientras que los insectos *alimentados* eligieron permanecer entre $28,7^\circ\text{C}$ y 30°C , resultando una temperatura media preferida de $29,4^\circ\text{C}$ (Fig. 2.7). Entre la temperatura preferida por los insectos *ayunados* y los *alimentados* se observó una diferencia de aproximadamente 3°C (Fig. 2.3) que se mantuvo relativamente constante a lo largo del experimento. No se observó una diferenciación clara entre la preferencia térmica durante la noche y el día ni en los insectos *ayunados* ni en los *alimentados*.

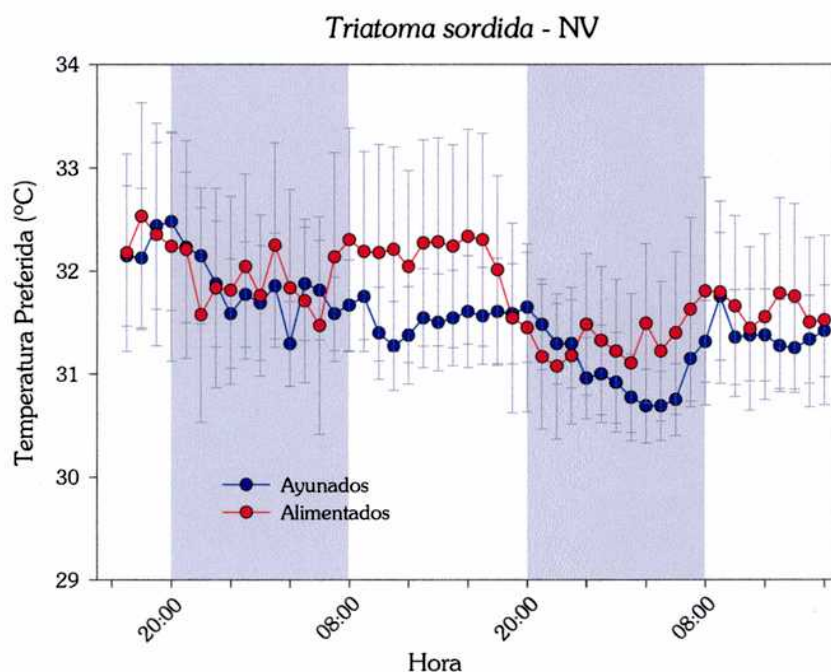
FIGURA 2.3. Termopreferencia de larvas de quinto estadio de *T. infestans*. Se representan con círculos azules los grupos de insectos “ayunados” y con círculos rojos los “alimentados”. Las ordenadas representan la temperatura preferida por los insectos de cada grupo liberados sobre el gradiente de T° . Las abscisas representan la hora del día. En barras grises y blancas se indican los intervalos de oscuridad y luz del fotoperíodo, respectivamente. Cada serie fue replicada 8 veces, presentando en el gráfico la media y el desvío estándar.



TERMOPREFERENCIA EN *TRITOMA SORDIDA*

La preferencia de *T. sordida* por permanecer en sitios de determinada temperatura no fue afectada significativamente por el grado de ayuno de los insectos (Fig. 2.4 y 2.7; $F_{(1, 14)}=0,08$; $p=0,77$). Tanto las larvas ayunadas como las alimentadas prefirieron temperaturas que oscilaron entre 31,1°C y 32,3°C (Fig. 2.4). La temperatura media preferida resultó ser 31,5°C y 31,8°C respectivamente (Fig. 2.7). Como ya ha sido observado en otras especies, la termopreferencia parece modificarse con la hora del día, siendo que durante la noche los insectos se desplazaron hacia temperaturas relativas más bajas que durante el día (Fig. 2.4).

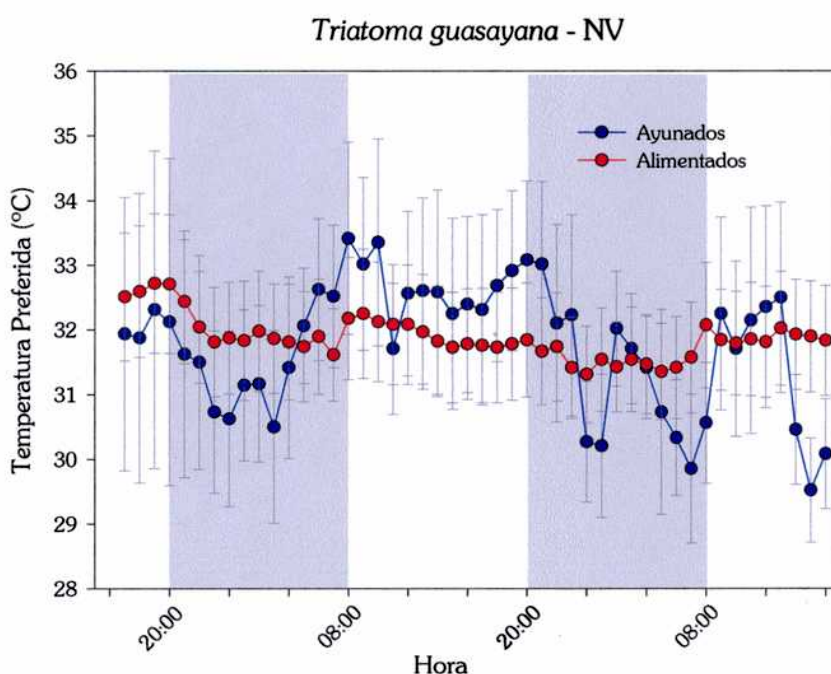
FIGURA 2.4. Termopreferencia de larvas de quinto estadio de *T. sordida*. Se representan con círculos azules los grupos de insectos "ayunados" y con círculos rojos los "alimentados". Las ordenadas representan la temperatura preferida por los insectos de cada grupo liberados sobre el gradiente de T°. Las abscisas representan la hora del día. En barras grises y blancas se indican los intervalos de oscuridad y luz del fotoperíodo, respectivamente. Cada serie fue replicada 8 veces, presentando en el gráfico la media y el desvío estándar.



TERMOPREFERENCIA EN TRIATOMA GUASAYANA

Los insectos de esta especie mostraron una preferencia térmica muy similar a la exhibida por las larvas de *T. sordida*, ya que no mostraron una variación apreciable de la termopreferencia en función del estado nutricional (Fig. 2.5 y 2.7; $F_{(1, 14)}=0,02$; $p=0,87$). Además, las larvas ayunadas prefirieron una temperatura media de 31,8°C, ocupando celdas con T° entre 30,7°C y 32,7°C, mientras que las alimentadas prefirieron permanecer en zonas con T° promedio de 31,9°C, con valores entre 31,6°C y 32,3°C. Aunque los valores medios de T° de los insectos con mayor y menor grado de ayuno resultaron similares, los ayunados presentaron una mayor variación diaria en la termopreferencia que los alimentados (Fig. 2.5).

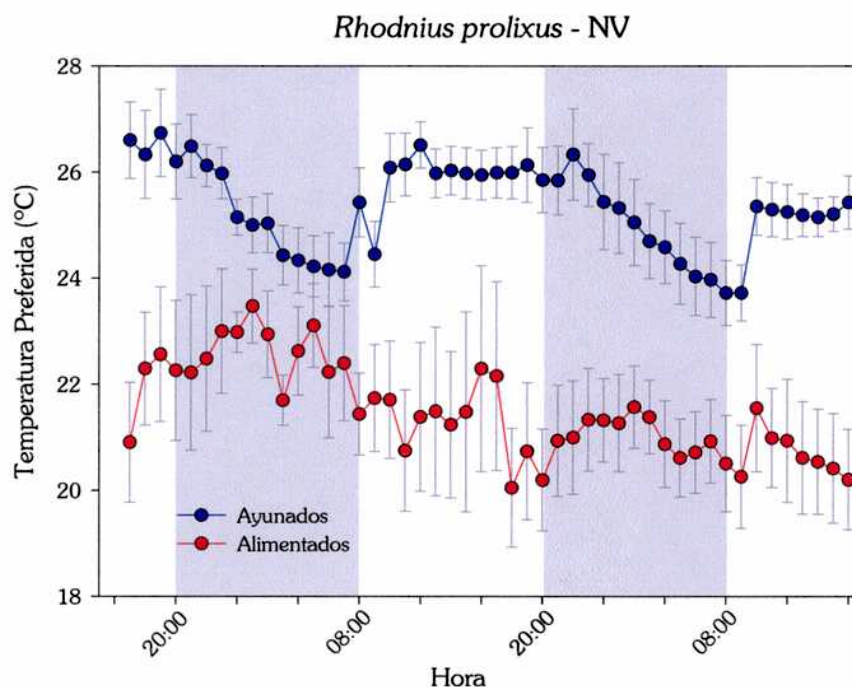
FIGURA 2.5. Termopreferencia de larvas de quinto estadio de *T. guasayana*. Se representan con círculos azules los grupos de insectos “ayunados” y con círculos rojos los “alimentados”. Las ordenadas representan la temperatura preferida por los insectos de cada grupo liberados sobre el gradiente de T°. Las abscisas representan la hora del día. En barras grises y blancas se indican los intervalos de oscuridad y luz del fotoperíodo, respectivamente. Cada serie fue replicada 8 veces, presentando en el gráfico la media y el desvío estándar.



TERMOPREFERENCIA EN *RHODNIUS PROLIXUS*

R. prolixus mostró una termopreferencia dependiente de su estado nutricional (Fig. 2.6 y 2.7; $F_{(1, 14)}=19,09$; $p<0.0001$). Sin embargo, inversamente a lo ocurrido en *T. infestans*, las larvas de *R. prolixus* ayunadas prefirieron permanecer en sitios con temperaturas más altas que los animales alimentados. La temperatura media preferida por las larvas que permanecieron sin alimentarse fue de 25,4°C, con valores que variaron entre 24,5°C y 26,2°C, mientras que las que se habían alimentado prefirieron 21,5°C, con valores de termopreferencia que oscilaron entre 20,6°C y 22,4°C. La diferencia entre la termopreferencia de ambos grupos de insectos fue de aproximadamente 4°C, siendo los insectos ayunados los que presentaron una preferencia dependiente de la hora del día más marcada.

FIGURA 2.6. Termopreferencia de larvas de quinto estadio de *R. prolixus*. Se representan con círculos azules los grupos de insectos “ayunados” y con círculos rojos los “alimentados”. Las ordenadas representan la temperatura preferida por los insectos de cada grupo liberados sobre el gradiente de T°. Las abscisas representan la hora del día. En barras grises y blancas se indican los intervalos de oscuridad y luz del fotoperíodo, respectivamente. Cada serie fue replicada 8 veces, presentando en el gráfico la media y el desvío estándar.





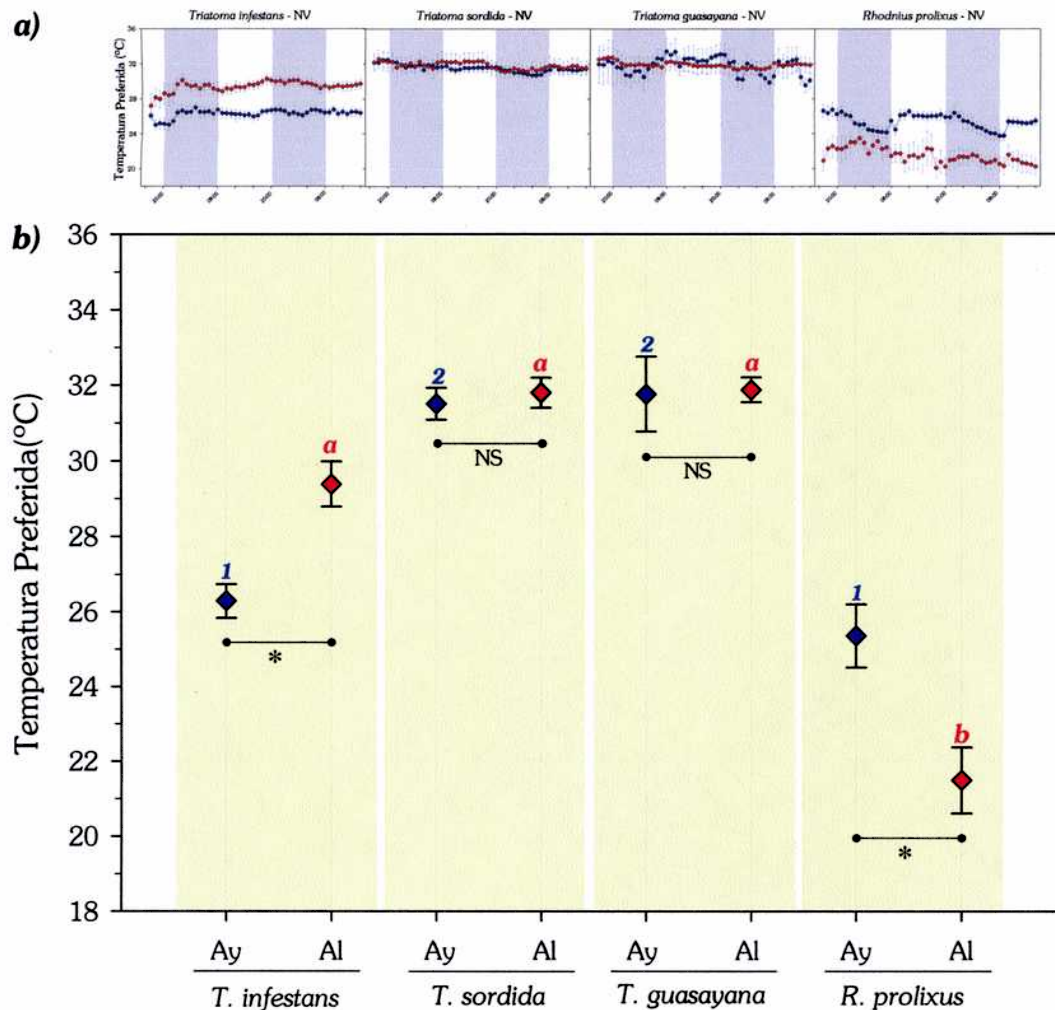
COMPARACIONES INTERESPECÍFICAS

La figura 2.7a muestra nuevamente los resultados de termopreferencia de las cuatro especies de triatominos ensayadas, correspondientes a las figuras 2.3 a 2.6, aunque en este caso, de manera de facilitar la comparación entre ellas, representadas con la misma escala. La figura 2.7b resume las temperaturas preferidas promedio y los desvíos estándares de los insectos de las 4 especies analizadas que permanecieron *sin alimentar* y de los que fueron *alimentados*. Al comparar la termopreferencia de las distintas especies del grupo de insectos *ayunados* (efecto simple), observamos diferencias significativas entre las mismas (Fig. 2.7b, círculos azules; $F_{(3, 28)}=53,03$; $p=0,0001$). Posteriormente, se realizaron contrastes múltiples de Tukey, los cuales revelaron que *T. sordida* y *T. guasayana* prefirieron temperaturas similares entre sí ($p=0,99$), y significativamente mayores a las preferidas por *T. infestans* y *R. prolixus* ($p<0,0001$ en todos los casos).

Por su parte, los insectos *alimentados* de las distintas especies mostraron también una diferenciación significativa en cuanto a su preferencia térmica (Fig. 2.7b, círculos rojos; $F_{(3, 28)}=39,27$; $p<0,0001$). Los contrastes múltiples de Tukey revelaron que *T. infestans*, *T. sordida* y *T. guasayana* no difirieron significativamente en su termopreferencia ($p>0,1$ en todos los casos). Nuevamente, *T. sordida* y *T. guasayana* resultaron ser mas parecidas entre sí ($p=0,99$) en cuanto a su termopreferencia que a *T. infestans* ($p=0,15$ y $0,13$ respectivamente). Por su parte, los individuos *alimentados* de *R. prolixus* prefirieron temperaturas significativamente menores a las preferidas por las otras tres especies ($p<0,0001$ en todos los casos).

FIGURA 2.7. a) Termopreferencia de larvas de quinto estadio de *T. infestans*, *T. sordida*, *T. quasayana* y *R. prolixus*. Se repiten las figuras 2.3 a 2.6, todas ellas representadas ahora con la misma escala, para facilitar comparaciones interespecíficas de termopreferencia.

b) Preferencia térmica promedio de larvas de quinto estadio de *T. infestans*, *T. sordida*, *T. quasayana* y *R. prolixus*. Los círculos coloreados representan la temperatura media preferida al cabo de 48 horas de registro continuo y las líneas verticales representan el desvío estándar. Los insectos que permanecieron “ayunados” se denotan con azul y los “alimentados” con rojo. Distintos números denotan diferencias significativas entre especies dentro del grupo de insectos ayunados. Distintas letras denotan diferencias significativas entre especies dentro del grupo de insectos alimentados. Los asteriscos denotan diferencias significativas entre individuos ayunados y alimentados de la misma especie.





PARTE II. TRABAJO DE CAMPO

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DATOS

Los resultados correspondientes a la dinámica temporal de la temperatura en los *microambientes* (interior de refugios naturales de vinchucas) y en el *macroambiente* (ambiente externo) de las distintas zonas geográficas estudiadas, i.e. Amamá, Sta. María de Punilla, J. J. Castelli, Tocantinópolis y Curaçá, se expresaron gráficamente de cuatro maneras distintas. En primer lugar se presenta el registro continuo de datos crudos de temperatura obtenidos a lo largo de cada campaña de muestreo (e.g. Fig. 2.8). Este gráfico muestra información detallada y sin procesar de los valores absolutos de temperatura en cada refugio y en el ambiente circundante. En segundo lugar, se muestra un gráfico en el que se representan los valores promedio de temperatura correspondientes al período total de campaña de cada uno de los ambientes elegidos y su desvío estándar, (e.g. Fig. 2.9). Este tipo de gráfico nos permite visualizar y comparar los valores promedio de temperatura en el interior de los distintos refugios, así como su amplitud térmica diaria. En tercer lugar se representa la dinámica diaria del *macro-* y los *microambientes*, promediando los valores de temperatura correspondientes a una misma hora de distintos días (e.g. Fig. 2.10). Este gráfico permite apreciar la dinámica diaria de la temperatura, destacando los valores máximo y mínimo y la hora a la cual éstos ocurren. Por último, se muestra la regresión lineal entre los valores de temperatura en el interior de cada uno de los refugios (*microclima*) y los valores del ambiente local (*macroclima*) (e.g. Fig. 2.11). En este caso, la pendiente

de la recta de regresión nos brinda información sobre el tipo y magnitud de la modificación de la temperatura ambiental por parte del refugio en cuestión. Así, una pendiente igual a 1 nos indica que un cambio de cualquier magnitud en la temperatura ambiental provoca un cambio de igual magnitud en el *microambiente*, es decir indica ausencia de amortiguación. Una pendiente menor que 1 evidencia algún grado de amortiguación, ya que un cambio de cualquier magnitud provoca un cambio de menor magnitud en el interior del refugio, indicando que la amplitud térmica entre la noche y el día en el refugio es menor que en el exterior. Una pendiente mayor que 1 estaría indicando que los cambios de temperatura serían mayores en el interior del refugio que en el exterior de éste (amplificación), por ejemplo, debido a la presencia de alguna fuente generadora de calor en el interior de la vivienda (e.g. hospedadores homeotermos, cocina, etc).

DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN AMAMÁ (S 27° 12' 37.4'' W 063° 02' 32.3'')

El primer grupo de datos analizado fue obtenido de una campaña realizada a la localidad de Amamá en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. Se eligió una vivienda típica de la zona y se instalaron sensores de temperatura en un lugar abierto sin exposición al sol ("Referencia Externa" o *macroclima*) y en 4 sitios estrechos o refugios naturales (*microclima*) donde se comprobó la presencia de triatomíneos. En la vivienda seleccionada se encontraron ejemplares de *T. infestans* en el interior de la habitación utilizada como dormitorio, tanto en las grietas de las

paredes como en el techo de paja, y ejemplares de *T. sordida*, *T. garciabesi* y *T. guasayana* en el peridomicilio. Los refugios seleccionados para instalar los sensores fueron:

- 1) “Techo Rancho (paja)”, techo de la vivienda humana construido con paja atada y parantes transversales de madera. En este caso, el sensor se insertó entre la paja.
- 2) “Grieta”, fisura de la pared de la vivienda construida de adobe.
- 3) “Techo Corral (paja)”, techo de paja de un corral de cabras situado a pocos metros de la vivienda. El sensor se insertó entre la paja.
- 4) “Hueco Árbol”, constituido por una concavidad pronunciada asociada a un nudo natural del árbol. El sensor se insertó en el hueco.

Se registró la temperatura correspondiente al *macro-* y a los *microambientes* descritos, programando los sensores de manera que tomen 1 dato cada 5 minutos durante 15 días consecutivos (desde el 5/12/97 hasta el 20/12/97).

La amplitud térmica diaria del clima local (“Ref. Externa”) fue cercana a 12°C (Fig. 2.10), valor que disminuyó diferencialmente en los distintos refugios naturales (Fig. 2.9 y 2.11). El refugio denominado “Techo Rancho” mostró la máxima amortiguación de T° entre los *microambientes* estudiados, presentando una pendiente relativamente baja (Fig. 2.11; $b=0,42$) y un amplitud diaria cercana a 4°C (Fig. 2.10). El techo de paja de un corral de cabras (Techo Corral) y una grieta en la pared de una vivienda (Grieta) también amortiguaron la T° , pero en menor medida (Fig. 2.11 ; $b=0,69$ y $0,76$ respectivamente). En cuanto a los

valores absolutos de temperatura promedio registrada, aunque el refugio natural denominado “Hueco Árbol” mostró una temperatura media de 28,8°C (Fig. 2.9), i.e. un valor levemente inferior a los demás ambientes, no evidenció capacidad de amortiguar dicha variable (Fig. 2.11; $b=0,92$). Todos los demás refugios presentaron valores medios de T° similares al ambiental.

FIGURA 2.8. Dinámica temporal de temperatura en el ambiente local (macroclima) y en el interior de distintos tipos de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Amamá. Se registró simultáneamente y de manera continua la T° en el interior y exterior de refugios donde se constató la presencia de *Triatoma infestans*, *T. sordida*, *T. garciabesi* y *T. quasayana*.

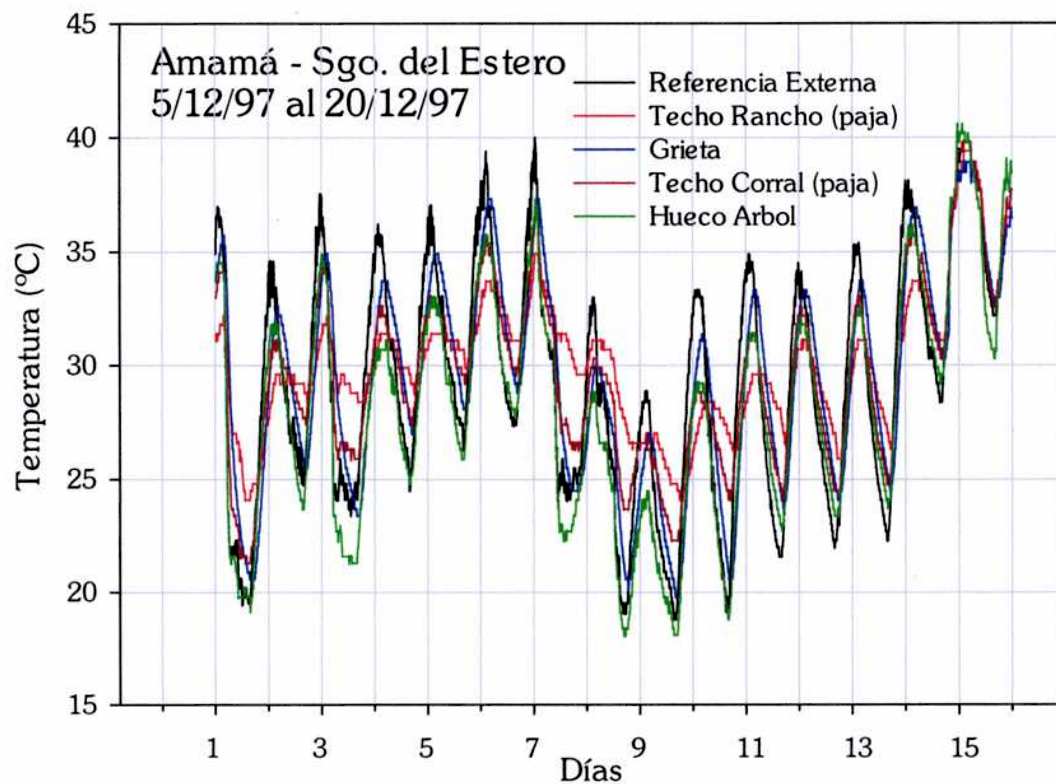


FIGURA 2.9. Temperatura promedio en el ambiente (macroclima = Ref. Externa) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Amamá. Los rombos coloreados representan la temperatura media (el valor a su lado indica el valor exacto) y las barras verticales el desvío estándar.

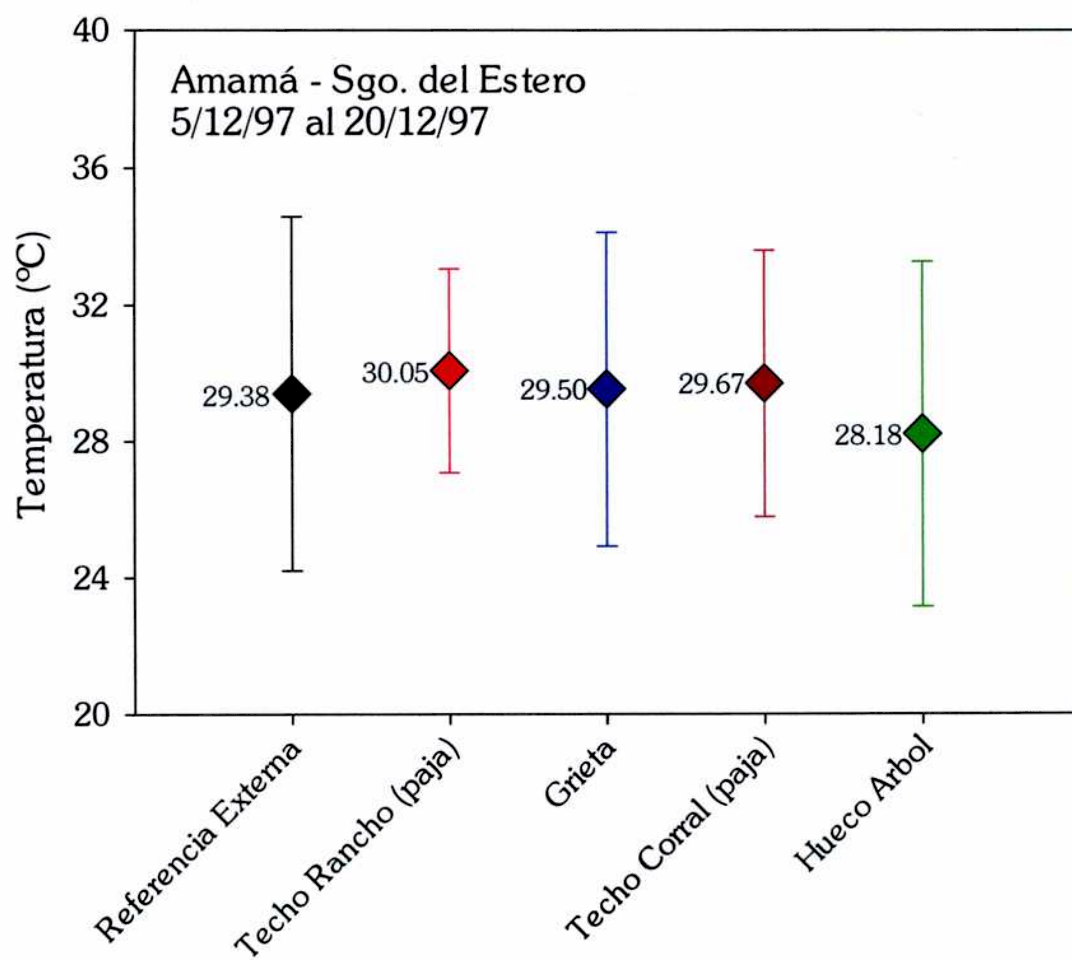


FIGURA 2.10. Dinámica diaria promedio de temperatura en el ambiente (macroclima = Ref. Externa) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Amamá. Cada punto constituye el promedio de los 15 días de muestreo correspondientes a la hora del día que la abscisa demarca.

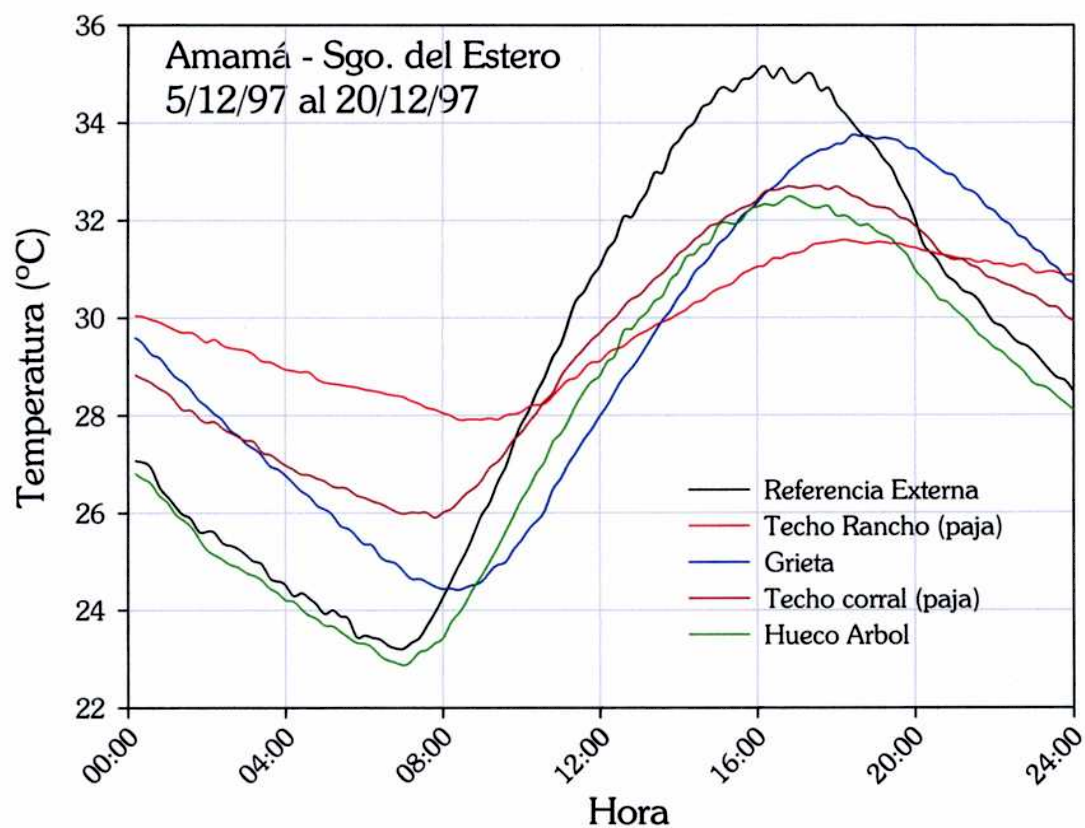
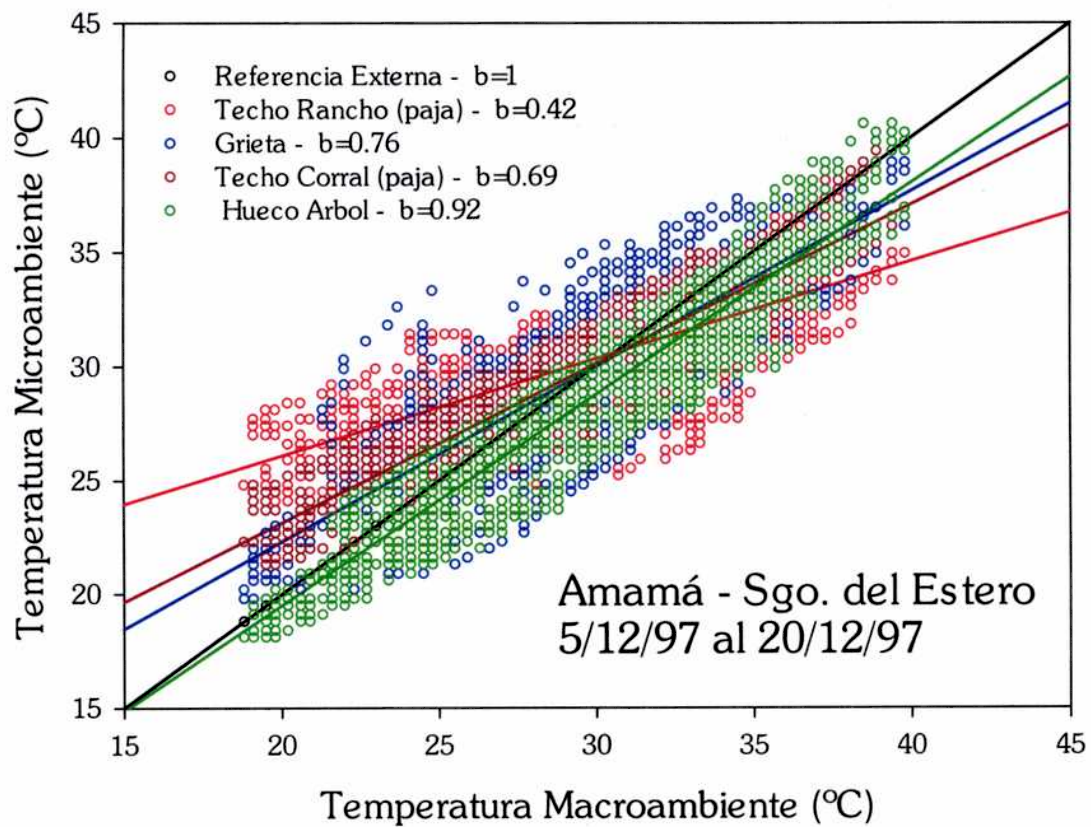


FIGURA 2.11. Regresión lineal entre la temperatura registrada en el interior de cada uno de los refugios naturales de vinchucas (microambientes) y el ambiente externo (macroambiente), en Amamá. Líneas y círculos de diferente color señalan la regresión individual entre un tipo de refugio diferente y la "Referencia Externa" (la línea negra representa una pendiente igual a 1 o regresión de "Referencia Externa" en sí misma). La pendiente de cada regresión nos da información sobre la capacidad de cada refugio de amortiguar la T^o ambiental y se presenta en las referencias con la letra "b".





DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN SANTA MARÍA DE PUNILLA (S 31° 23' 56.1'' W 064° 10' 55.7'')

En Santa María de Punilla, provincia de Córdoba, Argentina, se registró la temperatura en el *macroambiente* y en diferentes *microambientes* a lo largo de un año completo en una vivienda típica de la zona. Se tomaron datos cada 15 minutos desde el 01/08/00 hasta el 01/08/01 en refugios de vinchucas localizados en el peridomicilio. Además de la “Referencia Externa”, se definieron 4 refugios potenciales de vinchucas del peridomicilio:

- 1) “Corral Enramada”, ramas finas acumuladas para servir de contenedor de cabras. El sensor se insertó entre las ramas.
- 2) “Corral Madera”, ramas gruesas acumuladas para servir de contenedor de cerdos. El sensor se insertó entre las maderas.
- 3) “Corral Piedra”, piedras acumuladas que separan varios tipos de animales. El sensor se insertó entre las piedras.
- 4) “Rancho Experimental”, construcción artificial de ladrillos de adobe y techo de paja. En este caso el sensor se ubicó entre los ladrillos.

Los ambientes estudiados constituyen refugios típicos de *T. infestans*, *T. sordida* y *T. guasayana*.

Los resultados que se presentan en las figuras 2.12 a 2.15, expresan la dinámica *macro-* y *microclimática* anual en cada uno de los refugios naturales de triatomíneos. La figura 2.12 muestra la dinámica anual de temperatura de la zona y

de los distintos refugios de triatominos estudiados. Al analizar la amplitud térmica de todos los refugios estudiados en la escala anual, ésta no presentó diferencias muy evidentes con respecto a la dinámica del *macroambiente* (Figs. 2.13 y 2.15). Sin embargo, al separar los datos por estación (Fig. 2.14) se pudo observar que, tanto en la estación de verano (a) como en la de primavera (d) hubo una notable amortiguación por parte de varios refugios, mientras que en las estaciones de otoño (b) e invierno (c) fue casi nula. Esto evidencia que en verano y primavera los refugios mostraron una variación diaria de temperatura menor a la registrada en el clima local. Se puede observar también que el refugio denominado “Corral Piedra” es el tipo de refugio que mas amortiguó la temperatura, tanto en verano (a) como en primavera (d) (Fig. 2.14), aunque todos presentaron una pendiente levemente menor que 1 al analizarlos anualmente (Fig. 2.15). La media anual de temperatura fue similar en todos los casos a la *macroambiental*, excepto en el “Rancho Experimental” que fue visiblemente menor, tomando un valor de 13,41°C (Fig. 2.13).

FIGURA 2.12. Dinámica anual de temperatura en el ambiente local (macroclima) y en el interior de distintos tipos de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Sta. Ma. de Punilla. Se registró simultáneamente y de manera continua la T° en el interior y exterior de refugios donde se constató la presencia de *Triatoma infestans*, *T. sordida* y *T. quasayana*. La línea negra exhibe un ajuste anual promedio del clima local (macroambiente).

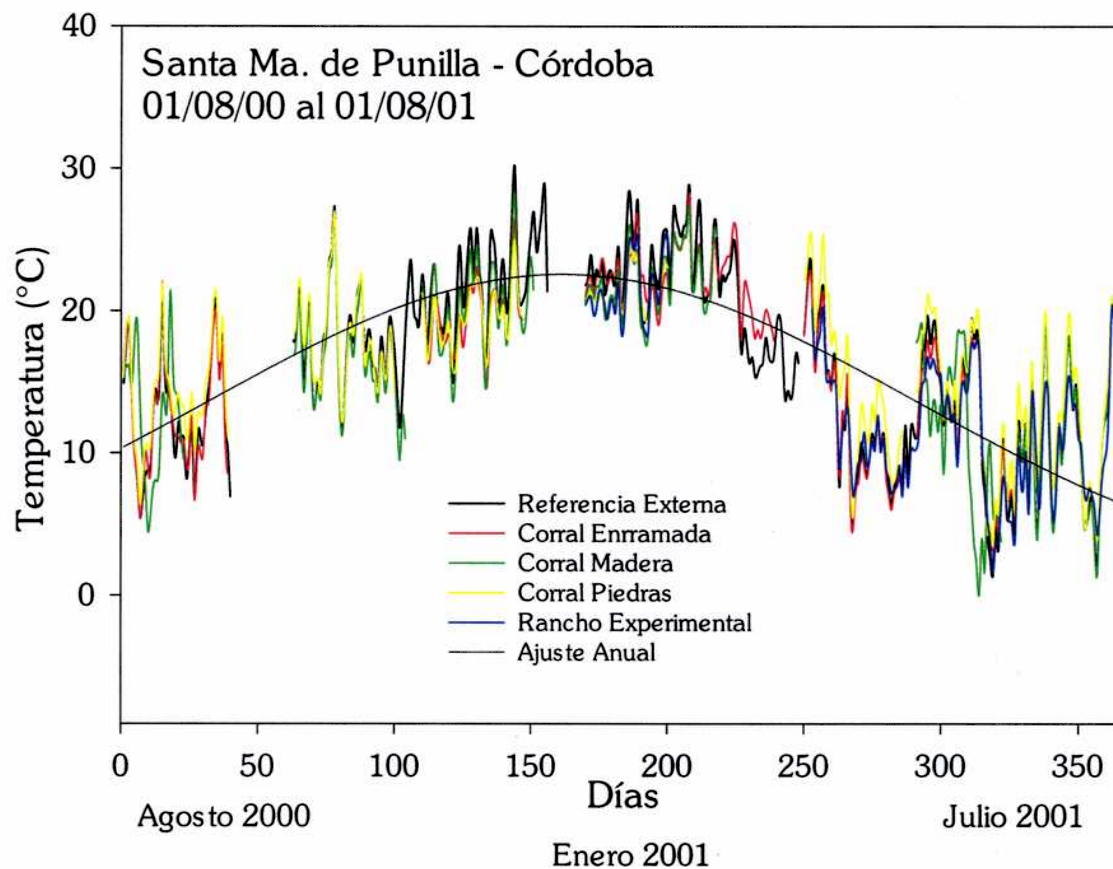


FIGURA 2.13. Temperatura promedio en el ambiente (macroclima = Ref. Externa) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Santa Ma. de Punilla. Los rombos coloreados representan la temperatura media (el valor a su lado indica el valor exacto) y las barras verticales el desvío estándar.

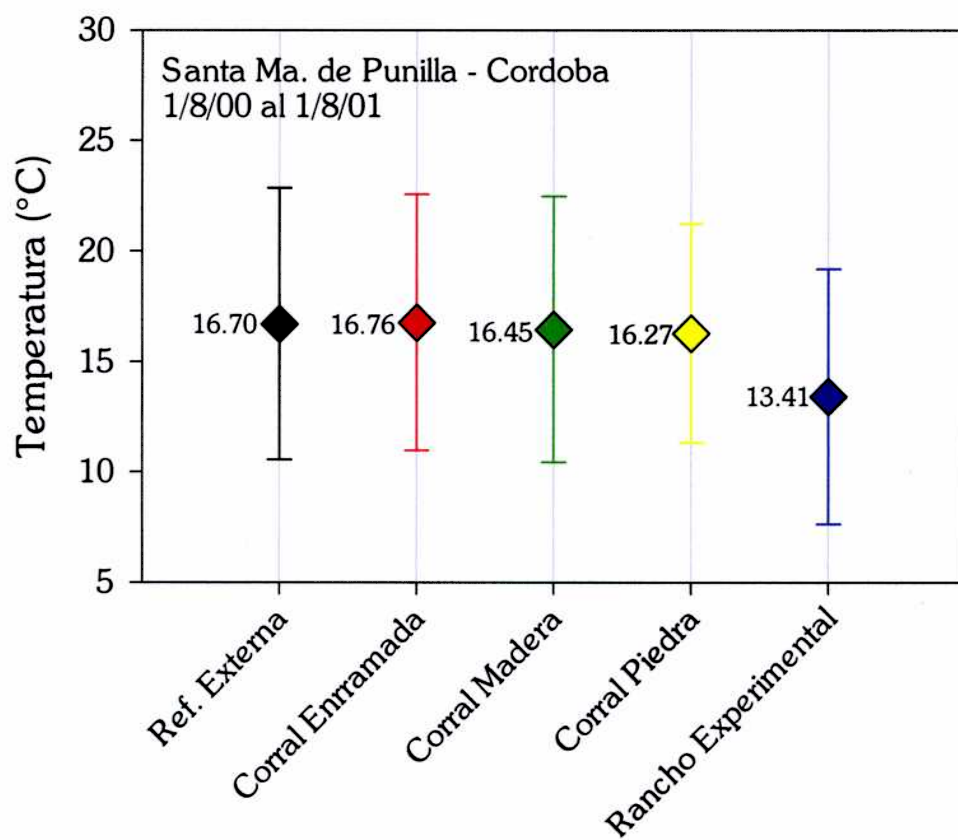


Figura 2.14. Dinámica diaria promedio de temperatura en el ambiente (macroclima = Ref. Externa) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Sta. Ma. de Punilla durante las cuatro estaciones del año: a) Verano, b) Otoño, c) Invierno y d) Primavera. Cada punto constituye el promedio de todos los días respectivos a cada estación, correspondientes a la hora del día que la abscisa demarca.

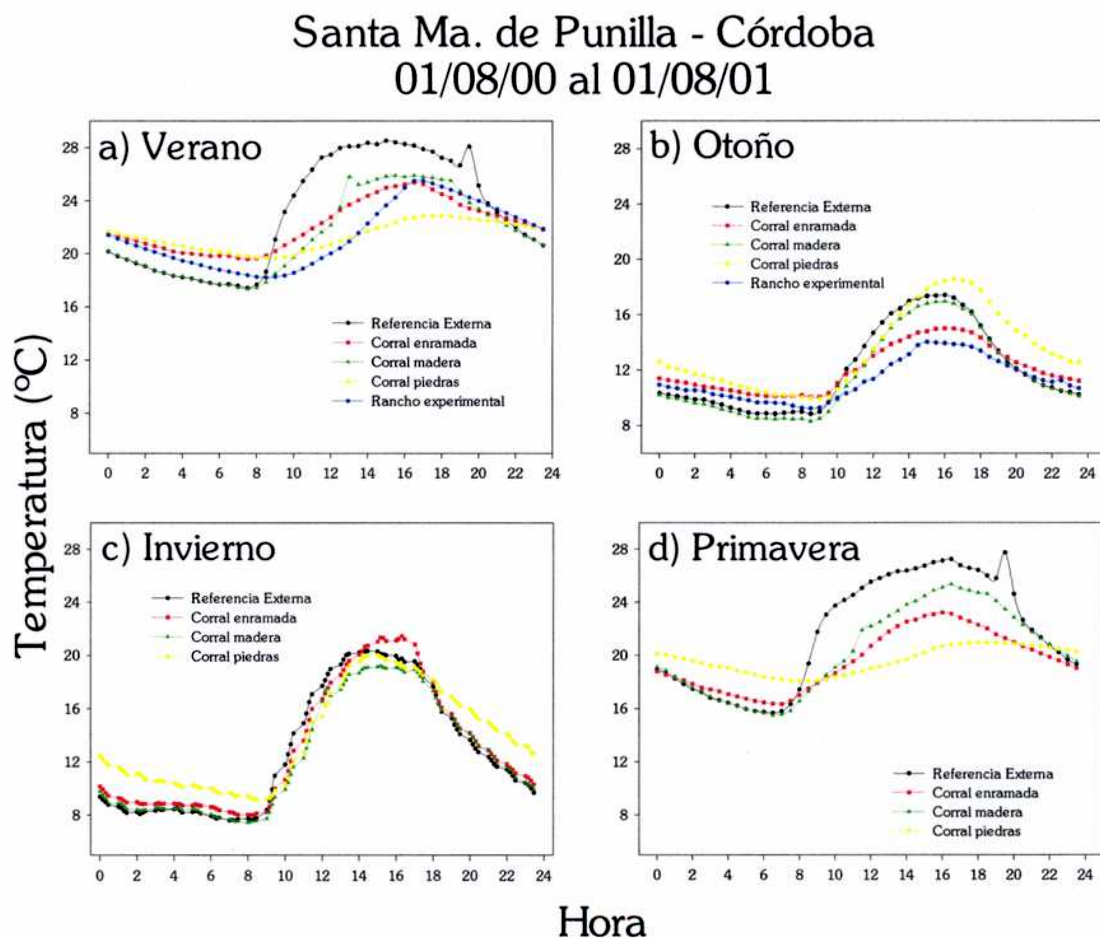
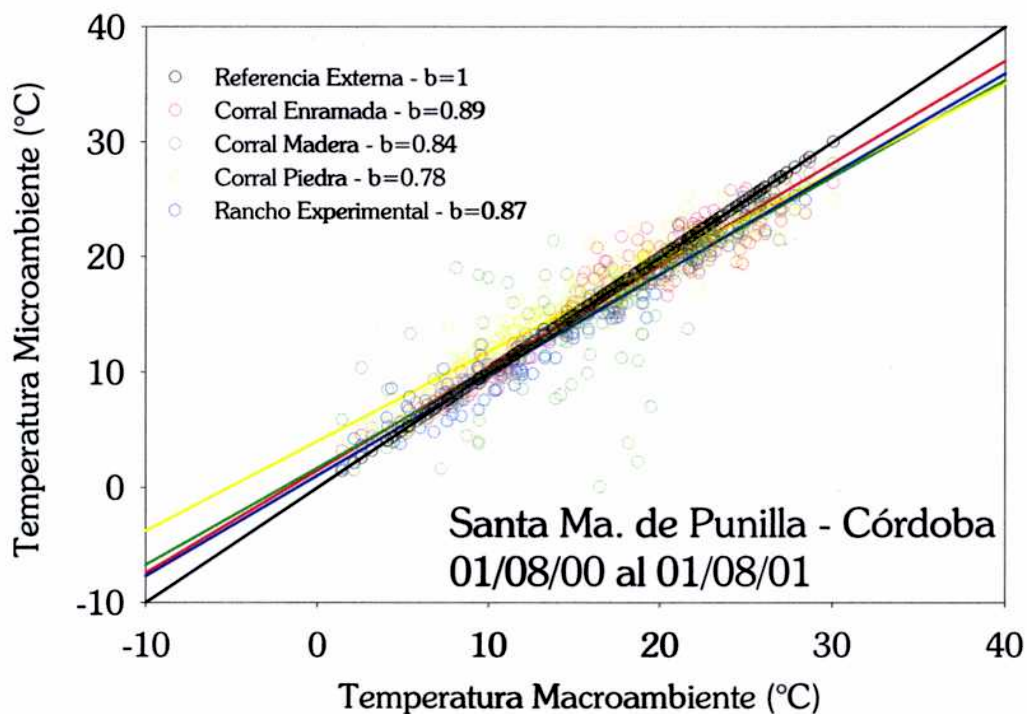


FIGURA 2.15. Regresión lineal entre la temperatura registrada en el interior de cada uno de los refugios naturales de vinchucas (microambientes) y el ambiente externo (macroambiente), en Sta. Ma. de Punilla. Líneas y círculos de diferente color señalan la regresión individual entre un tipo de refugio diferente y la "Referencia Externa" (la línea negra representa una pendiente igual a 1 o regresión de "Referencia Externa" en sí misma). La pendiente de cada regresión nos da información sobre la capacidad de cada refugio de amortiguar la T° ambiental y se presenta en las referencias con la letra "b".





DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN JUAN JOSÉ CASTELLI (S 25° 56' 00.4'' W 060° 28' 37.8'')

En la zona del Impenetrable, provincia de Chaco, Argentina, particularmente en los alrededores de la ciudad de Juan José Castelli, se realizaron 2 campañas de muestreo: la primera entre el 13/12/02 y el 19/12/02 y la segunda entre el 21/06/03 y el 30/06/03. Se eligieron estas fechas atendiendo a que la primera de ellas coincidiera con la estación seca y la segunda con la estación húmeda. En cada ocasión, se registró la temperatura cada 5 minutos durante 6 días. Además de la “Referencia Externa”, se seleccionaron refugios de varios tipos diferentes en donde se encontraron ejemplares de varios estadios de *T. infestans*. Se definieron los siguientes refugios naturales:

- 1) “Interior Rancho”, no es un refugio propiamente dicho sino el ambiente interior de la vivienda humana. El sensor se colgó a media altura en el interior de la habitación sin contacto con ninguna superficie.
- 2) “Grieta”, son grietas en las paredes de barro de las viviendas humanas. Una de las grietas con abundante presencia de triatominos se encontraba cercana a un techo de chapa, indicada aquí como “Grieta (techo chapa)”. El sensor se insertó en el interior de la grieta.
- 3) “Techo Paja (quincho)”, techo tipo *quincho* sin paredes, a escasos metros de la vivienda humana, donde duerme la gente en las noches calurosas. El sensor se insertó entre la paja.

- 4) “Ladrillo”, pila de ladrillos amontonados debajo de una cama. El sensor se insertó entre los ladrillos.
- 5) “Ropa Afuera”, pila de ropa no usada habitualmente, proveniente de donaciones, ubicada a escasos metros de la puerta de la vivienda humana. El sensor se insertó entre la ropa.
- 6) “Ropa Adentro”, similar al anterior, pero ubicada en el interior de la vivienda, al costado de las camas. El sensor se insertó entre la ropa.
- 7) “Techo Paja (rancho)”, techo de la vivienda humana construido con paja atada y parantes transversales de madera. El sensor se insertó entre la paja.
- 8) “Tras Nylon”, lámina de polietileno de 1 m², pegado en la pared a forma de cuadro. El sensor se insertó entre la lámina y la pared de barro.

Las figuras 2.16 a 2.19 muestran la dinámica de temperatura de los distintos sitios donde se colocaron los sensores de T°, en ambas campañas realizadas (“a” estación húmeda, “b” estación seca). Durante la campaña de diciembre de 2002 (estación húmeda), el techo de una de las casas estudiadas era de chapa, alcanzando temperaturas superiores a los 70°C hacia el mediodía. El sensor denominado “Grieta (techo chapa)” fue ubicado en una grieta muy cercana a este techo, ya que se encontraba repleta de individuos de todos los estadios de *T. infestans*. Este refugio presentó una temperatura media de 34,31°C, medida considerablemente superior a la encontrada en los demás refugios (Fig. 2.17a). Mas aún, la pendiente de la regresión lineal de temperatura de este *microambiente* sobre el *macroambiente* (Fig. 2.19a) resultó ser mayor que 1, evidenciando que la amplitud térmica en este *microambiente* fue mayor que la de la “Referencia

Externa” y los demás refugios, es decir ejerciendo el efecto inverso al de amortiguación, o sea, una amplificación de la variación externa. Por otro lado, a excepción de los refugio “Techo Paja (quincho)” e “Interior Rancho”, todos los demás tipos de refugios ejercieron un efecto de amortiguación de la temperatura durante esta estación húmeda (Fig. 2.17a y 2.19a). La pila de ladrillos ubicada debajo de una de las camas fue el *microambiente* que presentó la menor pendiente de regresión (Fig. 2.19a; $b=0,27$) indicando que fue el refugio que mas amortiguó la temperatura, o lo que es lo mismo, que la temperatura diaria de este refugio experimentó una fluctuación considerablemente menor que la del *macroambiente*.

Durante junio de 2003 (estación seca) todos los refugios presentaron una amplitud térmica diaria menor que la ambiental (Fig. 2.18b), presentando pendientes considerablemente menores que 1 (Fig. 2.19b). El refugio que mas amortiguó la T° ambiental fue “Techo Paja (rancho)”, exhibiendo una pendiente de $b=0.07$ (Fig. 2.19b) y una amplitud térmica diaria de 2°C (Fig. 2.18b), mientras que la ambiental fue cercana a 12°C . La temperatura media en la “Referencia Externa” ($22,71^{\circ}\text{C}$) fue menor que la exhibida por todos los refugios (Fig. 2.17b).

FIGURA 2.16. Dinámica temporal de temperatura en el ambiente local (macroclima) y en el interior de distintos tipos de refugios naturales de vinchucas (microclima), en J. J. Castelli. Se registró simultáneamente y de manera continua la T° en el interior y exterior de refugios donde se constató la presencia de *Triatoma infestans*. a) Estación húmeda. b) Estación seca.

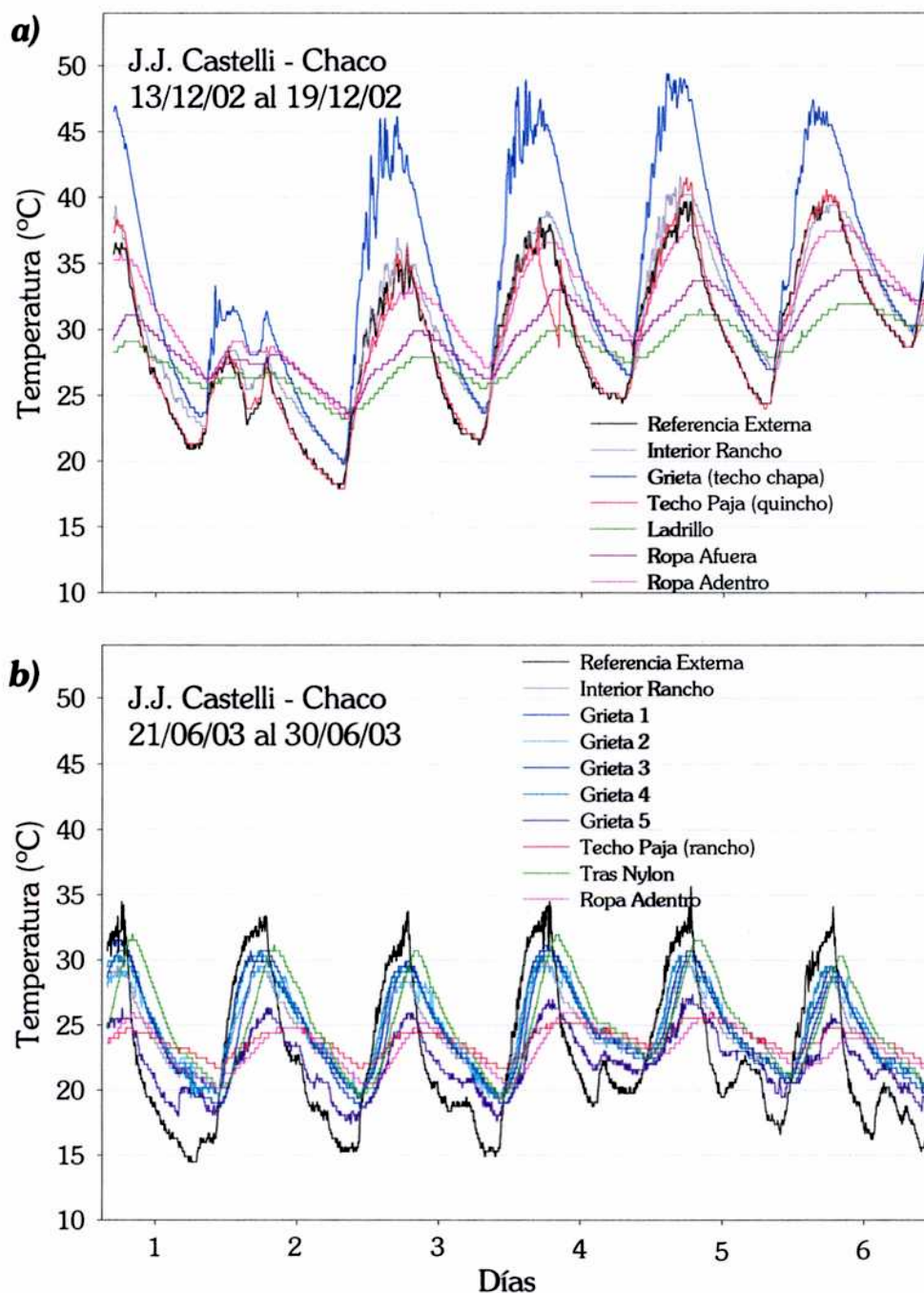


FIGURA 2.17. Temperatura promedio en el ambiente (macroclima = Ref. Externa) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en J. J. Castelli. Los rombos coloreados representan la humedad relativa media (el valor a su lado indica el valor exacto) y las barras verticales el desvío estándar. a) Estación húmeda. b) Estación seca.

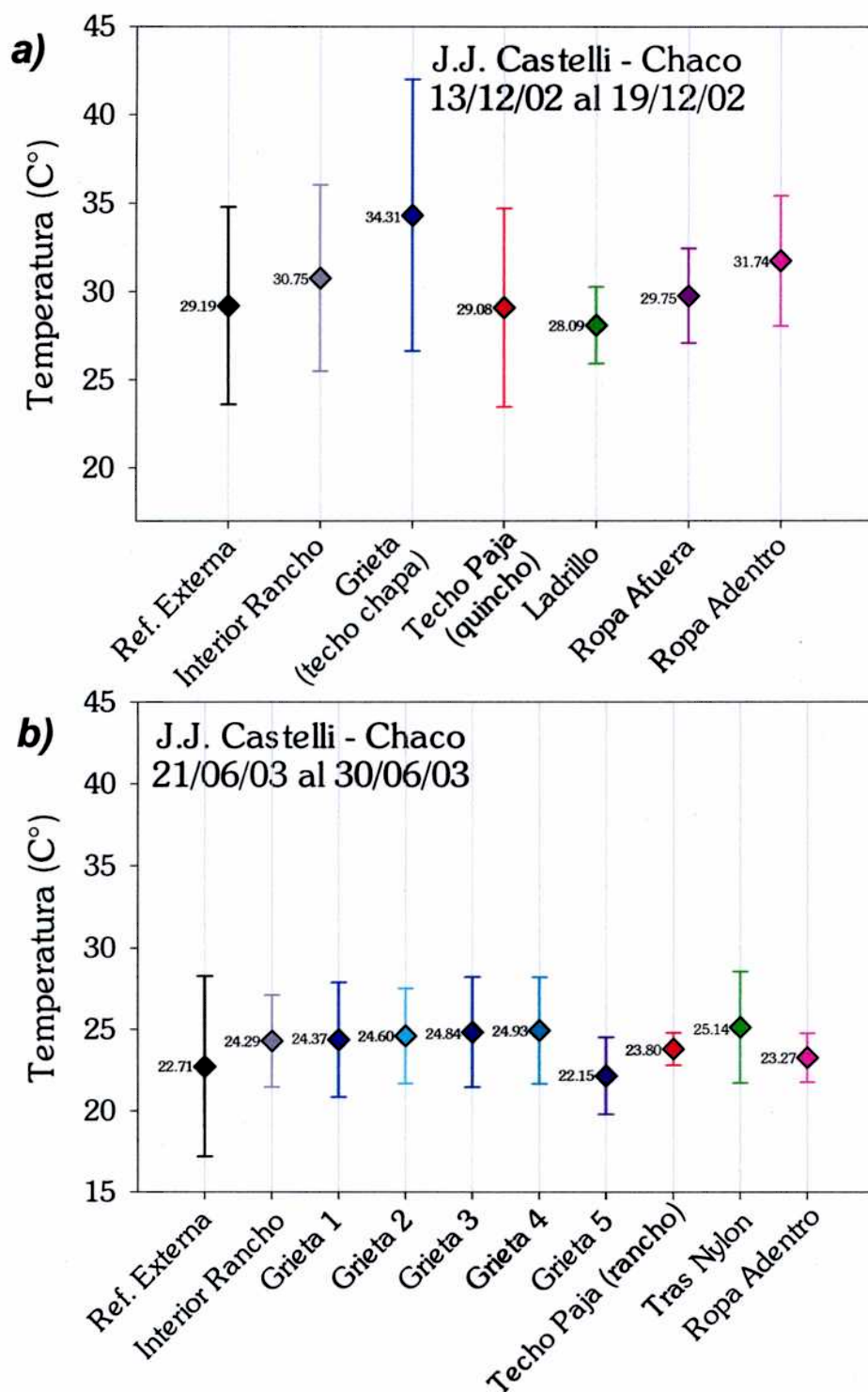


FIGURA 2.18. Dinámica diaria promedio de temperatura en el ambiente (macroclima) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en J. J. Castelli. Cada punto constituye el promedio de los 6 días de muestreo correspondientes a la hora del día que la abscisa demarca. a) Estación húmeda. b) Estación seca.

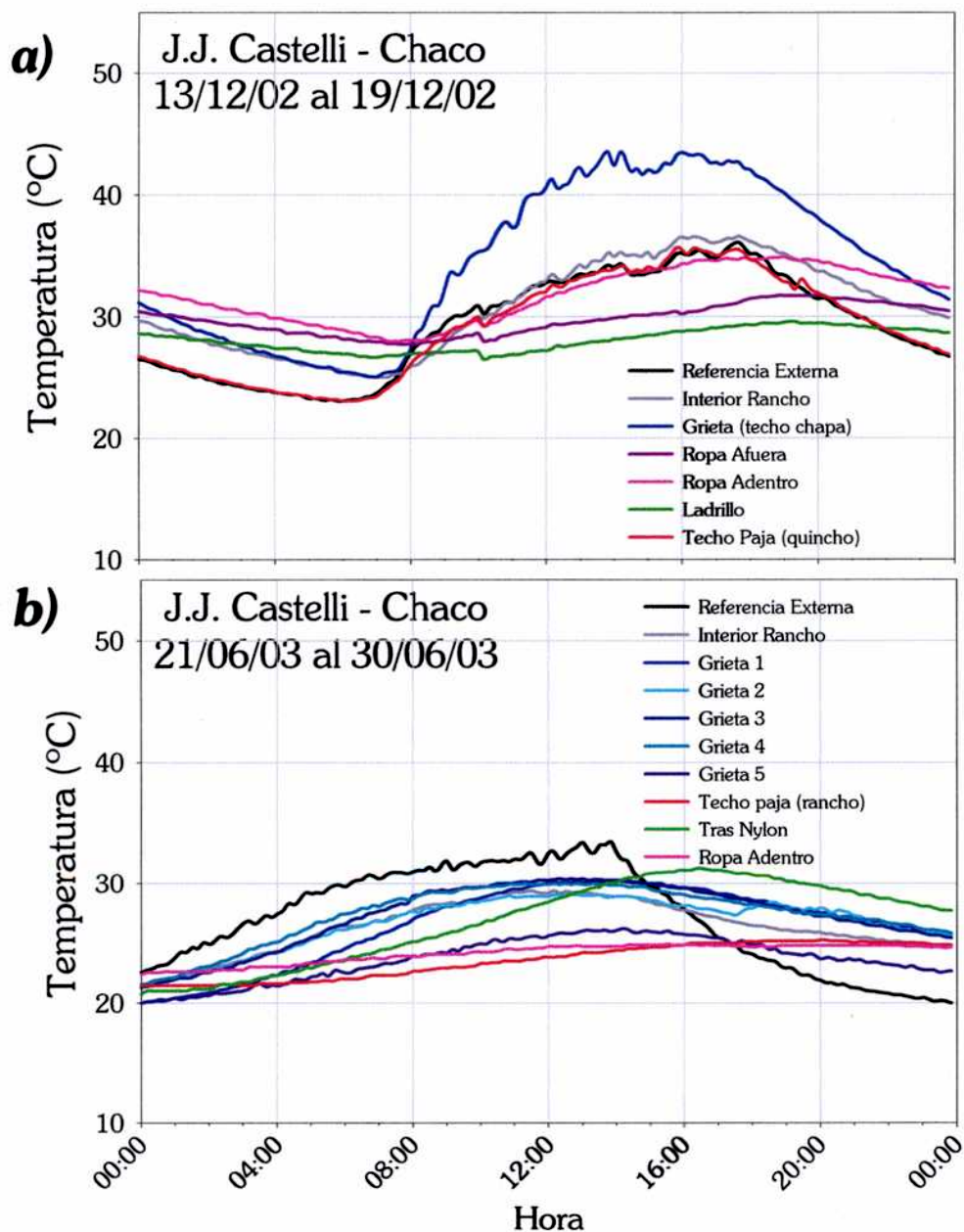
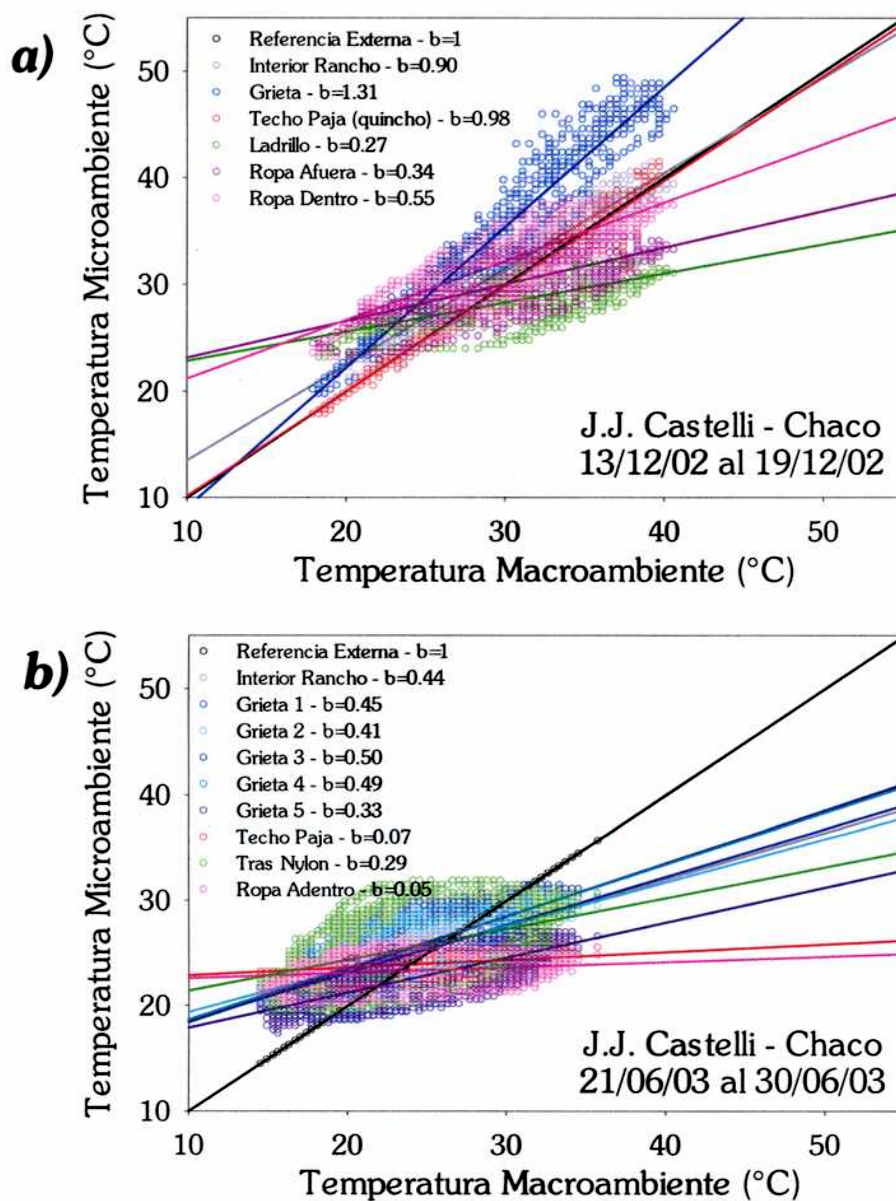


FIGURA 2.19. Regresión lineal entre la temperatura registrada en el interior de cada uno de los refugios naturales de vinchucas (microambientes) y el ambiente externo (macroambiente), en J. J. Castelli. Líneas y círculos de diferente color señalan la regresión individual entre un tipo de refugio diferente y la "Referencia Externa" (la línea gris representa una pendiente igual a 1, regresión de "Referencia Externa" en sí misma). La pendiente de cada regresión nos da información sobre la capacidad de cada refugio de amortiguar la T° ambiental. a) Estación húmeda. b) Estación seca.





DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN TOCANTINÓPOLIS (S 06° 18' 32.0'' W 047° 24' 51.3'')

Se realizaron dos campañas de recolección de datos en la cercanía de la ciudad de Tocantinópolis, estado de Tocantins, Brasil. La primera de ellas de 7 días de duración durante el mes de diciembre de 2001, i.e. estación húmeda, y la segunda de 6 días, durante el mes de agosto de 2002, i.e. estación seca. Se programaron los sensores para tomar un dato de temperatura cada 5 minutos. En la zona estudiada se encontraron varias especies del género *Rhodnius* en copas de palmeras, por lo que se instalaron los sensores en los refugios conformados por las inserción de las hojas en el tronco de dos especies de palmeras típicas de la región: Babaçú y Macaubeira. En ellas se encontraron ejemplares de varios estadios de *Rhodnius neglectus* y *R. pictipes*. Como en los casos anteriores, se colocó uno de los sensores en un lugar con sombra y aireado a modo de “Referencia Externa”, y los demás en los refugios naturales donde se encontraron los triatominos, i.e. las axilas de las hojas de las dos palmeras “Babaçú” y “Macaubeira”.

Las figuras 2.20 a 2.23 (“a” estación húmeda, “b” estación seca) muestran la dinámica de temperatura del *macroambiente* y del *microambiente* de las distintas palmeras donde se colocaron los sensores durante las dos campañas realizadas. Durante la primera de ellas, correspondiente a la estación húmeda (Fig. 2.20a), la amplitud térmica diaria fue sensiblemente menor que la observada durante la estación seca (Fig. 2.20b). Los valores de temperatura media no difirieron entre sitios durante la estación húmeda (Fig. 2.21a), aunque durante la época seca se observaron diferencias más marcadas (Fig. 2.21b). El valor más bajo de T° media

se registró en el *macroambiente* ("Ref. Externa") con un valor de 25,62°C. Por otro lado, todos los *refugios naturales* de *vinchucas* analizados, i.e. correspondientes a los dos tipos de palmeras, amortiguaron de manera apreciable la temperatura ambiental en las dos estaciones (Fig. 2.22a, 2.22b, 2.23a y 2.23b).

FIGURA 2.20. Dinámica temporal de temperatura en el ambiente local (macroclima) y en el interior de distintos tipos de refugios naturales de *vinchucas* (microclima), en Tocantinópolis. Se registró simultáneamente y de manera continua la T° en el interior y exterior de refugios donde se constató la presencia de *Rhodnius neglectus* y *R. pictipes*. a) Estación húmeda. b) Estación seca.

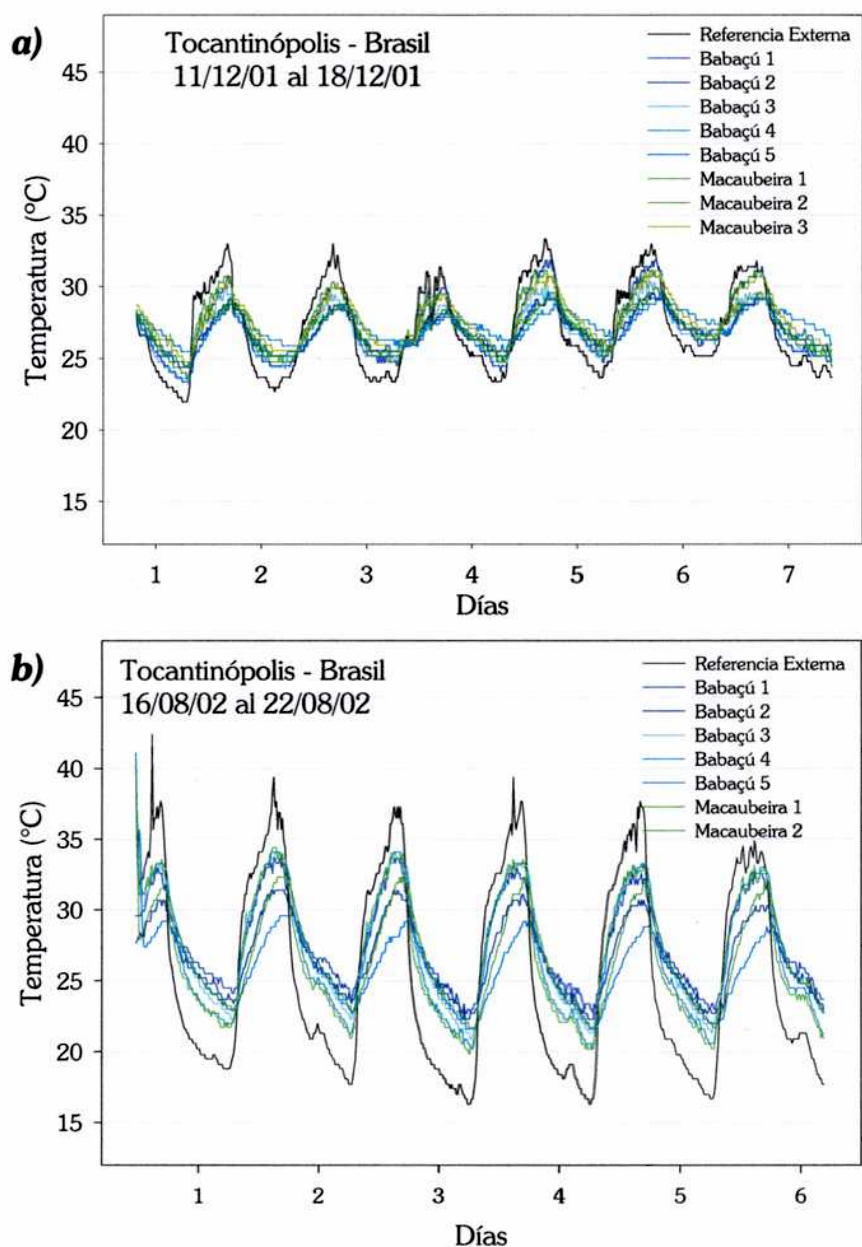


FIGURA 2.21. Temperatura promedio en el ambiente (macroclima) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Tocantinópolis. Se representa la temperatura media con rombos coloreados (el valor a su lado indica el valor exacto) y el desvío estándar con barras verticales. a) Estación húmeda. b) Estación seca.

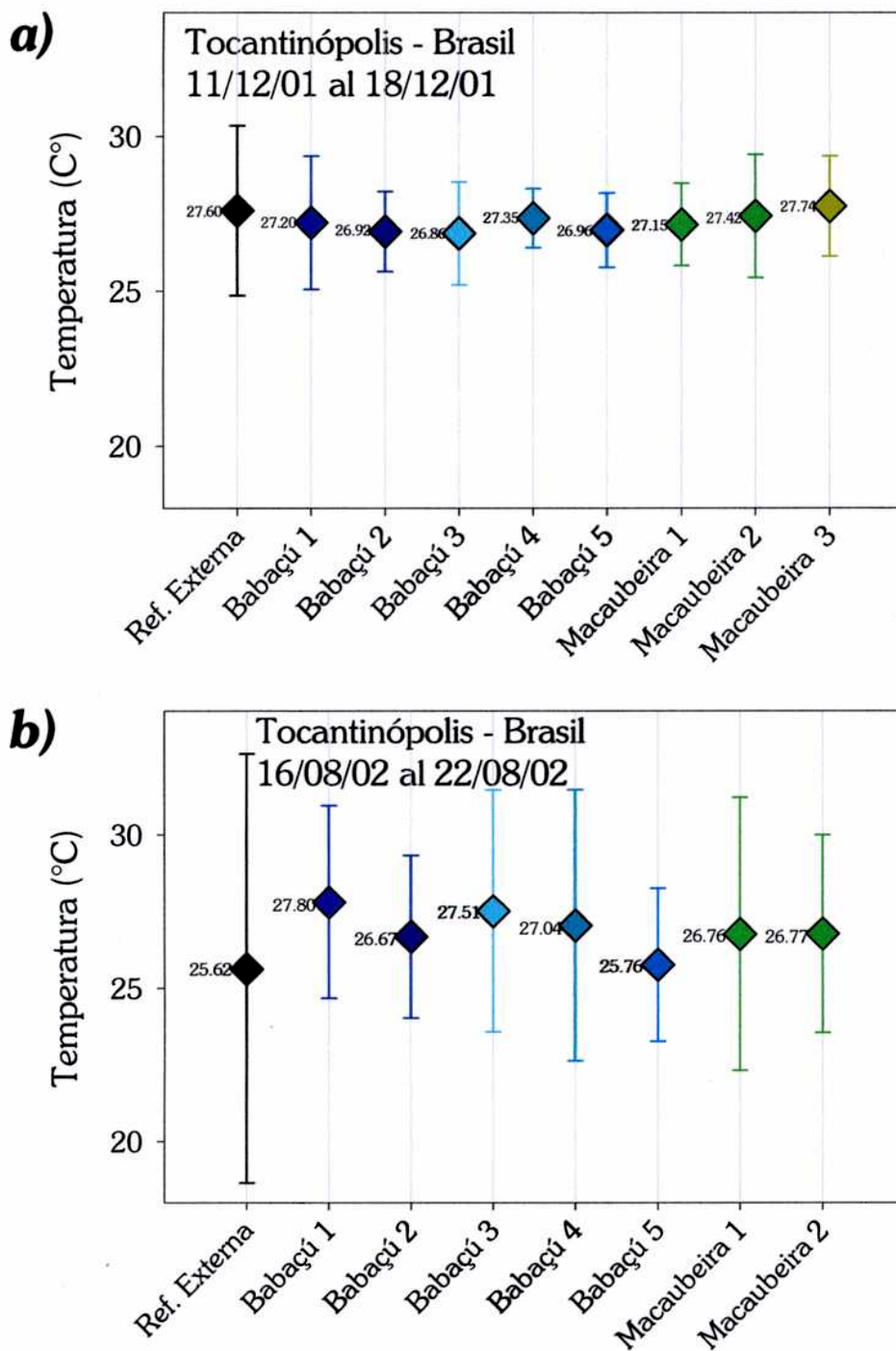


FIGURA 2.22. Dinámica diaria promedio de temperatura en el ambiente (macroclima) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Tocantinópolis. Cada punto constituye el promedio de los 6-7 días de muestreo correspondientes a la hora del día que la abscisa demarca. a) Estación húmeda. b) Estación seca.

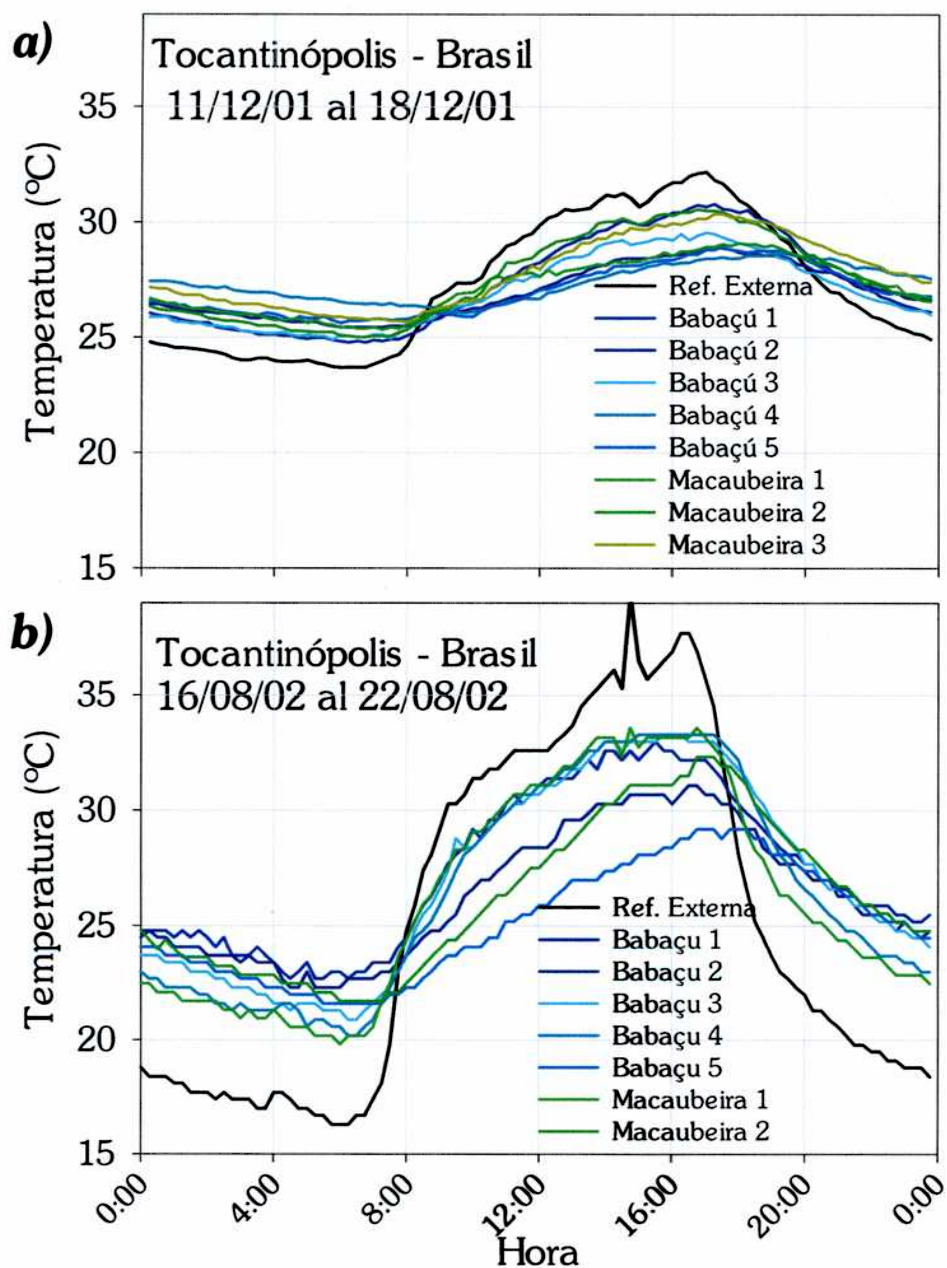
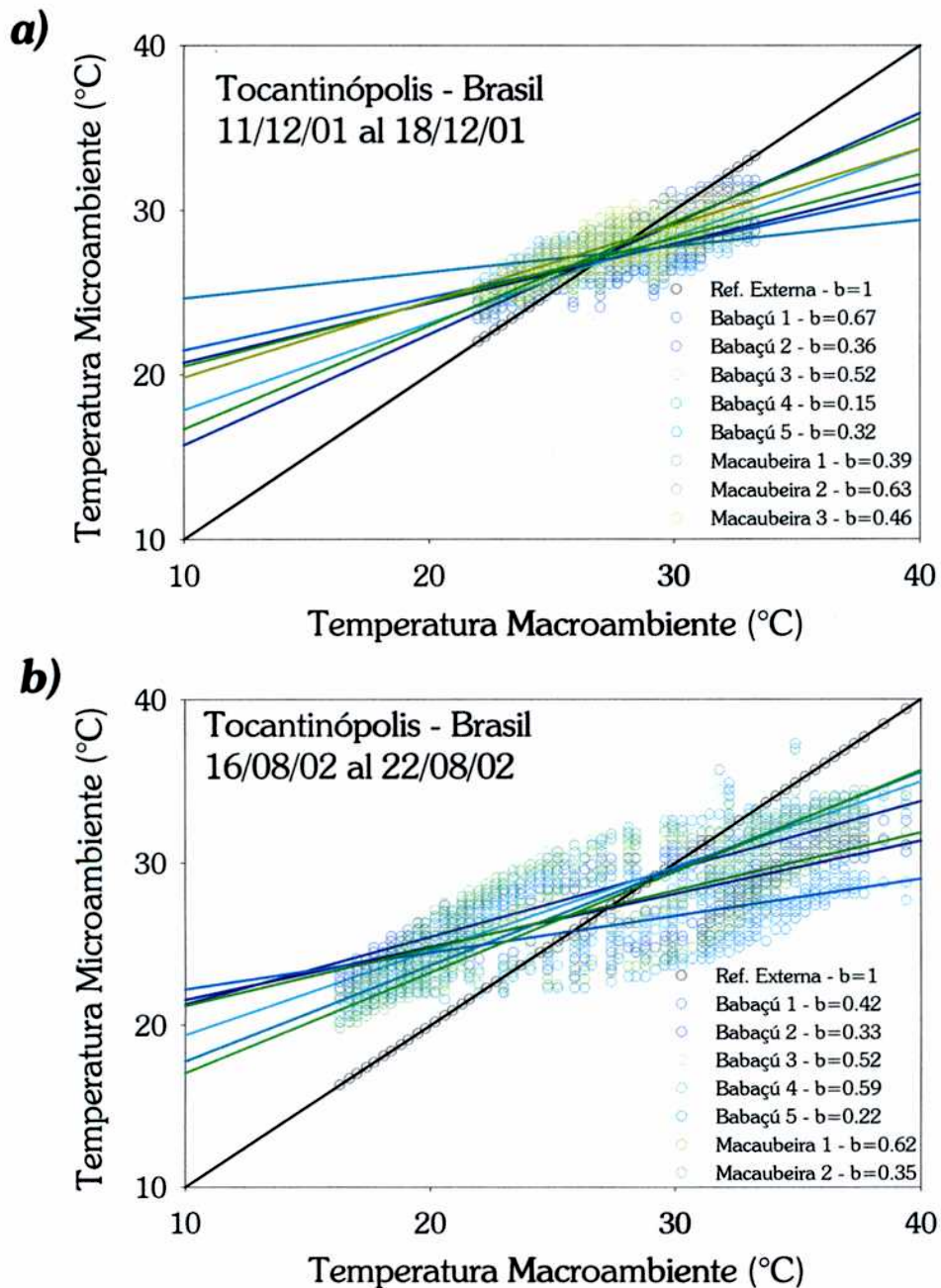


FIGURA 2.23. Regresión lineal entre la temperatura registrada en el interior de cada uno de los refugios naturales de vinchucas (microambientes) y el ambiente externo (macroambiente), en Tocantinópolis. Líneas y círculos de diferente color señalan la regresión individual entre un tipo de refugio diferente y la "Referencia Externa" (la línea gris representa una pendiente igual a 1, regresión de "Referencia Externa" en sí misma). La pendiente de cada regresión nos da información sobre la capacidad de cada refugio de amortiguar la T° ambiental. a) Estación húmeda. b) Estación seca.





DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN CURAÇÁ (S 09° 00' 02.0'' W 039 52' 49.3'')

Se realizó una campaña de muestreo a pocos kilómetros de la ciudad de Curaçá, estado de Bahía, Brasil, durante 5 días hacia fines del mes de noviembre y comienzos de diciembre de 2001. Dicha fecha corresponde a la estación seca de la región. Se buscaron triatominos en los arbustos y árboles típicos de la zona encontrándose dos especies, *Triatoma pseudomaculata* y *T. brasiliensis*, en el interior de nudos y debajo de la corteza de las dos especies de árboles más abundantes: Caatingueiras y Quixabeiras. En dichos lugares se colocaron los sensores de temperatura, programados para registrar un dato cada 5 minutos.

A partir de las figuras 2.24 a 2.27 se puede observar que el *microclima* de los refugios naturales ocupados por los triatominos encontrados en esta zona, i.e. *T. pseudomaculata* y *T. brasiliensis*, no presentaron diferencias muy evidentes con el *macroclima*. Sólo los sensores colocados en el interior o bajo la corteza de las Quixabeiras detectaron un leve amortiguamiento de temperatura (Figs. 2.26 y 2.27; $b=0,74$ y $0,89$). Además, ninguno de los refugios naturales de las vinchucas encontradas en la región mostró una temperatura media diferente del promedio de temperatura ambiental (Fig. 2.25).

FIGURA 2.24. Dinámica temporal de temperatura en el ambiente local (macroclima) y en el interior de distintos tipos de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Curaçá. Se registró simultáneamente y de manera continua la T° en el interior y exterior de refugios donde se constató la presencia de *Triatoma pseudomaculata* y *T. brasiliensis*.

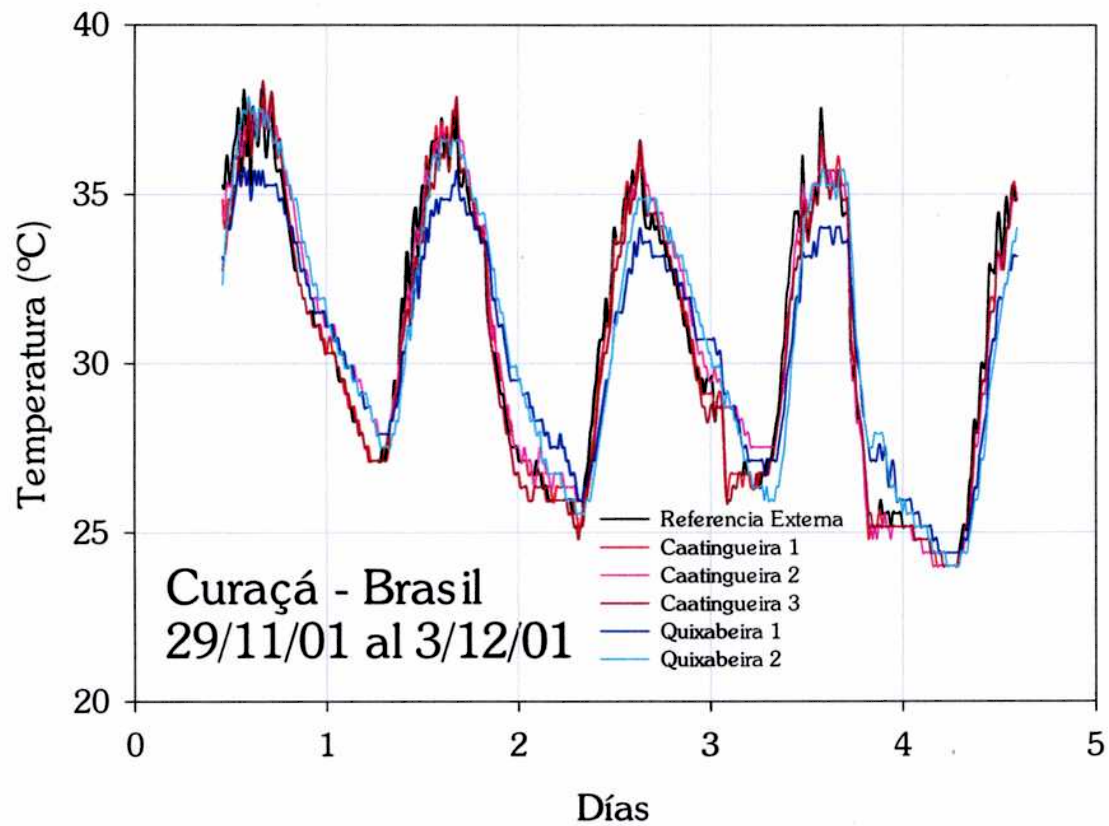


FIGURA 2.25. Temperatura promedio en el ambiente (macroclima = Ref. Externa) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Curaçá. Los rombos coloreados representan la temperatura media (el valor a su lado indica el valor exacto) y las barras verticales el desvío estándar.

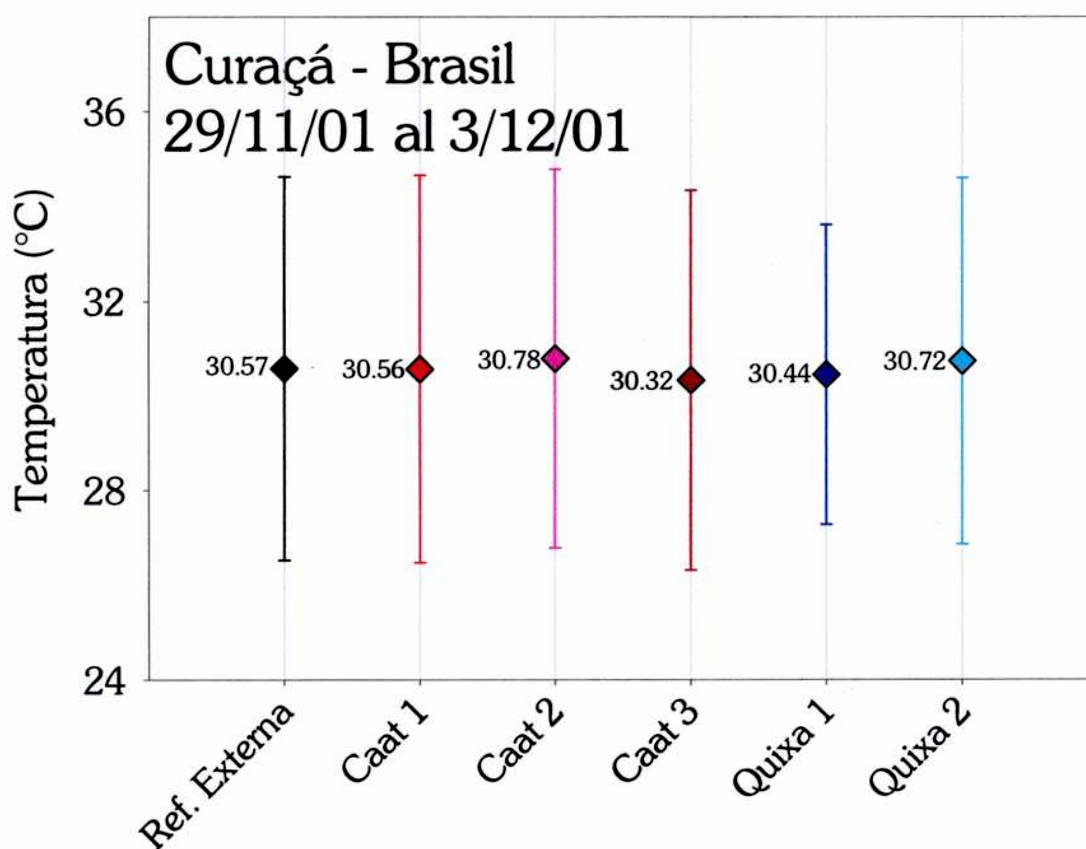


FIGURA 2.26. Dinámica diaria promedio de temperatura en el ambiente (macroclima) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Curaçá. Cada punto constituye el promedio de los 5 días de muestreo correspondientes a la hora del día que la abscisa demarca.

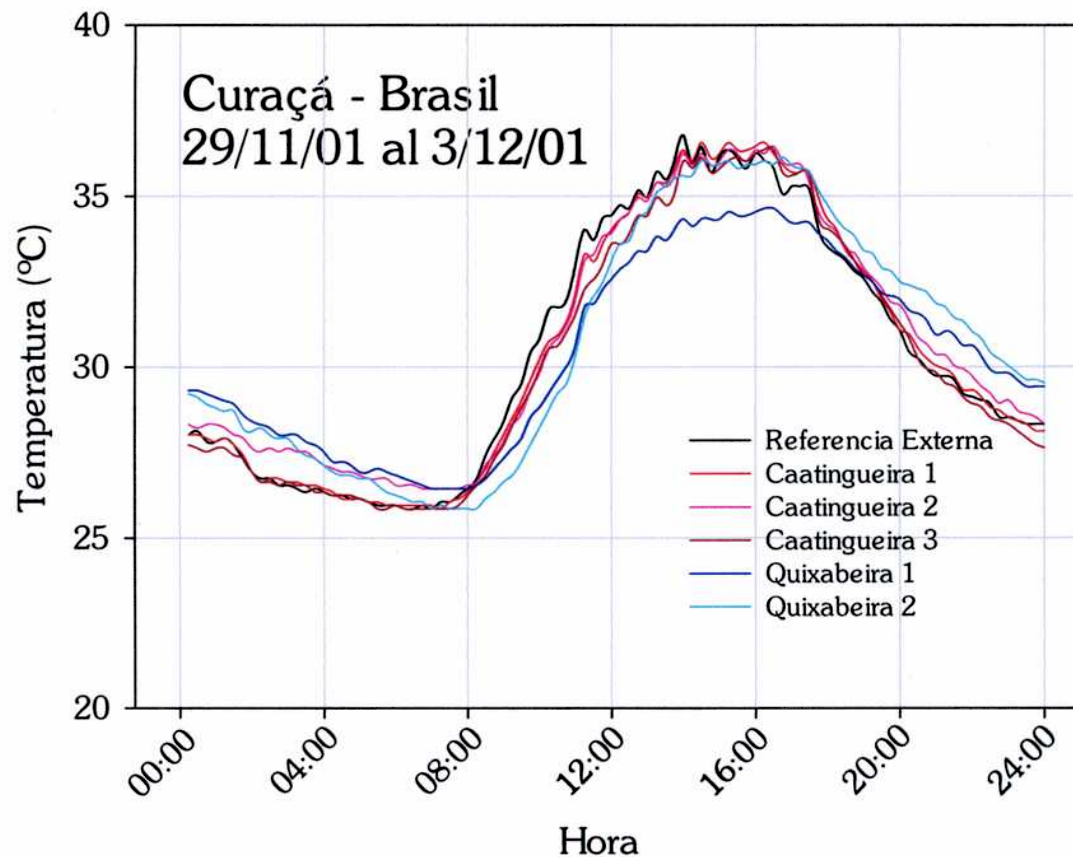
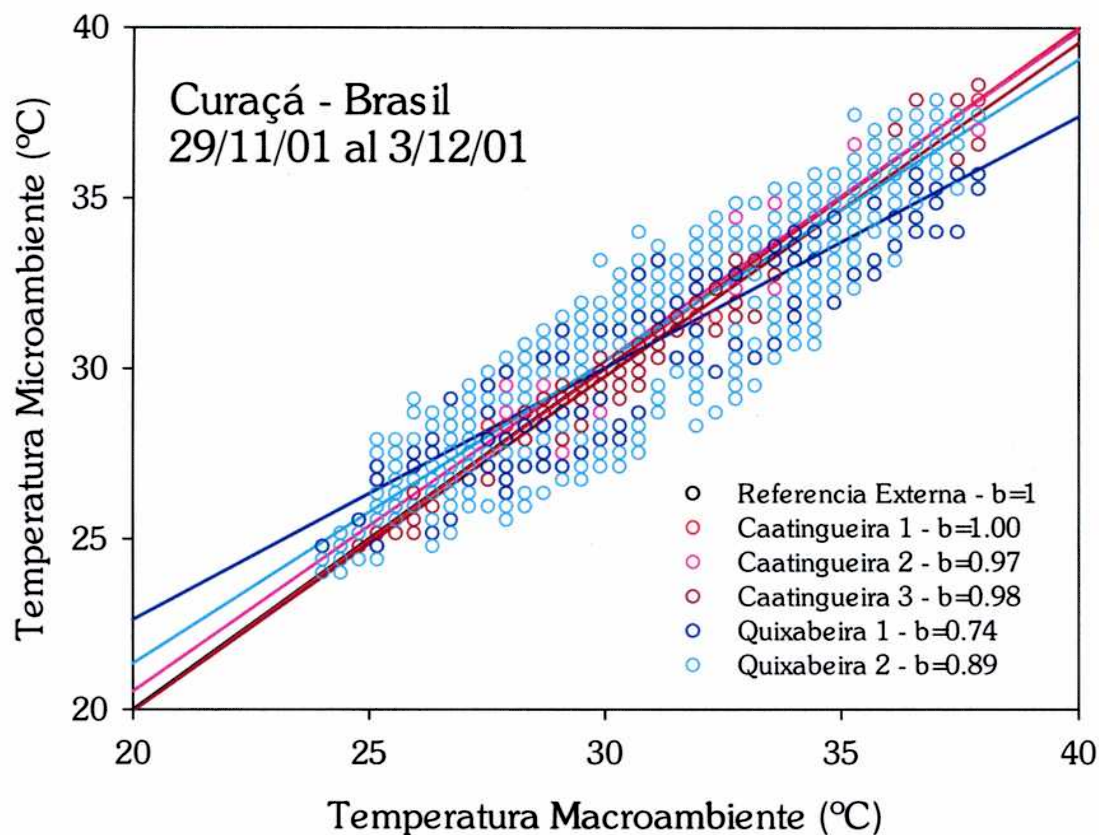


FIGURA 2.27. Regresión lineal entre la temperatura registrada en el interior de cada uno de los refugios naturales de vinchucas (microambientes) y el ambiente externo (macroambiente), en Curaçá. Líneas y círculos de diferente color señalan la regresión individual entre un tipo de refugio diferente y la "Referencia Externa" (la línea gris representa una pendiente igual a 1, regresión de "Referencia Externa" en sí misma). La pendiente de cada regresión nos da información sobre la capacidad de cada refugio de amortiguar la T° ambiental.



CAPÍTULO 3



HUMEDAD RELATIVA

*La ciencia siempre está en falta. Nunca soluciona un
problema sin crear otros diez.*

George B. Shaw

LA HUMEDAD Y LA SELECCIÓN DE REFUGIOS

La humedad relativa (HR) del ambiente es un factor de gran importancia para la biología general de las vinchucas (Porter y Tschinkel 1993, Guarneri *et al.* 1998, Pires *et al.* 2002, Schilman y Lazzari 2004). En primer lugar, la tasa de evaporación de vapor de agua a través de la cutícula depende directamente de la cantidad de agua presente en el aire que rodea a los insectos. Por otro lado, la proliferación de hongos patógenos sobre la cutícula de las vinchucas esta directamente relacionada con la humedad presente en el medio que las rodea (Roca y Lazzari 1994). De esta manera, la supervivencia de estos insectos vectores depende en gran medida de la humedad relativa del aire que los rodea a lo largo de sus vidas. En este capítulo se analizó cómo la humedad relativa ambiental podría afectar la selección de refugios por parte de las vinchucas. En la primera parte de este trabajo (*Parte I*) se analizó la preferencia de varias especies de triatominos por permanecer en zonas de una arena experimental con determinadas humedades relativas, utilizando para ello gradientes de HR generados artificialmente en el laboratorio. En la segunda parte de este estudio (*Parte II*), se analizó la dinámica diaria y/o estacional de la humedad relativa en el interior de los refugios donde naturalmente habitan estos insectos. Tanto los estudios de higropreferencia llevados a cabo en condiciones controladas de laboratorio como los que describen la dinámica diaria y estacional de humedad relativa de los hábitats naturales de estos insectos, resultan de particular interés para la comprensión de la importancia de la HR ambiente en la selección de sitios para habitar en estos insectos hematófagos.

PARTE I. ENSAYOS DE LABORATORIO

Al igual que para el análisis de termopreferencia realizado en el *Capítulo 2*, se estudió el efecto de la humedad relativa en la distribución espacial de los triatomíneos, mediante la realización de experimentos de preferencia hídrica, utilizando gradientes de humedad relativa generados artificialmente en el laboratorio. Sabiendo por experimentos anteriores que la higropreferencia en estos insectos es un comportamiento dinámico y cambiante, se realizaron registros continuos de higropreferencia a lo largo del tiempo. Insectos pertenecientes a 4 especies de triatomíneos fueron liberados en una arena experimental, en la cual había sido establecido previamente un gradiente de HR de valores conocidos. Mediante técnicas de registro y subsiguiente análisis de video-filmaciones tomadas a intervalos de tiempo, se registró la distribución espacial de los insectos y se determinó la humedad relativa preferida a lo largo de varios días sucesivos de forma continua.

Se trabajó en el marco de la siguiente hipótesis: *la humedad relativa de los refugios naturales de las vinchucas afecta su distribución espacial y puede ser responsable de la diferenciación de hábitats observada entre las distintas especies de triatomíneos*. Se analizaron y compararon las respuestas de preferencia hídrica de las diferentes especies de vinchucas y el posible efecto modulador del estado nutricional de los insectos en este comportamiento.



INSECTOS UTILIZADOS

Los ensayos de higropreferencia se realizaron utilizando las mismas 4 especies de triatomos utilizadas para los estudios de termopreferencia, seleccionadas de acuerdo a su importancia epidemiológica y al tipo de ambientes que ocupan naturalmente. Tres de las especies estudiadas pertenecen al género *Triatoma*, y aunque ocupan ambientes disímiles entre sí, se encuentran próximos al domicilio y/o peridomicilio. Éstas fueron: *Triatoma infestans*, *T. sordida* y *T. guasayana*. Sus distribuciones geográficas se solapan parcialmente (Fig. 1.1), siendo *T. infestans* la mas ampliamente distribuida. La cuarta especie, *Rhodnius prolixus*, además de por su relevancia como vector de la enfermedad de Chagas, fue elegida como grupo distante al género *Triatoma*, como referencia para la comparación, dado que ocupa tanto hábitats como áreas geográficas distintas (Fig. 1.1).

Todos los experimentos de preferencia hídrica fueron realizados utilizando larvas de quinto estadio, con distintos niveles de ayuno. En el caso de *T. infestans* y *R. prolixus*, los animales fueron criados en nuestro laboratorio. Se los mantuvo durante todo su desarrollo en una cámara de cría, bajo un régimen de temperatura controlada ($27\pm 2^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa ambiente. Los insectos fueron alimentados una vez por semana sobre gallinas vivas. Por su parte, los ejemplares de *T. sordida* y *T. guasayana* utilizados fueron provistos por el Servicio Nacional de Chagas, Santa María de Punilla, Córdoba, Argentina, como larvas del quinto estadio. Las condiciones de temperatura, humedad relativa y alimentación de los insectos criados en Córdoba eran similares a las de nuestro laboratorio.



Para analizar el efecto de la alimentación sobre la higropreferencia de estos insectos, se analizó la preferencia hídrica en vinchucas *ayunadas* y *alimentadas*. En los casos en los que se utilizaron insectos *ayunados*, éstos nunca fueron alimentados luego de la muda de cuarto a quinto estadio, utilizándolos entre los 4-15 días posteriores a la ecdisis, es decir, al cabo de aproximadamente 11-22 días desde su última alimentación sanguínea. Por su parte, los animales *alimentados* ingirieron sangre una única vez, luego de mudar al quinto estadio, por un período de una hora, 24 horas antes del comienzo del experimento.

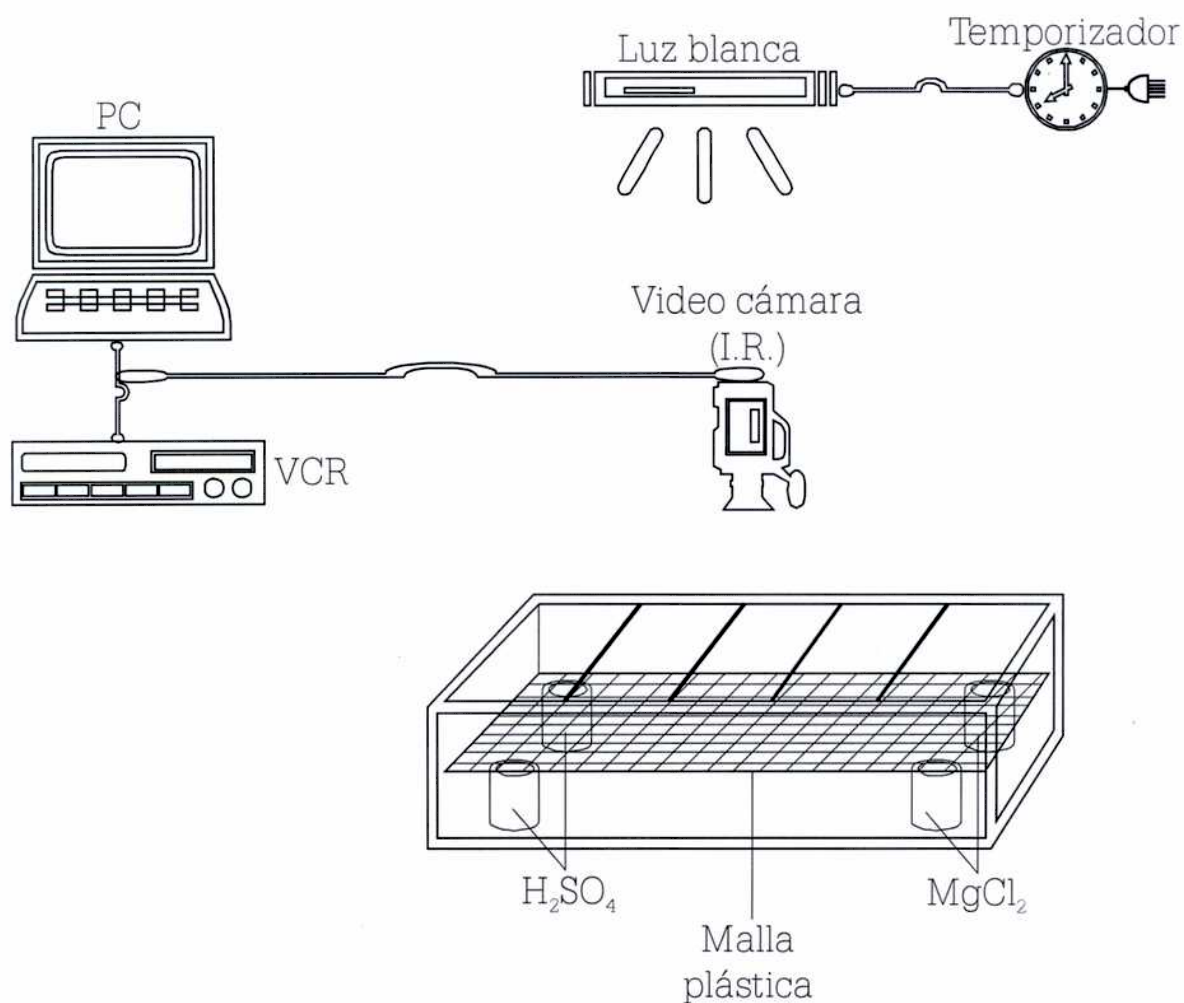
GRADIENTES DE HUMEDAD RELATIVA

Los gradientes de humedad relativa se generaron en el interior de una arena experimental de vidrio de 40 cm de largo, 15 cm de ancho y 10 cm de altura, con tapa (Figs. 3.1). En uno de los extremos se colocaron 2 recipientes de vidrio (50 ml) contiguos, cada uno de ellos con 35 ml de ácido sulfúrico puro. Este ácido es altamente higroscópico ya que secuestra las partículas de agua del aire, generando humedades relativas de 0-10% en su entorno inmediato. En el otro extremo de la arena se colocaron otros 2 recipientes idénticos, pero con 35 ml de una solución saturada de cloruro de magnesio en agua en su interior. Esta solución, aunque es también higroscópica, retiene menor cantidad de agua que el ácido sulfúrico, por lo que genera una humedad relativa de 30-35% en su entorno inmediato. Sobre los vasos de decantación, se colocó una malla de plástico (poro de 1 mm) semi-rígida cubriendo la totalidad del área de la arena, sobre la cual se liberaban los insectos.



Así, la malla evitaba que los insectos cayeran en las soluciones y a su vez permitía que se estableciera un equilibrio hídrico con el ambiente que rodeaba a las vinchucas.

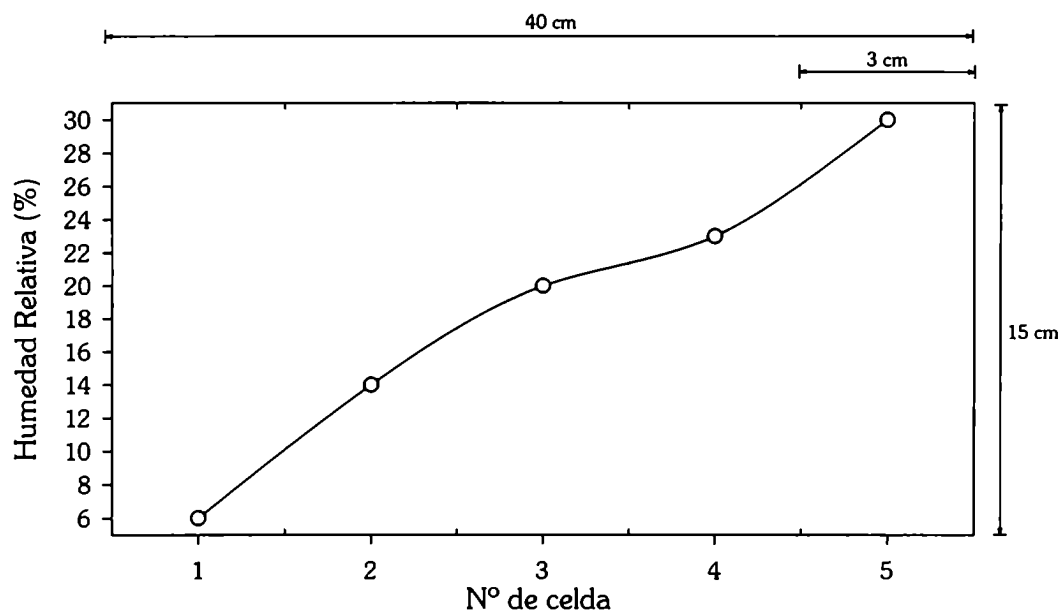
FIGURA 3.1. Arreglo experimental utilizado para el registro de la higropreferencia de las vinchucas. En los extremos de la arena experimental se ubicaron las soluciones higroscópicas (H_2SO_4 y $MgCl_2$) para obtener el gradiente hídrico. A través de una videocámara conectada a una VCR y una PC se registraba horariamente el comportamiento de higropreferencia de los insectos sobre la arena. El fotoperíodo era controlado por un temporizador.





Sobre la tapa de la arena experimental se delimitaron 4 líneas transversales al eje mayor de la arena, de manera tal que, al verlas a través de una videocámara, demarcaban 5 celdas de 15 cm de largo y 8 cm ancho sobre el piso de la arena (Fig. 3.2). Se midió la humedad relativa en cada una de ellas con un higrómetro (precisión $\pm 0,4\%$), obteniendo valores de 6% en el extremo del ácido sulfúrico y 30% en el extremo correspondiente al cloruro de magnesio, quedando establecido en la arena experimental un gradiente de HR, tal como se muestra en la figura 3.2. Además, se realizaron mediciones de humedad relativa en cada sector antes y después de cada experimento, a fin de controlar la estabilidad higríca del sistema. No se registraron variaciones de HR ni con la hora del día ni con el transcurso de los días.

FIGURA 3.2. Gradiente de humedad relativa establecido en la arena experimental utilizada para analizar la higropreferencia en las 4 especies de triatominos. La HR en cada zona del gradiente se representa en función del número de celda. Los círculos grises representan la HR media de cada celda. Superimpuesto, se presenta un esquema de la vista superior de la arena experimental, indicando dimensiones reales. La HR se midió en cada una de las 5 celdas antes y después de cada experimento.





REGISTRO DE PREFERENCIA HÍGRICA

Se utilizó una video-cámara sensible tanto a luz visible, como a luz infrarroja (900 nm) para registrar la higropreferencia de las vinchucas. Además de la iluminación infrarroja emitida por la cámara, que resulta invisible para los insectos (Reisenman *et al.* 1998), se agregó un tubo de luz blanca controlado por un temporizador, que permitió fijar el fotoperíodo en 12 horas de luz (8:00 a 20:00 hs) y 12 horas de oscuridad (20:00 a 8:00 hs). La videocámara se situó por encima de la arena experimental, a 50 cm de altura (Fig. 3.1), y las imágenes se registraron en una video grabadora (VCR). Con el objeto de registrar de forma casi continua el comportamiento de preferencia de las vinchucas, se conectó una computadora (PC) a la VCR a través de una interfase y un programa desarrollados *ad hoc* en nuestro laboratorio que permitieron grabar intervalos de diez segundos cada hora durante los 2 días de duración de cada serie experimental, obteniéndose 48 imágenes por serie experimental. La imagen analógica de cada hora se digitalizó y se calculó la humedad relativa preferida por cada insecto en cada momento en función de su posición en el gradiente.

Tanto la arena experimental con las soluciones higroscópicas, como la VCR y la luz blanca, se encontraban dentro de un habitáculo aislado de la luz externa. En su interior se midió la intensidad de luz con un luxómetro digital *TES-1330* con la luz blanca apagada y encendida, obteniendo un valor de 0.00 lux para el primer caso y de 90 lux para el segundo. El valor de 0.00 lux con la luz blanca apagada nos asegura un buen aislamiento lumínico del dispositivo



PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Se definieron 8 series experimentales, correspondientes a las 4 especies de triatominos, ensayadas luego de ser *alimentadas* o mantenidas *ayunadas*. En cada una de ellas, se liberaban 6 larvas de una *especie* y *estado nutricional* en uno de los dos extremos del gradiente de forma azarosa, y se aguardaba 4 horas antes de comenzar a registrar, a fin de permitir la aclimatación de los insectos a las condiciones experimentales. Experimentos anteriores nos permiten considerar este tiempo de aclimatación previa como suficiente para asegurar que la posición de los insectos se debe a su preferencia térmica y no a la manipulación del experimentador. Se realizaron 8 réplicas de cada serie experimental. En todos los casos, los insectos fueron utilizados solo una vez y posteriormente descartados.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos de preferencia térmica obtenidos fueron analizados empleando estadística paramétrica. Se analizó el efecto de dos factores en la termopreferencia de las vinchucas: 1) *especie* y 2) *estado nutricional*. De cada serie experimental se obtenían 48 imágenes digitales, cada una de la cuales reflejaba la humedad relativa preferida por 6 vinchucas de una misma *especie* y *estado nutricional* a una determinada hora. Estos 6 valores se promediaban obteniendo así la humedad relativa preferida a cada hora durante 2 días (círculos rojos y azules de las figuras 3.3 a 3.6). Dado que el mismo grupo de insectos era analizado a lo largo del



tiempo, y que por lo tanto los datos no eran independientes entre sí, se agruparon y promediaron los valores de higropreferencia de todas las horas, obteniendo un valor único de *humedad relativa media preferida* para cada serie experimental. De esta manera, el análisis estadístico se realizó sobre dicha variable, analizando las diferencias entre los tratamientos a través del análisis de varianzas (ANOVA) de 2 factores fijos, luego de verificar los supuestos, i.e. distribución normal de los residuos con la prueba de *Lilliefors* ($p < 0,01$) y homogeneidad de varianzas con la prueba de *Bartlett* ($p < 0,01$). Ningún grupo de datos requirió ser transformado. Como la interacción entre los factores principales fue significativa, cada factor fue tratado separadamente, analizando para ello los efectos simples (Zar 1984). Los tratamientos que mostraron diferencias significativas entre sí, fueron comparados posteriormente de manera múltiple con la prueba de *Tukey HSD*.



PARTE II. TRABAJO DE CAMPO

En esta parte del trabajo se estudió la dinámica de la humedad relativa ambiental y la de los refugios naturales de triatominos. Se tomaron mediciones simultáneas de HR en el interior de refugios habitados por distintas especies de triatominos (*Triatoma infestans*, *T. sordida*, *T. guasayana*, *T. pseudomaculata*, *T. brasiliensis*, *Psammolestes coreodes*, *Rhodnius prolixus*, *R. neglectus* y *R. pictipes*, entre otras) y en el ambiente externo inmediato a los refugios, durante varios días, de manera casi continua. De esta manera se analizó la relación entre la dinámica hídrica en el interior de los refugios (*microambiente*) y en el exterior de éstos (*macroambiente*). Se trabajó bajo la siguiente hipótesis: *los refugios de triatominos presentan condiciones microambientales relacionadas con el clima local, pero distintas en cuanto a sus valores extremos y dinámica diaria, según su naturaleza física y ubicación*. Se comparó la capacidad de cada refugio para modificar la HR ambiental, ya sea modificando el valor absoluto o la amplitud hídrica diaria (i.e. su capacidad amortiguadora).

SITIOS DE MUESTREO

Los estudios se llevaron a cabo en las mismas zonas descritas en el capítulo 2, i.e. tres sitios de muestreo en la Argentina:

- 1) Amamá (S 27° 12' 37.4" W 063° 02' 32.3"), Santiago del Estero;
- 2) Santa María de Punilla (S 31° 23' 56.1" W 064° 10' 55.7"), Córdoba;



3) Juan José Castelli (S 25° 56' 00.4'' W 060° 28' 37.8''), Chaco;

y dos sitios en Brasil:

1) Tocantinópolis (S 06° 18' 32.0'' W 047° 24' 51.3''), Tocantins;

2) Curaçá (S 09° 00' 02.0'' W 039 52' 49.3''), Bahía.

La elección de los distintos sitios de muestreo se realizó teniendo en cuenta la distribución geográfica de las especies de vinchucas estudiadas en el laboratorio, intentando abarcar la mayor cantidad de zonas con climas diferentes que contengan a tales especies. En cada punto seleccionado se identificaron los ambientes típicos de la/s especie/s de triatominos presente/s, y se los exploró visualmente en búsqueda de vinchucas. Se instalaron sensores de humedad relativa solo en refugios naturales ocupados por triatominos, ya sea en el interior de un domicilio, en el peridomicilio o en ambientes silvestres. En los lugares en donde fue posible, se realizó una campaña en la época seca y otra en la época húmeda. En Santa María de Punilla se registró la HR continuamente a lo largo de un año. En cada sitio seleccionado se registró la humedad relativa en el ambiente (*macroclima*) y en los refugios naturales de los triatominos (*microambiente*) en la zona durante un período de entre 4 y 30 días consecutivos.



SENSORES DE HUMEDAD RELATIVA

El registro de datos se realizó mediante la utilización de sensores de humedad relativa asociados a dispositivos almacenadores de datos o “*data-loggers*”. Estos dispositivos programables permiten registrar hasta un máximo de 1800 o 4000 datos (según la marca) de manera continua, por lo que el máximo tiempo de registro depende de la frecuencia de adquisición que se programe en el sistema. Estas características nos permitieron registrar de forma casi continua la humedad relativa en ambientes típicos de varias especies de triatominos durante períodos de tiempo de entre 4 y 30 días. Se utilizaron dos marcas comerciales de “*data-loggers*”: *HOBO* y *TINY TALK*. Si bien la funcionalidad de ambos en cuanto a la capacidad de programación, resolución y precisión es muy similar, sus formas y tamaños son distintos. Los dispositivos de marca *HOBO* son rectangulares de 6 cm x 4,5 cm x 1,5 cm, y resuelven en un intervalo de humedad relativa de 0% a 95% con una precisión de $\pm 5\%$ (también registran temperatura). Los *TINY TALK* son cilíndricos, de 3 cm de diámetro y 5 cm de largo, con resolución de 0% a 90% y precisión de $\pm 4\%$ (también registran temperatura). Así, luego de programar los sensores para registrar un dato de humedad relativa cada 5-15 minutos, fueron cuidadosamente colocados en el interior de los refugios seleccionados (*microclima*). Uno de los sensores se instaló en una zona abierta y reparada del sol para registrar simultáneamente las variables ambientales locales (*macroclima*). Al finalizar el tiempo de registro programado, se retiraron los sensores y se procedió a la recuperación y procesamiento de los datos, utilizando para ello una computadora.



PARTE I. ENSAYOS DE LABORATORIO

HIGROPREFERENCIA EN LAS VINCHUCAS: DIFERENCIAS ENTRE ESPECIES Y EFECTO DEL ESTADO NUTRICIONAL

Se estudió el comportamiento de higropreferencia en las vinchucas, liberando individuos de distintas especies y analizando el efecto de dos factores en la modulación de este comportamiento: 1) *especie* y 2) *estado nutricional*. El análisis estadístico (ANOVA 2 factores fijos) reveló una interacción significativa entre estos dos factores ($F_{(3, 56)}=5,42$; $p<0,01$), indicando que el efecto modulador que ejerce el *estado nutricional* de los insectos sobre su higropreferencia no es el mismo en las distintas *especies*, por lo que se analizaron los efectos simples. A continuación se presentan los resultados obtenidos al analizar, en primer lugar el efecto del *estado nutricional* en la higropreferencia de cada una de las *especies* por separado (efecto simple dentro del factor *especie*), y posteriormente las diferencias de higropreferencia entre *especies* de vinchucas con el mismo *estado nutricional* (efecto simple dentro del factor *estado nutricional*).



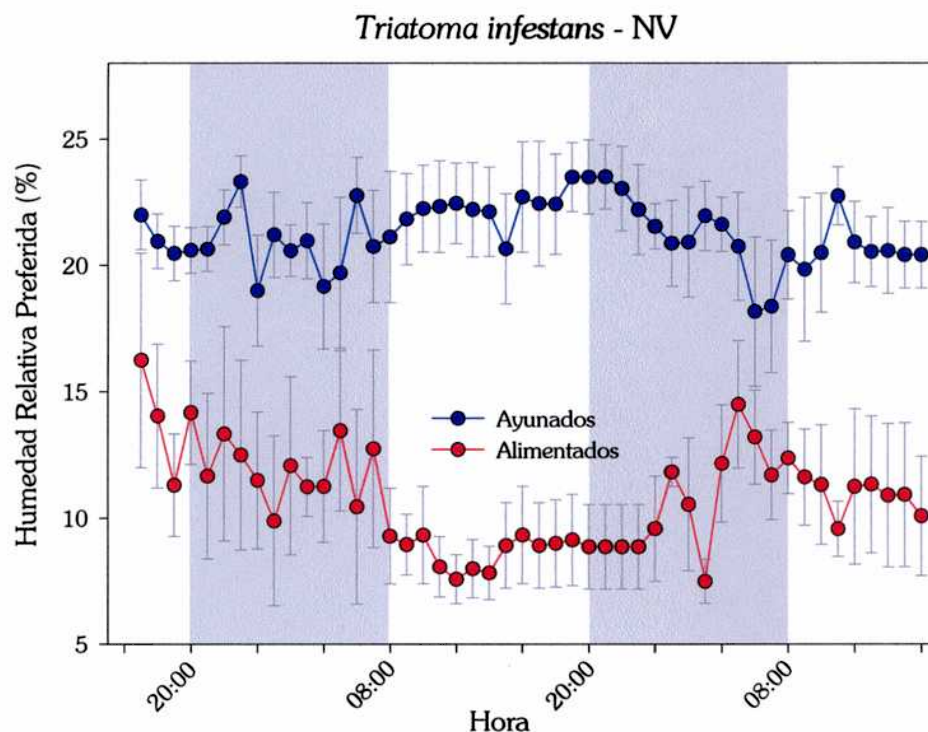
HIGROPREFERENCIA EN TRIATOMA INFESTANS

Las larvas de quinto estadio de *T. infestans* exhibieron una preferencia general por permanecer en lugares con bajo contenido de agua en el aire. Ensayos preliminares utilizando gradientes de HR más extensos, i.e. 10% en un extremo y 80% en el otro, mostraron que las especies de triatominos aquí estudiadas (*T. infestans*, *T. sordida*, *T. guasayana* y *R. prolixus*) prefirieron mantenerse en los sitios con HR mas bajas, nunca ocupando zonas con HR más altas que 30%, por lo que se decidió utilizar un gradiente de HR más “corto”, con valores de 6% en un extremo y 30% en el otro.

En *T. infestans*, el estado nutricional de las larvas modificó su preferencia por permanecer en sitios de determinada HR (Figs. 3.3 y 3.7; $F_{(1, 14)}=41,68$; $p<0,0001$). Así, los insectos ayunados prefirieron localizarse en zonas del gradiente con una humedad relativa media de 21,30% (Fig. 3.7), ocupando zonas con HR entre 20% y 22,5%, valor significativamente mayor que el que prefirieron los insectos alimentados, que fue de 10,74%, con valores de HR entre 8,8% y 12,8%. La diferencia media entre las dos condiciones nutricionales fue relativamente constante a lo largo del experimento y cercana a 11%. En ninguno de los dos grupos de insectos (ayunados y alimentados) se observan diferencias claras entre la higropreferencia en momentos de luz y de oscuridad (Fig. 3.3).



FIGURA 3.3. Higropreferencia de larvas de quinto estadio de *T. infestans*. Se representan con círculos azules los grupos de insectos “ayunados” y con círculos rojos los “alimentados”. Las ordenadas representan la humedad relativa preferida por los insectos de cada grupo liberados sobre el gradiente de HR. Las abscisas representan la hora del día. En barras grises y blancas se indican los intervalos de oscuridad y luz del fotoperíodo, respectivamente. Cada serie fue replicada 8 veces, presentando en el gráfico la media y el desvío estándar.



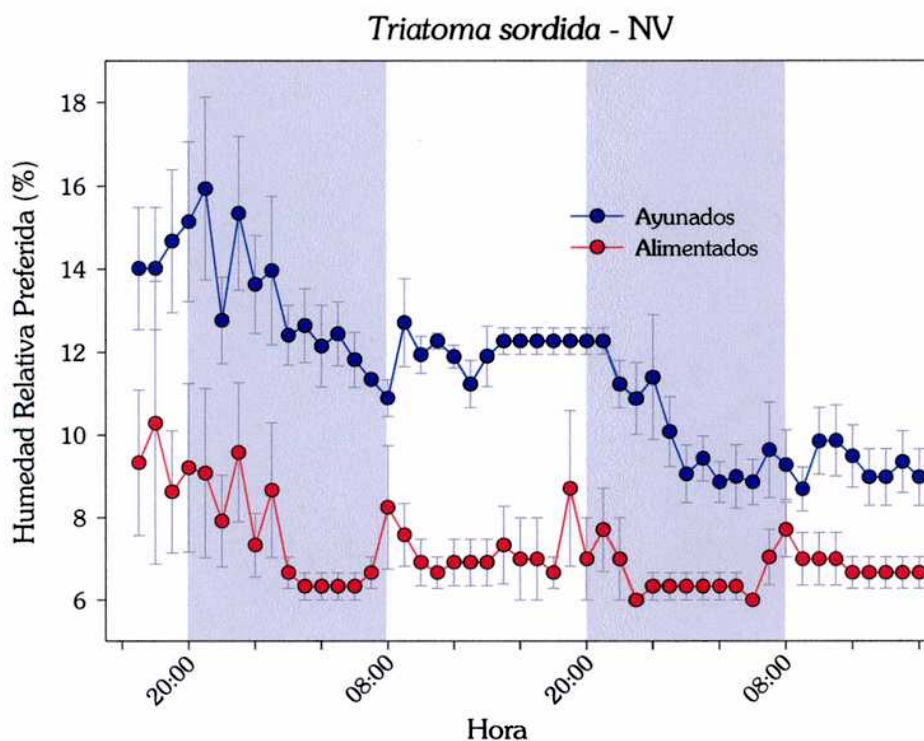
HIGROPREFERENCIA EN *TRITATOMA SORDIDA*

Los insectos de esta especie liberados en los gradientes de HR exhibieron una higropreferencia dinámica, que se vio modificada por el grado de ayuno de los individuos (Figs. 3.4 y 3.7; $F_{(1, 14)}=36,01$; $p<0,0001$). Los animales con mayor reserva alimentaria prefirieron humedades más bajas, localizándose en zonas con menor HR que los que ostentaban un mayor grado de ayuno. Así, los insectos *alimentados* ocuparon preferentemente zonas con un valor medio de HR de 7,21%



(Fig. 3.7), tomando valores de HR entre 6,2% y 8,3%, mientras que los ayunados prefirieron humedades de 11,52% (valores entre 9,5% y 13,5%). La diferencia entre los valores de HR preferidos por ambos grupos experimentales fue cercana a 4% (Fig. 3.7), valor de menor magnitud que el observado para *T. infestans* (11%, Fig. 3.7). Nuevamente, no se observa una dinámica diaria de higropreferencia asociada a la hora del día o a la presencia del fotoperíodo establecido (Fig. 3.4).

FIGURA 3.4. Higropreferencia de larvas de quinto estadio de *T. sordida*. Se representan con círculos azules los grupos de insectos “ayunados” y con círculos rojos los “alimentados”. Las ordenadas representan la humedad relativa preferida por los insectos de cada grupo liberados sobre el gradiente de HR. Las abscisas representan la hora del día. En barras grises y blancas se indican los intervalos de oscuridad y luz del fotoperíodo, respectivamente. Cada serie fue replicada 8 veces, presentando en el gráfico la media y el desvío estándar.





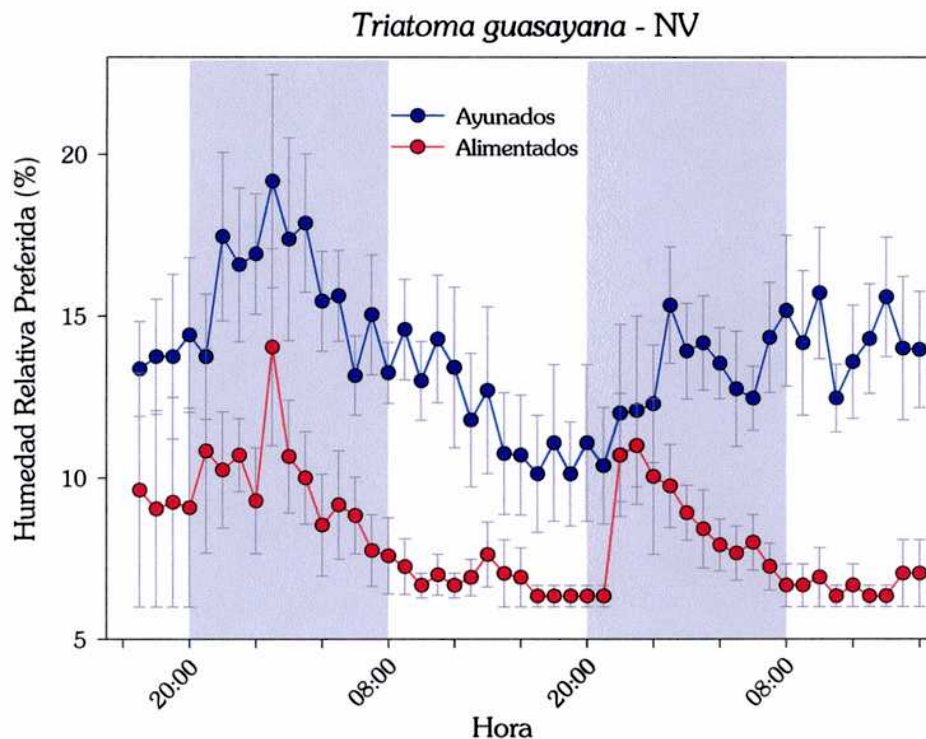
HIGROPREFERENCIA EN TRIATOMA GUASAYANA

Al igual que para las especies anteriores, las larvas de *T. guasayana* ensayadas exhibieron una higropreferencia modulada por el *estado nutricional* o grado de ayuno de los individuos (Figs. 3.5 y 3.7; $F_{(1, 14)}=73,70$; $p<0,0001$). Al permanecer *ayunados*, los animales eligieron preferentemente las zonas de humedades relativas más altas del gradiente, resultando en una HR media de 13,80% (Fig. 3.7), siendo que ocuparon zonas con valores entre 11,8% y 15,9%, mientras que los *alimentados* prefirieron ubicarse en zonas con niveles del 8,16% de HR media, con valores entre 6,5% y 9,9%. La diferencia media entre la higropreferencia presentada por los insectos con los distintos grados de ayuno se mantuvo próxima a 6%. Adicionalmente, las larvas de *T. guasayana* de ambos grupos experimentales revelaron comportamentalmente una relación entre la higropreferencia y la hora del día (Fig. 3.5). Así, tanto los insectos *ayunados* como los *alimentados* presentaron una tendencia a ubicarse en las zonas del gradiente con mayor HR en el transcurso de la noche, mientras que durante las horas del día exhibieron un movimiento lento y continuo hacia humedades relativas más bajas.

La preferencia hídrica de las larvas de *T. guasayana* resultó ser notablemente similar a la de las larvas de *T. sordida*, ya sea en cuanto a su valor absoluto como en el efecto modulador del *estado nutricional* de los insectos en dicha respuesta.



FIGURA 3.5. Higropreferencia de larvas de quinto estadio de *T. guasayana*. Se representan con círculos azules los grupos de insectos “ayunados” y con círculos rojos los “alimentados”. Las ordenadas representan la humedad relativa preferida por los insectos de cada grupo liberados sobre el gradiente de HR. Las abscisas representan la hora del día. En barras grises y blancas se indican los intervalos de oscuridad y luz del fotoperíodo, respectivamente. Cada serie fue replicada 8 veces, presentando en el gráfico la media y el desvío estándar.



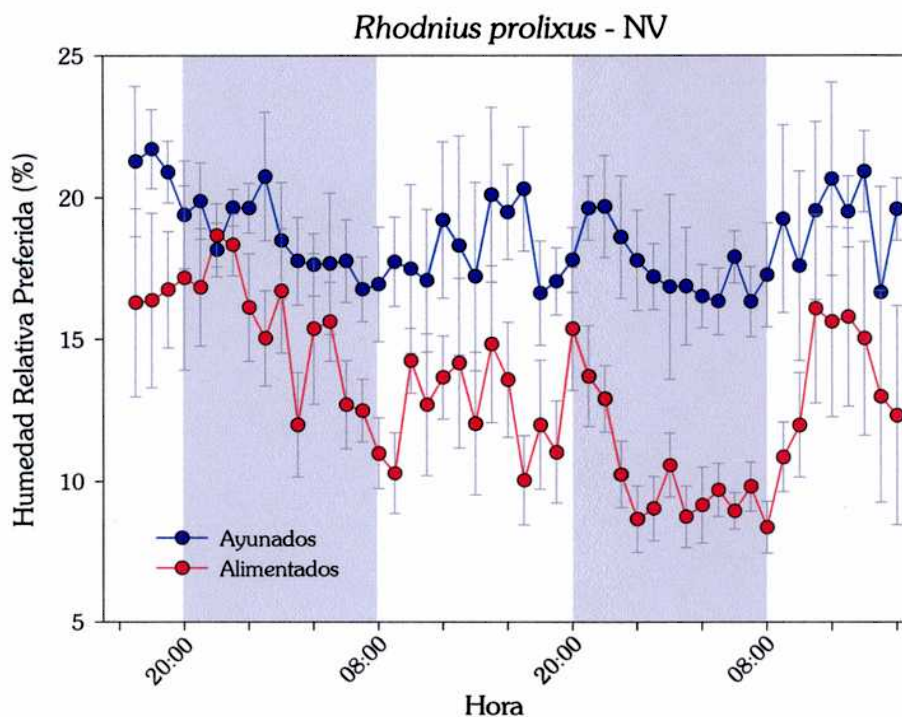
HIGROPREFERENCIA EN *RHODNIUS PROLIXUS*

Las larvas de *R. prolixus* presentaron la misma dependencia observada en las especies anteriores entre la higropreferencia y el estado nutricional de los individuos (Figs. 3.6 y 3.7; $F_{(1, 14)}=12,48$; $p<0,01$). Nuevamente los animales ayunados ocuparon preferentemente zonas del gradiente con humedad relativa más alta que los que se alimentaron antes del experimento, resultando en una HR media de 18,48% (Figs. 3.7). Dicha valor medio es consecuencia de haber permanecido preferentemente en celdas con HR entre 17% y 20%. Por su parte,



los insectos *alimentados* prefirieron ubicarse en sitios algo más secos (valores entre 10,4% y 16%), resultando en una HR media de 13,17%. La diferencia entre ambas condiciones experimentales fue próxima a 6%. No se observa un ritmo claro de higropreferencia asociado a la hora del día o a la presencia de luz (Fig. 3.6).

FIGURA 3.6. Higropreferencia de larvas de quinto estadio de *R. prolixus*. Se representan con círculos azules los grupos de insectos “ayunados” y con círculos rojos los “alimentados”. Las ordenadas representan la humedad relativa preferida por los insectos de cada grupo liberados sobre el gradiente de HR. Las abscisas representan la hora del día. En barras grises y blancas se indican los intervalos de oscuridad y luz del fotoperíodo, respectivamente. Cada serie fue replicada 8 veces, presentando en el gráfico la media y el desvío estándar.





COMPARACIONES INTERESPECÍFICAS

La figura 3.7a muestra nuevamente los resultados de higropreferencia de las 4 especies ensayadas correspondientes a las figuras 3.3 a 3.6, aunque en este caso, de manera de facilitar la comparación interespecífica, presentadas en una misma figura y en la misma escala. Por su parte, la figura 3.7b resume las humedades relativas preferidas promedio y los desvíos estándares de los insectos *ayunados* y *alimentados* de las 4 especies ensayadas.

De los resultados presentados hasta aquí se desprende que el *estado nutricional* de los individuos resultó ser un factor modulador de la higropreferencia en las 4 especies de triatominos estudiadas. En todos los casos, los insectos que presentaban un mayor déficit alimentario (*ayunados*) ocuparon zonas con HR significativamente más altas que sus pares *alimentados* (Fig. 3.7). A continuación se presentan los análisis y comparaciones entre la termopreferencia de las distintas especies dentro del grupo de insectos *ayunados* y del grupo de insectos *alimentados* por separado (efecto simple).

Al analizar las preferencias hígricas de los animales *ayunados* (efecto simple del ANOVA), se observaron diferencias significativas entre las distintas especies ensayadas (Fig. 3.7b, círculos azules; $F_{(3, 28)}=42,84$; $p<0,0001$). Se realizaron comparaciones múltiples de *Tukey* para evidenciar la existencia de diferencias significativas entre pares de especies. De esta manera, al igual que en el estudio de las preferencias térmicas de los triatominos realizado en el capítulo 1, las larvas de *T. sordida* y *T. guasayana* exhibieron una higropreferencia que no difirió significativamente entre ellas ($p=0,14$), siendo además que ocuparon zonas más



secas que *T. infestans* y que *R. prolixus* ($p < 0,001$ en todos los casos). Por su parte, *T. infestans* prefirió humedades significativamente más altas a las preferidas por *R. prolixus* ($p < 0,05$).

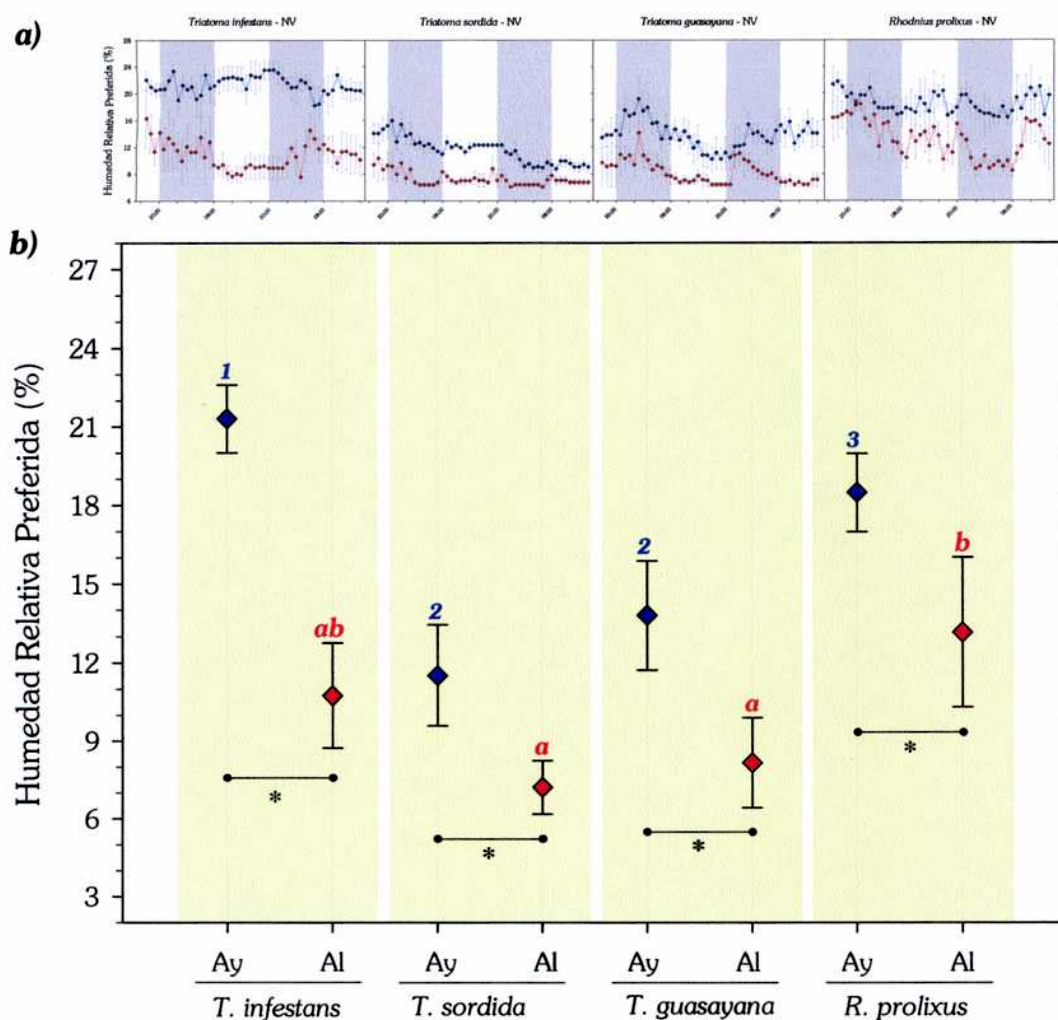
Por otro lado, dentro del grupo de insectos que recibieron una alimentación un día antes del comienzo de los experimentos, se observaron diferencias significativas entre especies (efecto simple del ANOVA; Fig. 3.7b, círculos rojos; $F_{(3, 28)} = 7,30$; $p < 0,001$). De las comparaciones múltiples de Tukey se desprende que *T. infestans* no difirió en cuanto a su preferencia hídrica, ni con *T. sordida* ($p = 0,07$), ni con *T. guasayana* ($p = 0,26$), ni con *R. prolixus* ($p = 0,34$). Así mismo, tanto *T. sordida* como *T. guasayana* presentaron preferencias hídricas significativamente distintas de las de *R. prolixus* ($p < 0,01$ en ambos casos), y, nuevamente, comportamientos notablemente similares entre sí ($p = 0,91$).

Finalmente, *T. infestans* mostró la mayor diferencia entre la preferencia hídrica de individuos ayunados y alimentados, siendo éstos dos los grupos que, al compararlos con las demás especies, presentaron la higropreferencia más alta y más baja respectivamente. *T. sordida* y *T. guasayana* resultaron ser las especies que prefirieron permanecer, en general, en zonas más secas. Por su parte, *R. prolixus* ocupó zonas con humedad relativa intermedia entre las especies ensayadas.



FIGURA 3.7. a) Higropreferencia de larvas de quinto estadio de *T. infestans*, *T. sordida*, *T. quasayana* y *R. prolixus*. Se repiten las figuras 3.3 a 3.6, todas ellas presentadas ahora con la misma escala para facilitar la comparación interespecífica de higropreferencia.

b) Preferencia hídrica promedio de larvas de quinto estadio de *T. infestans*, *T. sordida*, *T. quasayana* y *R. prolixus*. Los círculos coloreados representan la humedad relativa media preferida al cabo de 48 horas de registro continuo y las líneas verticales representan el desvío estándar. Los insectos que permanecieron “ayunados” se denotan con azul y los “alimentados” con rojo. Distintos números denotan diferencias significativas entre especies dentro del grupo de insectos ayunados. Distintas letras denotan diferencias significativas entre especies dentro del grupo de insectos alimentados. Los asteriscos denotan diferencias significativas entre individuos ayunados y alimentados de la misma especie.



PARTE II. TRABAJO DE CAMPO

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DATOS

La dinámica temporal de humedad relativa, medida simultáneamente en el interior de los refugios naturales de triatominos (*microambiente*) y en el ambiente externo (*macroambiente*) de las distintas zonas geográficas estudiadas, i.e. Amamá, Sta. María de Punilla, J. J. Castelli, Tocantinópolis y Curaçá, se expresó de cuatro maneras diferentes, cada una de ellas evidenciando distinto tipo de información. En primer lugar se presenta el registro continuo de datos crudos de humedad relativa obtenidos a lo largo de los días sucesivos que duró cada campaña de muestreo (e.g. Fig. 3.8). Este gráfico da información detallada y sin procesar de los valores absolutos de HR en cada refugio y en el ambiente local. En segundo lugar, se presenta un gráfico en el que se representan los valores promedio de HR correspondientes al período total de cada campaña de cada uno de los ambientes elegidos y su desvío estándar (e.g. Fig. 3.9). Este tipo de gráfico nos permite visualizar y comparar los valores promedio de HR de cada refugio, así como la amplitud hídrica diaria de ellos. En tercer lugar se representa la dinámica diaria del *macro-* y los *microambientes*, promediando los valores de HR correspondientes a una misma hora de distintos días (e.g. Fig. 3.10). Este gráfico permite apreciar la dinámica diaria de HR, evidenciando los valores máximo y mínimo y la hora a la cual éstos ocurren. Por último, se muestra la regresión lineal entre los valores de humedad relativa medidos en el interior de cada uno de los refugios (*microclima*) y los valores del ambiente local (*macroclima*) (e.g. Fig. 3.11). En este caso, la



pendiente de la recta de regresión (expresada con la letra “*b*”) nos brinda información sobre la magnitud de la amortiguación de la HR ambiental por parte del refugio en cuestión. Así, una pendiente igual a 1 nos indica que un cambio de cualquier magnitud en la HR ambiental provoca un cambio de igual magnitud en el microambiente, es decir indica ausencia de amortiguación. Una pendiente menor que 1 evidencia algún grado de amortiguación, ya que un cambio de cualquier magnitud provoca un cambio de menor magnitud en el interior del refugio, indicando que la amplitud hídrica entre la noche y el día en el refugio es menor que en el exterior. Una pendiente mayor que 1 estaría indicando que los cambios de HR serían mayores en el interior del refugio que en el exterior de éste (amplificación), por ejemplo, debido a la presencia de alguna fuente generadora de vapor de agua en el interior de la vivienda (e.g. hospedadores homeotermos, cocina, etc.).

DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN AMAMÁ (S 27° 12' 37.4" W 063° 02' 32.3")

En primer lugar, se analizaron datos obtenidos en una campaña realizada en la localidad de Amamá, en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. Se eligió una vivienda típica de la zona y se instalaron sensores de humedad relativa en un lugar abierto sin exposición al sol denominado “Referencia Externa” (*macroclima*) y en 4 sitios estrechos o refugios naturales (*microclima*) donde se constató la presencia de triatominos. En la vivienda seleccionada se encontraron



ejemplares de *T. infestans* en el interior de la habitación utilizada como dormitorio, tanto en las grietas de las paredes como en el techo de paja, y ejemplares de *T. sordida*, *T. garciabesi* y *T. guasayana* en el peridomicilio. Los refugios seleccionados para instalar los sensores fueron:

1. “Techo Rancho (paja)”, techo de la vivienda humana construido con paja atada y parantes transversales de madera. En este caso, el sensor se insertó entre la paja.
2. “Grieta”, fisura de la pared de la vivienda construida de adobe.
3. “Techo Corral (paja)”, techo de paja de un corral de cabras situado a pocos metros de la vivienda. El sensor se insertó entre la paja.
4. “Hueco Arbol”, constituido por una concavidad pronunciada asociada a un nudo natural del árbol. El sensor se insertó en el hueco.

Se registró la humedad relativa correspondiente al *macro-* y a los *microambientes* descritos, programando los sensores de manera que tomen 1 dato cada 5 minutos durante 15 días consecutivos (desde el 5/12/97 hasta el 20/12/97).

Los resultados presentados en las figuras 3.8 a 3.11 reflejan la dinámica temporal de humedad relativa ambiental y la de los distintos refugios naturales de las vinchucas de esta región, exhibiendo las diferencias entre ellos, ya sea en cuanto a amplitud hídrica diaria o a HR media. Todos los refugios estudiados presentaron una HR media mayor que la ambiental (45,94%; Fig. 3.9), evidenciando algún grado de retención de humedad en su interior por parte de los



materiales que los conforman. Así, el valor medio de HR más elevado fue registrado en el “Techo Corral (paja)” (51,61%), aunque los valores crudos más elevados se obtuvieron en el *microambiente* llamado “Hueco Arbol”, llegando hasta 100% de HR (Fig. 3.8), mientras que el mayor valor de HR registrado en el *macroambiente* fue de 90%. Por otro lado, los refugios estudiados que se encontraban en el interior de la vivienda humana, i.e. “Techo Rancho (paja)” y “Grieta”, amortiguaron la HR externa en mayor medida que los del peridomicilio, i.e. “Techo Corral (paja)” y “Hueco Árbol” (Figs. 3.9 a 3.11). Así, mientras que en el ambiente se obtuvo una amplitud diaria media de 38% (Fig. 3.10), entre la paja del techo del rancho se registró una amplitud hídrica diaria de 10%, amortiguación que se observa en la baja pendiente de la recta de regresión que presentó este *microambiente* (Fig. 3.11; $b=0,40$). En el interior de la grieta, la variación diaria de HR fue cercana a 15% (Fig. 3.10), resultando en una pendiente $b=0,55$ (Fig. 3.11). Por su parte, los refugios del peridomicilio, amortiguaron en menor medida la humedad ambiental. El techo de paja del corral de cabras (“Techo Corral (paja)”) presentó una amplitud diaria de humedad relativa de 23% (Fig. 3.10) con una pendiente de $b=0,71$ (Fig. 3.11), mientras que en el *microclima* generado en la cavidad formada por el nudo de un árbol (“Hueco Arbol”), la amplitud diaria fue de 32% (Fig. 3.10), resultando en una amortiguación casi nula (Fig. 3.11; $b=1,05$).

Al analizar la dinámica diaria de HR en mayor detalle, se puede observar que la amortiguación descrita no es simétrica, observándose un retardo en el ascenso de la HR *microambiental* con respecto a la externa, mientras que al momento de descender la HR, en ambos sitios desciende simultáneamente (Fig. 3.8).



FIGURA 3.8. Dinámica temporal de humedad relativa en el ambiente local (macroclima) y en el interior de distintos tipos de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Amamá. Se registró simultáneamente y de manera continua la HR en el interior y exterior de refugios donde se constató la presencia de *Triatoma infestans*, *T. sordida*, *T. garciabesi* y *T. quasayana*.

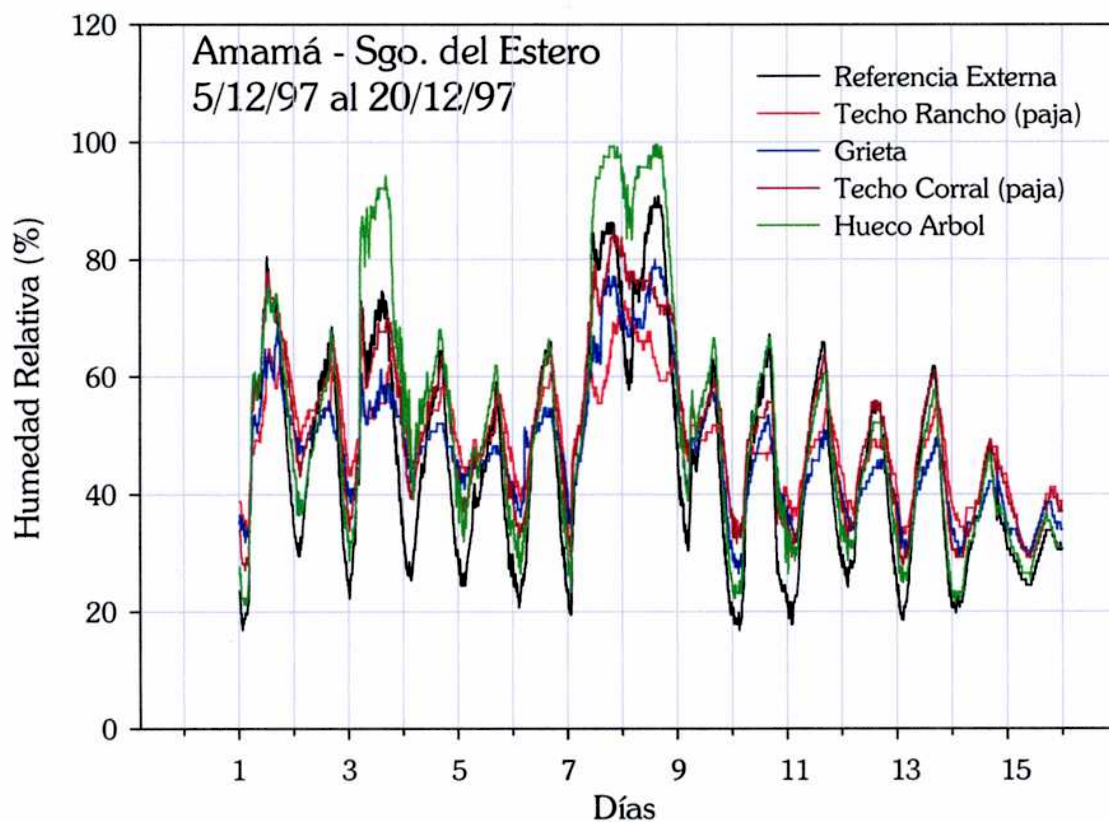




FIGURA 3.9. Humedad relativa promedio en el ambiente (macroclima = Ref. Externa) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Amamá. Los rombos coloreados representan la humedad relativa media (el valor a su lado indica el valor exacto) y las barras verticales el desvío estándar.

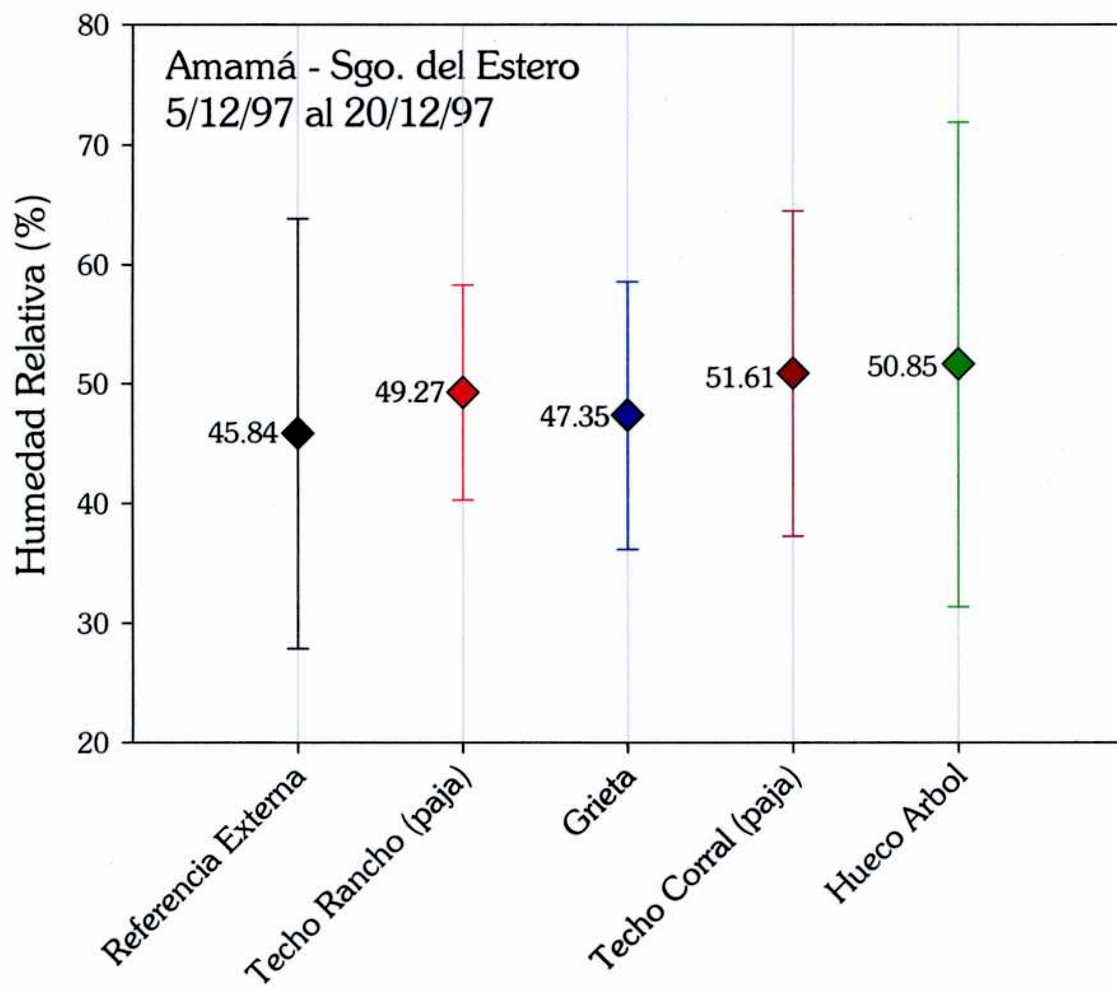




FIGURA 3.10. Dinámica diaria promedio de humedad relativa en el ambiente (macroclima = Ref. Externa) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Amamá. Cada punto constituye el promedio de los 15 días de muestreo correspondientes a la hora del día que la abscisa demarca.

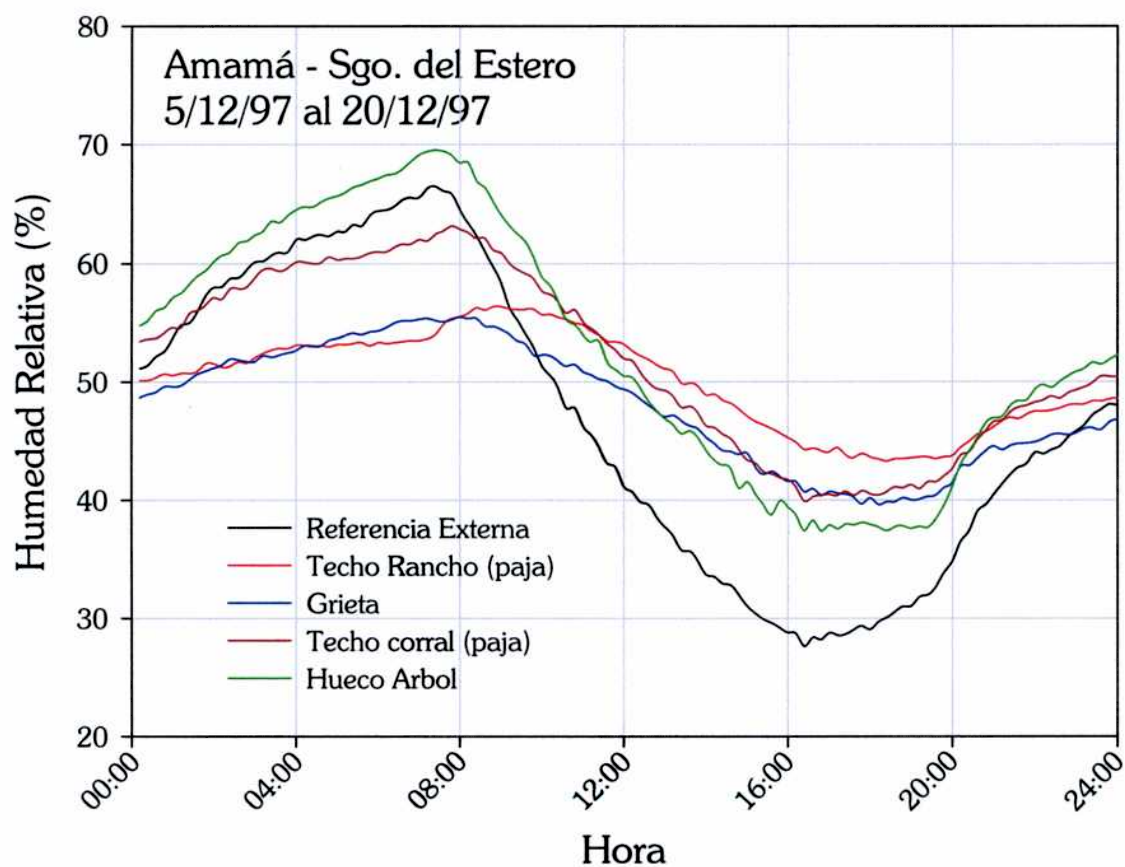
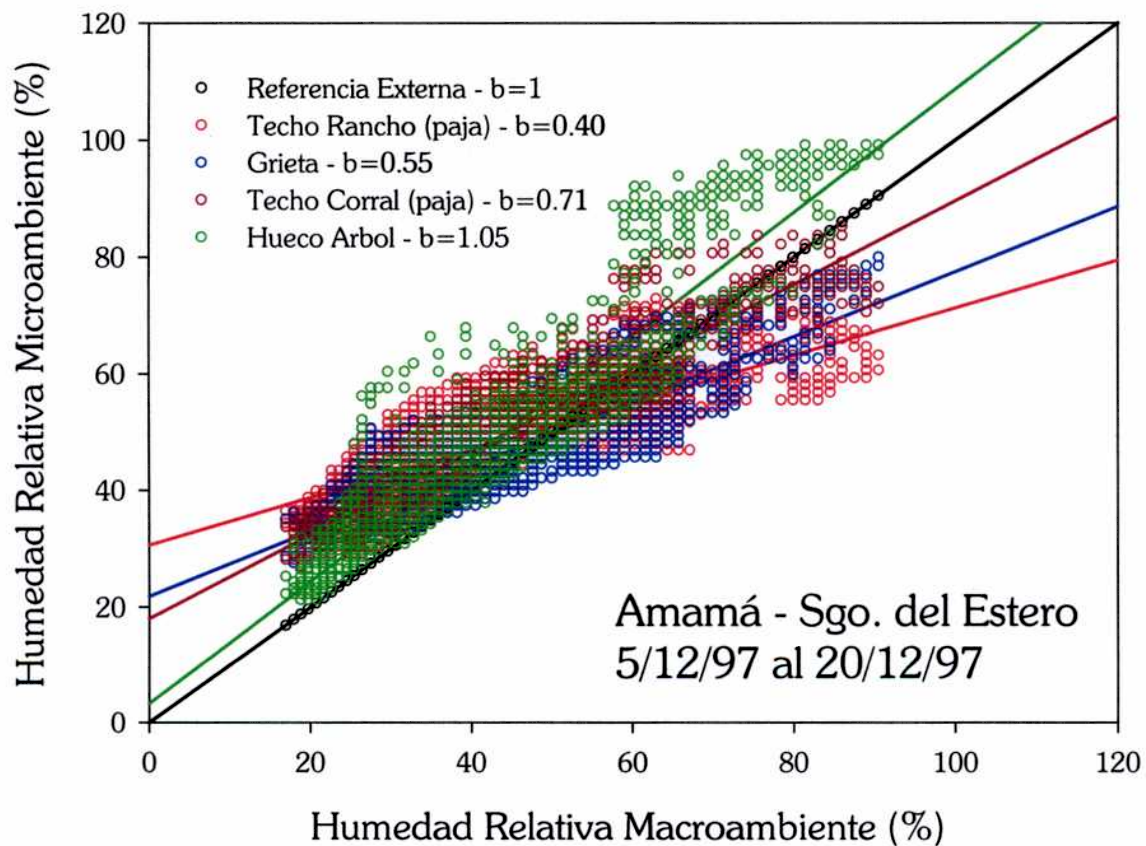




FIGURA 3.11. Regresión lineal entre la humedad relativa registrada en el interior de cada uno de los refugios naturales de vinchucas (microambientes) y el ambiente externo (macroambiente), en Amamá. Líneas y círculos de diferente color señalan la regresión individual entre un tipo de refugio diferente y la "Referencia Externa" (la línea negra representa una pendiente igual a 1 o regresión de "Referencia Externa" en sí misma). La pendiente de cada regresión nos da información sobre la capacidad de cada refugio de amortiguar la T^o ambiental y se presenta en las referencias con la letra "b".





DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN SANTA MARÍA DE PUNILLA (S 31° 23' 56.1'' W 064° 10' 55.7'')

Con el fin de lograr un registro anual continuo de humedad relativa en el *macroambiente* así como también en los *microambientes* de triatominos, se realizaron campañas mensuales a lo largo de un año a la ciudad de Santa Ma. de Punilla, provincia de Córdoba. Se tomaron datos cada 15 minutos desde el 01/08/00 hasta el 01/08/01 en refugios de vinchucas localizados en el peridomicilio. Además de la “Referencia Externa”, se definieron 4 refugios potenciales de vinchucas del peridomicilio:

1. “Corral Enramada”, ramas finas acumuladas para servir de contenedor de cabras. El sensor se insertó entre las ramas.
2. “Corral Madera”, ramas gruesas acumuladas para servir de contenedor de cerdos. El sensor se insertó entre las maderas.
3. “Corral Piedra”, piedras acumuladas que separan varios tipos de animales. El sensor se insertó entre las piedras.
4. “Rancho Experimental”, construcción artificial de ladrillos de adobe y techo de paja. En este caso el sensor se ubicó entre los ladrillos.

Los ambientes estudiados constituyen refugios típicos de *T. infestans*, *T. garciabesi* y *T. guasayana*.

Los registros de humedad relativa obtenidos a lo largo de un año tanto en el ambiente local como en el interior de los distintos refugios de vinchucas estudiados,



se presentan en las figuras 3.12 a 3.15. El registro de la dinámica anual de HR en el *macro-* y los *microambientes* que se exhibe en la figura 3.12, resultó interrumpido en varias ocasiones debido a fallas técnicas en los sensores de humedad de los dispositivos de registro (“*data-loggers*”), causadas posiblemente por la alta humedad relativa del ambiente y/o de los *microambientes* en estudio. De esta manera, la pérdida de series de datos nos dificultó el análisis de la dinámica anual de humedad relativa en el interior de todos los refugios y del ambiente local.

Los valores de HR anuales obtenidos muestran que el refugio denominado “Corral Madera” fue el sitio que mostró el menor valor anual promedio de humedad relativa (Fig. 3.13; 61% HR), siendo que los restantes refugios presentaron valores similares a los obtenidos en el ambiente local o “Referencia Externa” (ca. 70-74% HR). Al separar los datos por estación, las diferencias entre la HR del *macro-* y los distintos *microclimas* se hicieron más evidentes (Fig. 3.14). En particular, al analizar la dinámica diaria de HR durante el *verano*, se observó que los refugios “Corral Piedras”, “Corral Enramada” y “Rancho Experimental” resultaron ser los *microambientes* con la menor amplitud hídrica diaria (0 a 20%), mientras que el *macroambiente* exhibió amplitudes diarias cercanas a 40% (Fig. 3.14a). Además de amortiguar la humedad relativa ambiental, estos refugios presentaron valores de HR superiores a los ambientales. Durante el *otoño* (época en la que se perdió mayor cantidad de datos) los refugios presentaron dinámicas temporales similares a las registradas en *verano* (Fig. 3.14b). En la estación *invernal*, esta diferenciación entre la HR en el ambiente local y los refugios de las vinchucas, no se hizo tan evidente (Fig. 3.14c), siendo el “Rancho Experimental” el



microambiente que más amortiguó la HR ambiental. En el ambiente local, la HR varió entre 35% y 75% (i.e. diferencia cercana a 40%), mientras que en el rancho experimental varió entre 45% y 65% (i.e. diferencia cercana a 20%). En la *primavera* (Fig. 3.14d), todos los refugios naturales de vinchucas amortiguaron la HR, aunque en menor medida que durante el *verano*, siendo nuevamente el “Rancho Experimental” el microambiente con mayor capacidad de amortiguar los cambios de HR.

Por otra parte, al analizar nuevamente la HR en la escala anual, las pendientes de las rectas de regresión de cada uno de los *microclimas* estudiados sobre el *macroclima*, mostraron que los refugios denominados “Rancho Experimental” y “Corral Enramada”, presentaron pendientes menores que 1 (Fig. 3.15), indicando cierto grado de amortiguación de la HR ambiental.



FIGURA 3.12. Dinámica anual de humedad relativa en el ambiente local (macroclima) y en el interior de distintos tipos de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Sta. Ma. de Punilla. Se registró simultáneamente y de manera continua la HR en el interior y exterior de refugios donde se constató la presencia de *T. infestans*, *T. sordida* y *T. quasayana*. La línea negra representa el ajuste anual promedio del clima local (macroambiente).

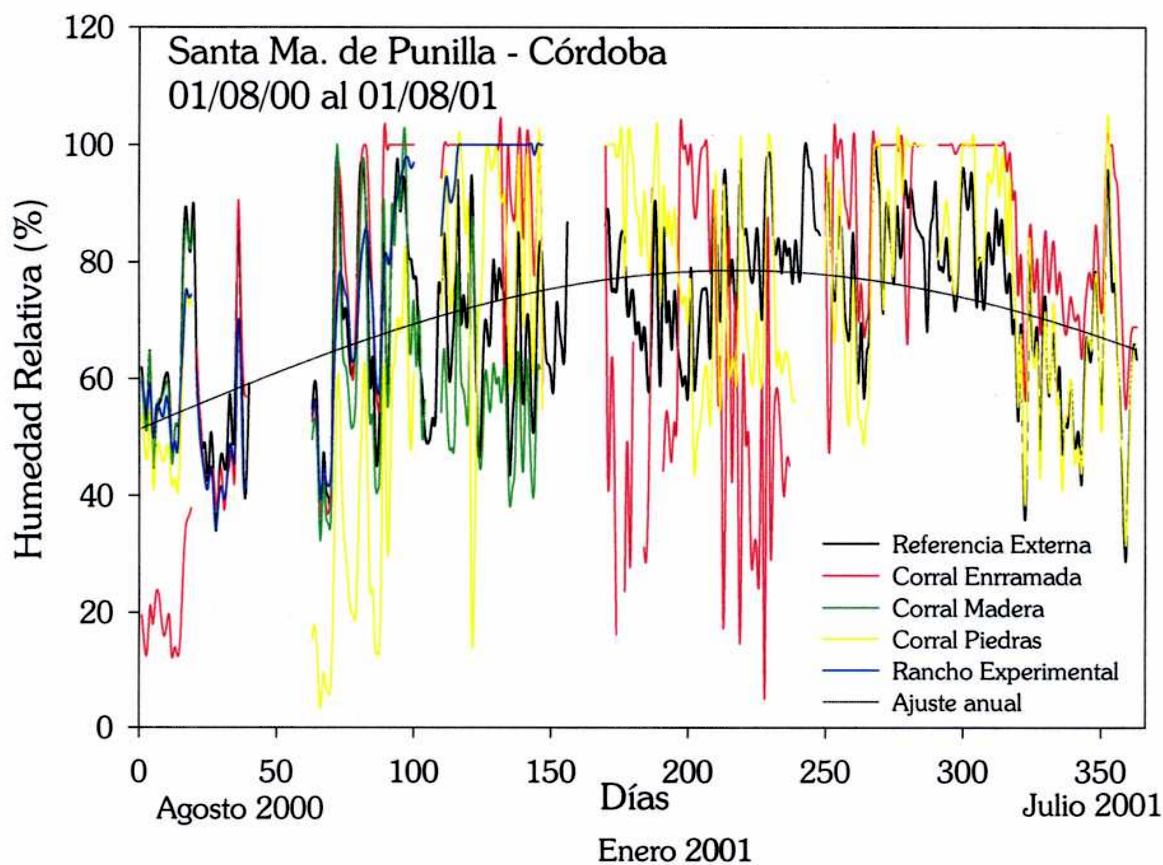




FIGURA 3.13. Humedad relativa promedio en el ambiente (macroclima = Ref. Externa) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Santa Ma. de Punilla. Los rombos coloreados representan la humedad relativa media (el valor a su lado indica el valor exacto) y las barras verticales el desvío estándar.

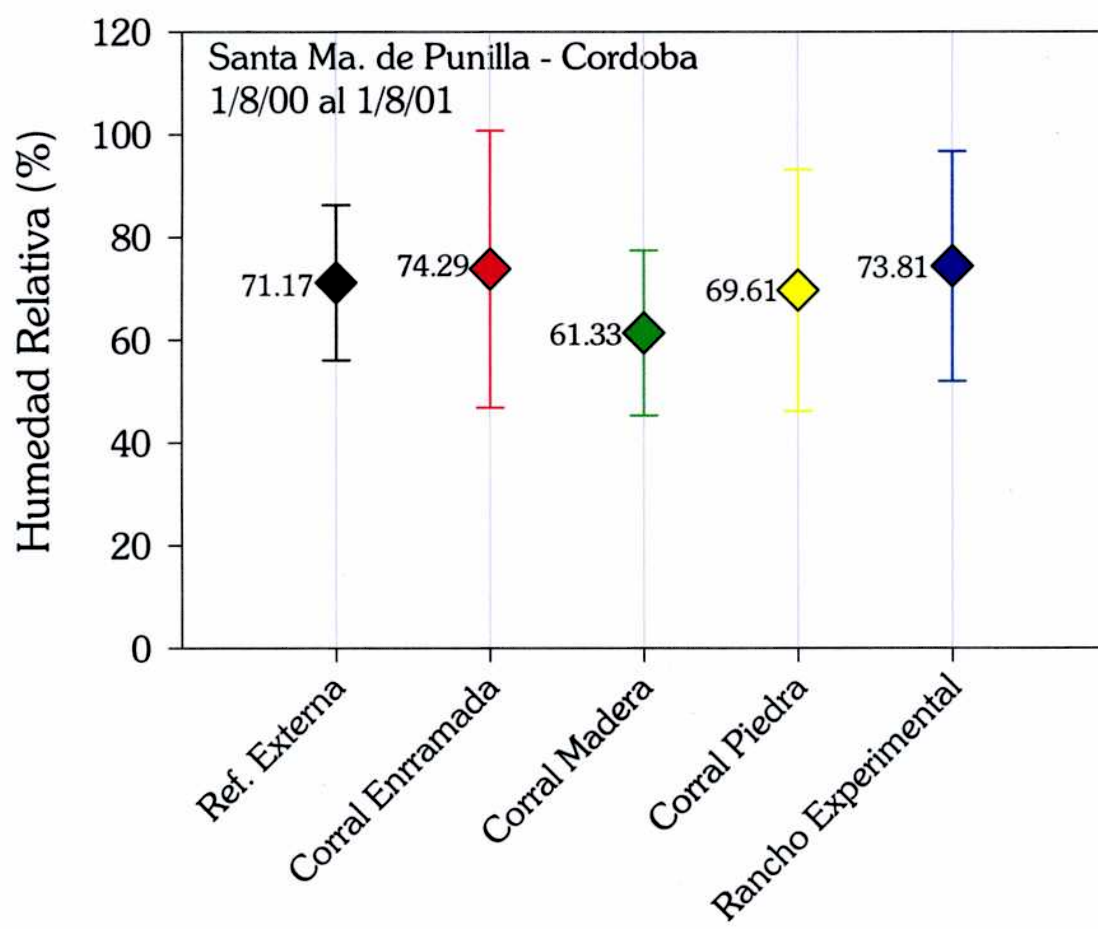




FIGURA 3.14. Dinámica diaria promedio de humedad relativa en el ambiente (macroclima = Ref. Externa) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Sta. Ma. de Punilla durante las cuatro estaciones del año: a) Verano, b) Otoño, c) Invierno y d) Primavera. Cada punto constituye el promedio de todos los días respectivos a cada estación, correspondientes a la hora del día que la abscisa demarca.

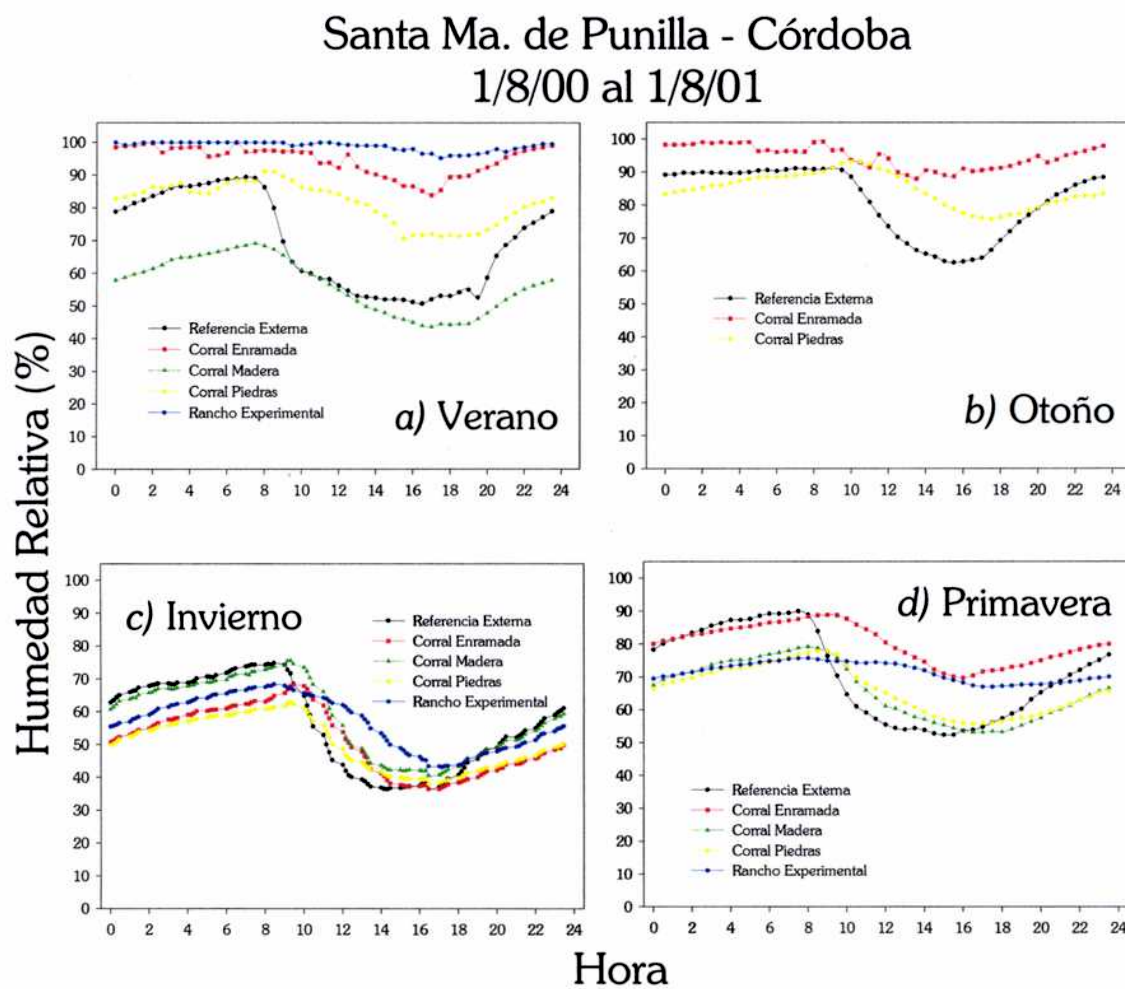
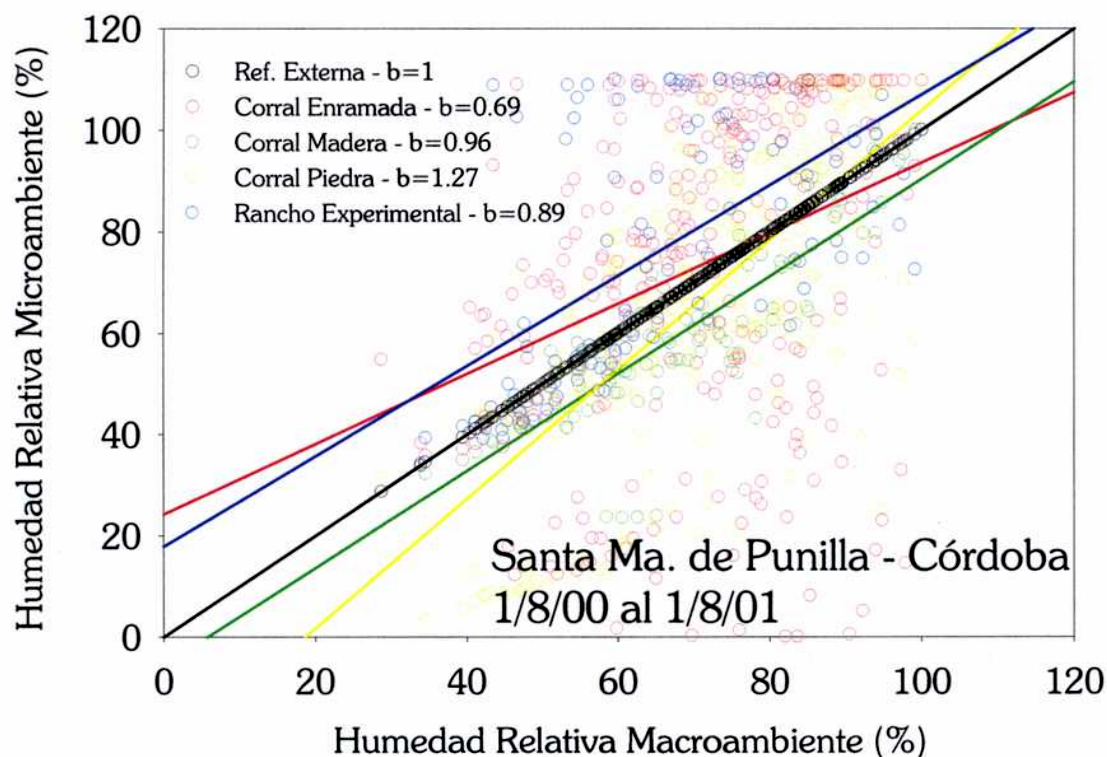




FIGURA 3.15. Regresión lineal entre la humedad relativa registrada en el interior de cada uno de los refugios naturales de vinchucas (microambientes) y el ambiente externo (macroambiente), en Sta. Ma. de Punilla. Líneas y círculos de diferente color señalan la regresión individual entre un tipo de refugio diferente y la "Referencia Externa" (la línea negra representa una pendiente igual a 1 o regresión de "Referencia Externa" en sí misma). La pendiente de cada regresión nos da información sobre la capacidad de cada refugio de amortiguar la T° ambiental y se presenta en las referencias con la letra "b".





DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN JUAN JOSÉ CASTELLI (S 25° 56' 00.4'' W 060° 28' 37.8'')

En la provincia de Chaco, Argentina, en la zona conocida como “Impenetrable”, en las cercanías de la ciudad de J. J. Castelli, se realizaron dos campañas de muestreo: la primera entre el 13/12/02 y el 19/12/02 y la segunda entre el 21/06/03 y el 30/06/03. Se eligieron estas fechas atendiendo a que la primera de ellas coincidiera con la estación seca y la segunda con la estación húmeda. En cada ocasión, se registró la temperatura cada 5 minutos durante 6 días. Además de la “Referencia Externa”, se seleccionaron refugios de varios tipos diferentes en donde se encontraron ejemplares de varios estadios de *T. infestans*. Se definieron los siguientes refugios naturales:

1. “Interior Rancho”, no es un refugio propiamente dicho sino el ambiente interior de una vivienda humana. El sensor se colgó a media altura en el interior de la habitación sin contacto con ninguna superficie.
2. “Grieta”, son grietas en las paredes de barro de la vivienda humana. Una de las grietas con abundante presencia de triatominos se encontraba cercana a un techo de chapa, indicada aquí como “Grieta (techo chapa)”. El sensor se insertó en el interior de la grieta.
3. “Ladrillo”, pila de ladrillos amontonados debajo de una cama. El sensor se insertó entre los ladrillos.



4. “Ropa Afuera”, pila de ropa vieja y sucia, no usada habitualmente, obtenida de donaciones, ubicada a escasos metros de la puerta de la vivienda humana. El sensor se insertó entre la ropa.
5. “Ropa Adentro”, similar al anterior, pero ubicada en el interior de la vivienda, al costado de las camas. El sensor se insertó entre la ropa.
6. “Tras Nylon”, lámina de polietileno de 1 m², pegado en la pared a forma de cuadro. El sensor se insertó entre la lámina y la pared de barro.

En todos los refugios mencionados se comprobó visualmente la presencia de vinchucas, encontrando en todos los casos ejemplares de *Triatoma infestans*.

La dinámica diaria de humedad relativa de los distintos refugios seleccionados se presenta en las figuras 3.16 a 3.19 (“a” estación húmeda, “b” estación seca). Generalizadamente, se observa que todos los refugios ensayados en ambas campañas mostraron, aunque en distinto grado, una amortiguación de la humedad relativa ambiente, y una diferenciación en cuanto a valor medio de HR calculado para los días de duración de la campaña. A continuación se detallan los registros de HR de cada una de las campañas por separado.

Durante la campaña realizada en la estación húmeda (diciembre de 2002), la pila de ladrillos almacenada debajo de una cama fue el tipo de refugio que mantuvo la HR más alta (Fig. 3.17a; 77,41%), casi sin presentar variaciones diarias (Figs. 3.18a), por lo que la pendiente de la recta de regresión fue muy cercana a cero (Fig. 3.19a; $b=0,06$). Los amontonamientos de ropa ubicados tanto en el exterior como en el interior de la casa, también amortiguaron la HR en gran medida (Figs. 3.17a y 3.19a; $b=0,00$ y $0,19$ respectivamente), presentando



además valores medios de HR de 49,79% y 58,31%, respectivamente (Fig. 3.17a). Tanto el sensor ubicado en el ambiente “Interior Rancho” como el denominado “Grieta (techo chapa)”, que se colocó en el interior de una grieta amplia cercana al techo de chapa de la vivienda, amortiguaron la HR externa en menor medida que los primeros (Fig. 3.19a; $b=0,63$ y $0,70$ respectivamente), y presentaron valores de HR media levemente inferiores a la ambiental (Figs. 3.17a), que fue de 49,76%.

Durante la campaña realizada durante la estación seca (junio de 2003), se destaca el alto valor de HR media que presentó la pila de ropa ubicada en el interior de la vivienda, refugio que exhibió un valor medio de 80,13% (Fig. 3.17b), siendo la media de HR ambiental de 59,75%. Los restantes refugios presentaron valores medios de HR relativamente más cercanos al exhibido por la referencia externa (Fig. 3.17b). Los refugios denominados “Ropa Adentro” y “Tras Nylon” fueron los ambientes que más amortiguaron la HR externa (Figs. 3.18b y 3.19b; $b=0,02$ en ambos casos), exhibiendo las menores amplitudes diarias (menores que 10%). Por su parte, las grietas y el interior del rancho mostraron variaciones diarias cercanas a 20-30% (Fig. 3.18b), valores considerablemente menores que los registrados para la referencia externa (40%), evidenciando un considerable grado de amortiguación de HR (Fig. 3.19b; $b=0,20$ a $0,47$).

Al analizar la dinámica diaria de HR en mayor detalle, se puede observar que la amortiguación descrita no es simétrica (Figs. 3.16a y 3.16b), observándose un retardo en el ascenso de la HR *microambiental* con respecto a la externa, mientras que al momento de disminuir la HR, tanto en el *macro-* como en los *microambientes* desciende simultáneamente.



Resumidamente, todos los refugios naturales de vinchucas estudiados durante las dos campañas de muestreo realizadas en el Impenetrable, mostraron, aunque en distinto grado, la capacidad de alterar en su interior la dinámica de humedad relativa ambiente, expresada ya sea como una amortiguación de la amplitud diaria de HR o en la modificación del valor promedio de HR.



FIGURA 3.16. Dinámica temporal de humedad relativa en el ambiente local (macroclima) y en el interior de distintos tipos de refugios naturales de vinchucas (microclima), en J. J. Castelli. Se registró simultáneamente y de manera continua la HR en el interior y exterior de refugios donde se constató la presencia de *T. infestans*. a) Estación húmeda. b) Estación seca.

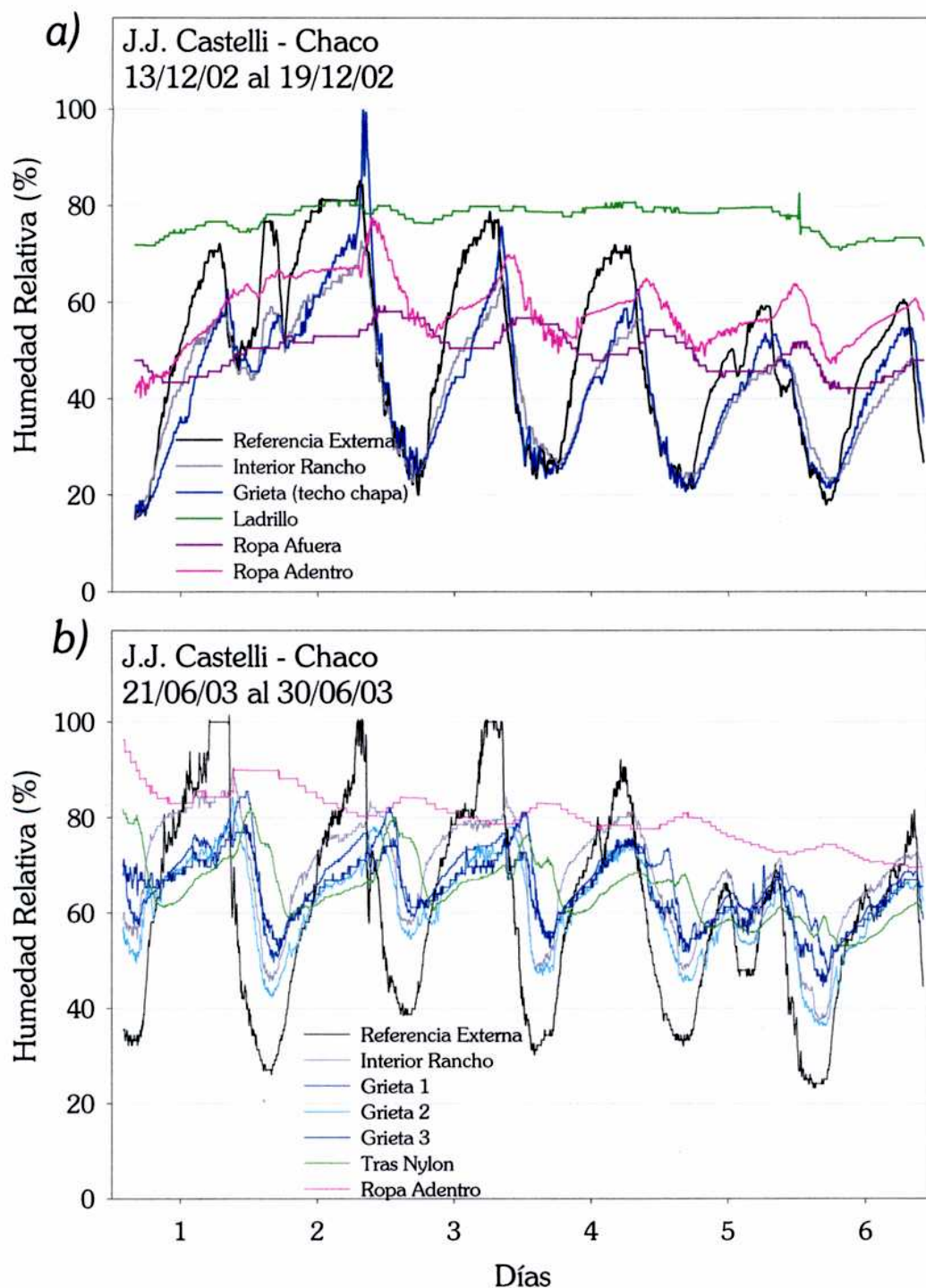




FIGURA 3.17. Humedad relativa promedio en el ambiente (macroclima = Ref. Externa) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en J. J. Castelli. Los rombos coloreados representan la humedad relativa media (el valor a su lado indica el valor exacto) y las barras verticales el desvío estándar. a) Estación húmeda. b) Estación seca.

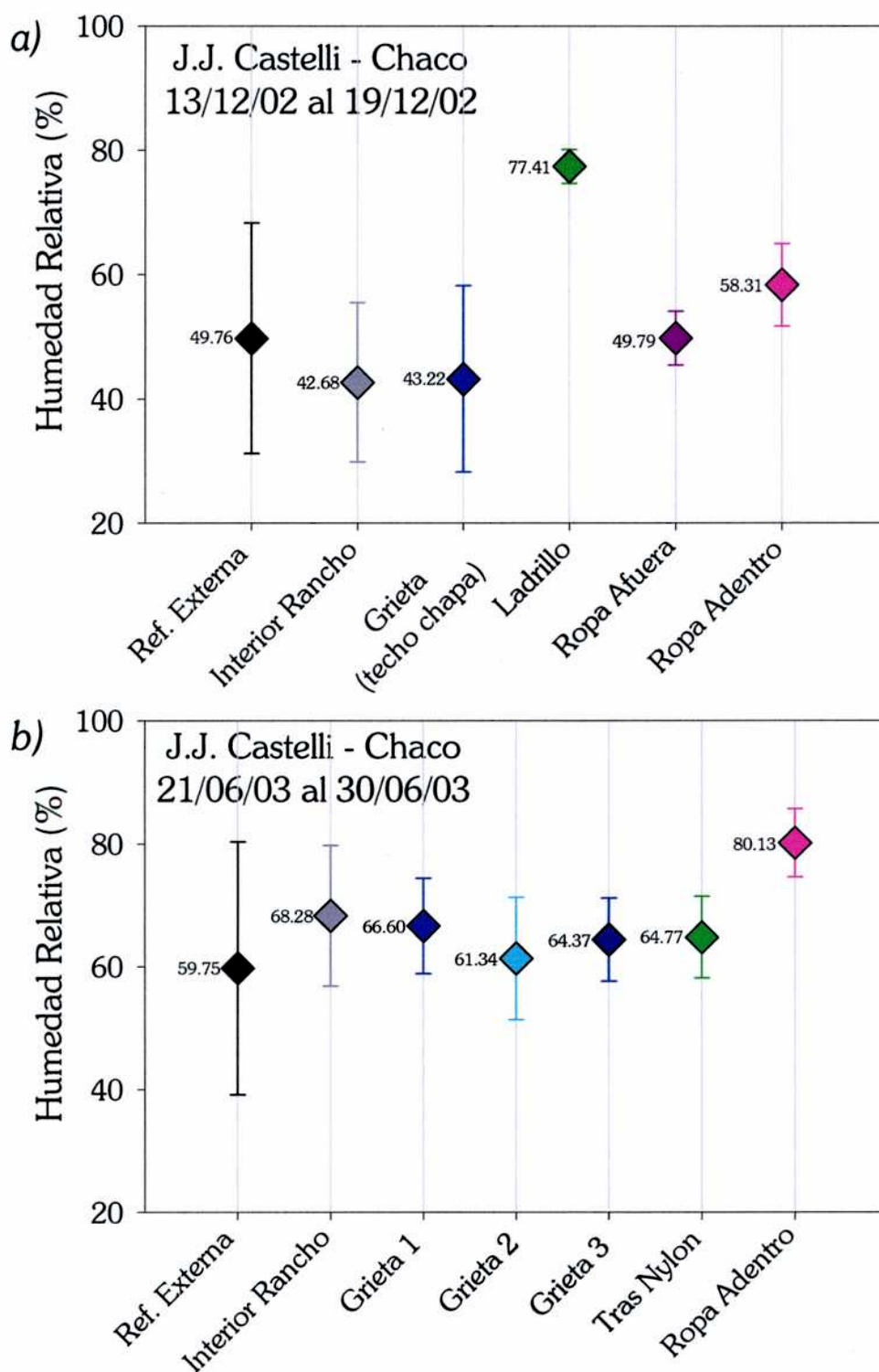




FIGURA 3.18. Dinámica diaria promedio de humedad relativa en el ambiente (macroclima) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en J. J. Castelli. Cada punto constituye el promedio de los 6 días de muestreo correspondientes a la hora del día que la abscisa demarca. a) Estación húmeda. b) Estación seca.

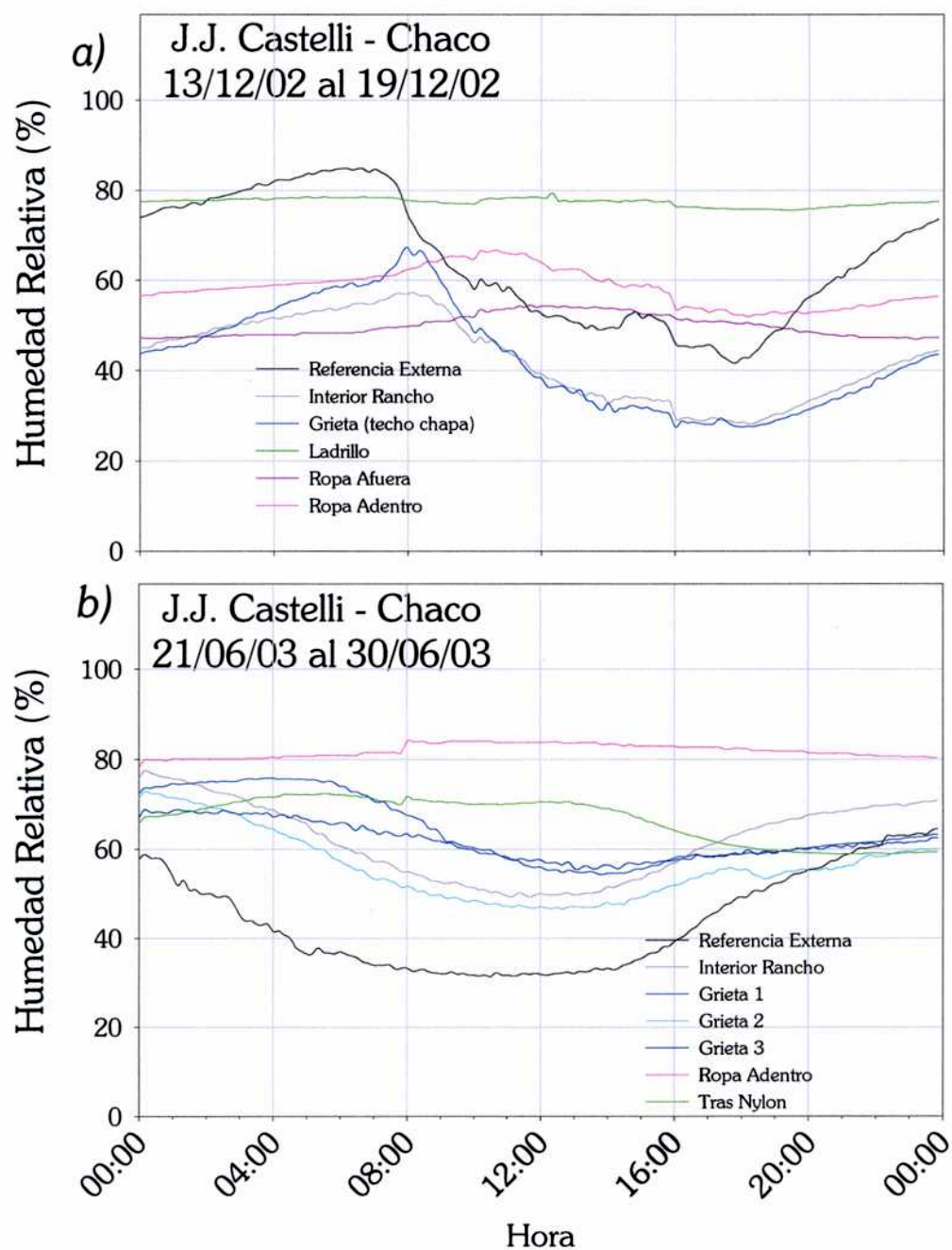
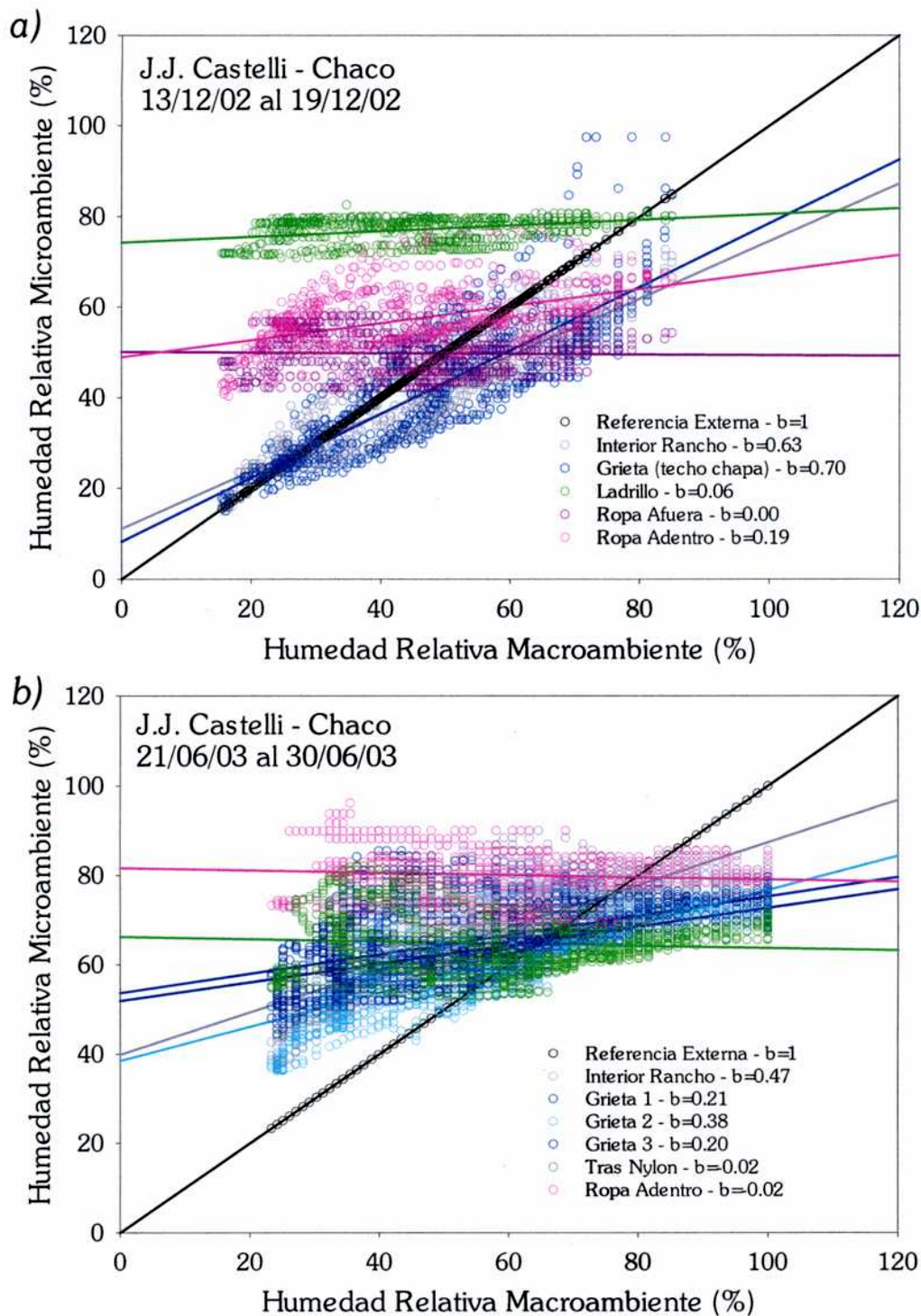




FIGURA 3.19. Regresión lineal entre la humedad relativa registrada en el interior de cada uno de los refugios naturales de vinchucas (microambientes) y el ambiente externo (macroambiente), en J. J. Castelli. Líneas y círculos de diferente color señalan la regresión individual entre un tipo de refugio diferente y la "Referencia Externa" (la línea gris representa una pendiente igual a 1, regresión de "Referencia Externa" en sí misma). La pendiente de cada regresión nos da información sobre la capacidad de cada refugio de amortiguar la HR ambiental. a) Estación húmeda. b) Estación seca.





DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN TOCANTINÓPOLIS (S 06° 18' 32.0'' W 047° 24' 51.3'')

Se realizaron dos campañas de registro de datos en los alrededores de la ciudad de Tocantinópolis, en el estado de Tocantins, Brasil.: 1) durante el mes de diciembre de 2001, i.e. estación húmeda, se registró la HR en el ambiente local y en los microambientes de los triatomíneos típicos de la zona, durante siete días consecutivos, programando a los sensores para que tomen un dato de humedad relativa cada 5 minutos; y 2) durante el mes de agosto de 2002, i.e. estación seca, se registró la HR de manera similar a la anterior, pero a lo largo de seis días consecutivos. En la zona estudiada se encontraron, en copas de palmeras, varias especies del género *Rhodnius*, por lo que se instalaron los sensores de HR en refugios conformados por las hojas de las dos especies de palmeras más abundantes de la región: Babaçú y Macaubeira. En ellas se encontraron ejemplares de varios estadios de *Rhodnius neglectus* y *R. pictipes*. Como en los casos anteriores, se colocó uno de los sensores en un lugar con sombra y aireado a modo de “Referencia Externa”, y los demás en los refugios naturales donde se encontraron los triatomíneos, i.e. las axilas de las hojas de las dos palmeras “Babaçú” y “Macaubeira”.

La dinámica de humedad relativa diaria en el *macro-* y los *microambientes* presentes en las distintas palmeras se exhiben en las figuras 3.20 a 3.23 (“a” estación húmeda, “b” estación seca). La amplitud hídrica diaria del *macroambiente* (“Ref. Externa”) y de los refugios naturales de vinchucas o *microambientes* fue considerablemente mayor en la estación seca (Fig. 3.20a) que



en la húmeda (Fig. 3.20b). A modo de ejemplo, en el ambiente externo, la amplitud diaria promedio fue cercana a 40% en la estación húmeda y cercana a 80% en la seca. Esto se observa tanto en las figuras 3.20a y 3.20b, que abarcan la dinámica temporal a lo largo de la duración de ambas campañas, como en las figuras 3.22a y 3.22b, que exhiben las dinámicas diarias promedio. Los refugios presentes en las palmeras Babaçú amortiguaron en mayor grado la HR que los ofrecidos por las palmeras Macaubeira, independientemente de la época del año (Figs. 3.22a, 3.22b, 3.23a y 3.23b).

Durante la estación húmeda, la amplitud hídrica diaria fue cercana a 20% en los refugios presentes en las Babaçú, a 30% en los de Macaubeira y a 40% en el *macroambiente* (Fig. 3.22a), evidenciando que, aunque ambos tipos de palmera amortiguan la HR ambiental, las Babaçú lo hacen en mayor medida. Las pendientes de las rectas de regresión presentadas en la figura 3.23a evidencian la mayor capacidad amortiguadora de los refugios presentes en Babaçú ($b=0,22$ a $0,47$) respecto de los de Macaubeira ($b=0,69$ y $0,85$).

En la estación seca, las variaciones diarias de HR fueron cercanas a 40% en los refugios situados en las palmeras Babaçú y próximos a 70% en las Macaubeira y en el ambiente externo (Fig. 3.22b), mostrando solo amortiguación por parte de las primeras, que exhibieron pendientes menores que 1 (Fig. 3.23b; $b=0,26$ a $0,47$).

Los valores promedio de HR durante la estación húmeda (Fig. 3.21a) fueron levemente superiores en Macaubeiras (85,43% y 88,37%) que en Babaçús (83,30% a 84,15%) y que en el ambiente “Ref. Externa” (81,52%). En la estación seca (Fig. 3.21b), la “Ref. Externa” (69,71%) exhibió valores medios de HR



superiores a los refugios en Babaçú (52,62% y 56,02%) y en Macaubeira (63,24%).

Al analizar la dinámica diaria de HR en mayor detalle, se puede observar que la amortiguación descrita no es simétrica, observándose un retardo en el ascenso de la HR *microambiental* con respecto a la externa, mientras que al momento de disminuir la HR, en ambos sitios desciende simultáneamente. Este hecho es particularmente evidente en los refugios formados en las palmeras Babaçú, en ambas campañas (Figs. 3.20a, 3.20b, 3.22a y 3.22b).



FIGURA 3.20. Dinámica temporal de humedad relativa en el ambiente local (macroclima) y en el interior de distintos tipos de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Tocantinópolis. Se registró simultáneamente y de manera continua la HR en el interior y exterior de refugios donde se constató la presencia de *Rhodnius neglectus* y *R. pictipes*. a) Estación húmeda. b) Estación seca.

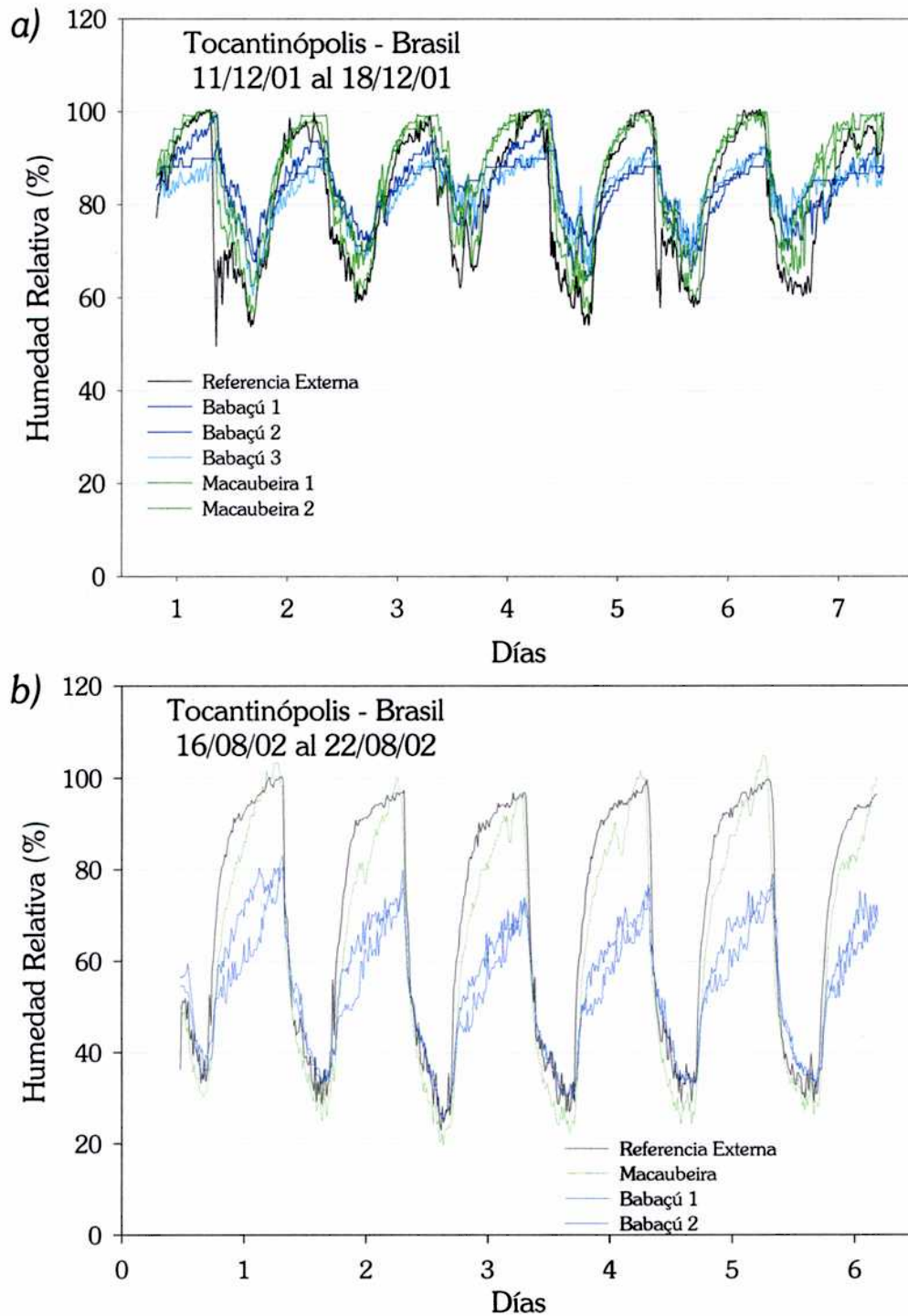




FIGURA 3.21. Humedad relativa promedio en el ambiente (macroclima) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Tocantinópolis. Se representa la humedad relativa media con rombos coloreados (el valor a su lado indica el valor exacto) y el desvío estándar con barras verticales. a) Estación húmeda. b) Estación seca.

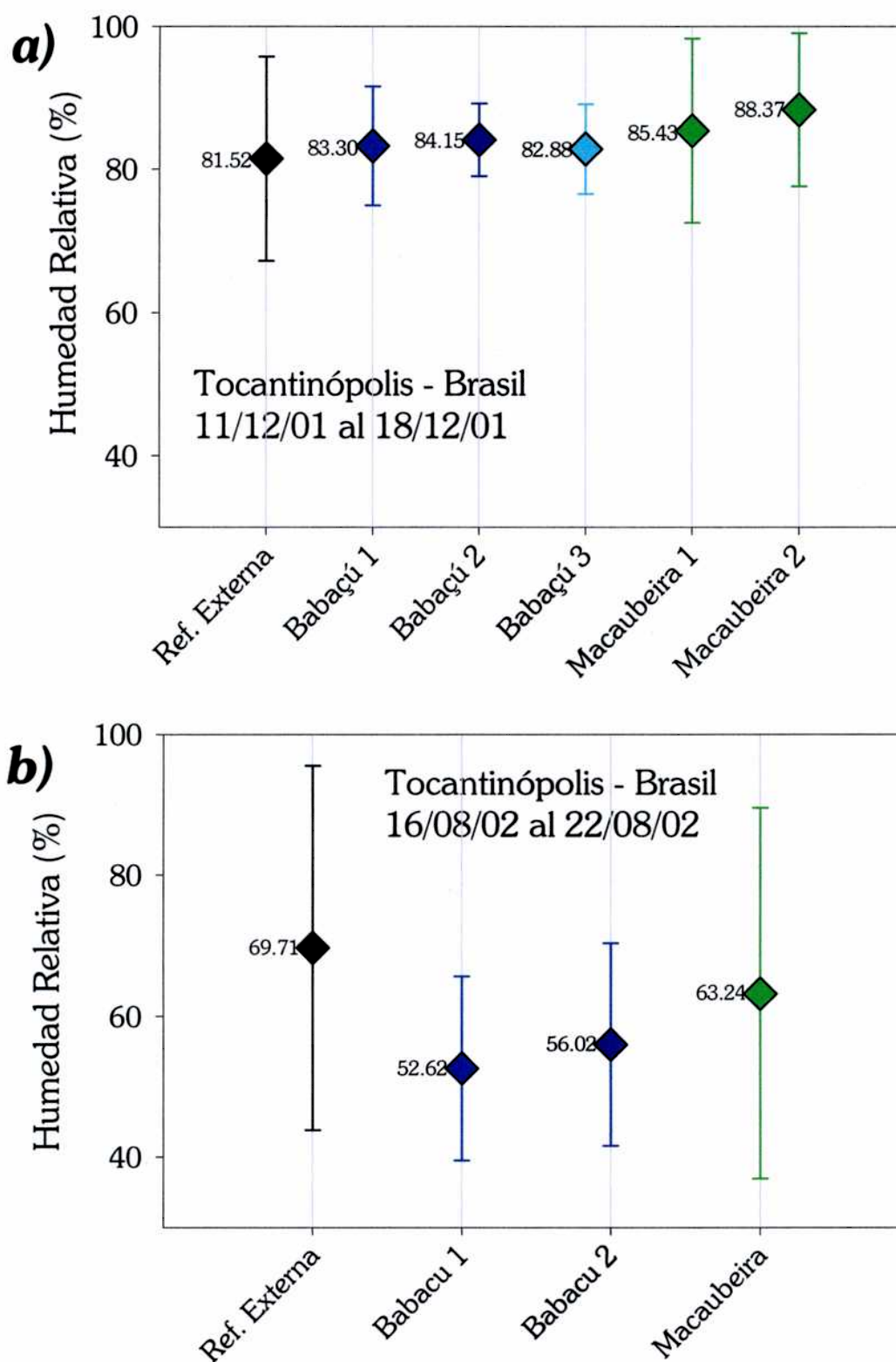




FIGURA 3.22. Dinámica diaria promedio de humedad relativa en el ambiente (macroclima) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Tocantinópolis. Cada punto constituye el promedio de los 6-7 días de muestreo correspondientes a la hora del día que la abscisa demarca. a) Estación húmeda. b) Estación seca.

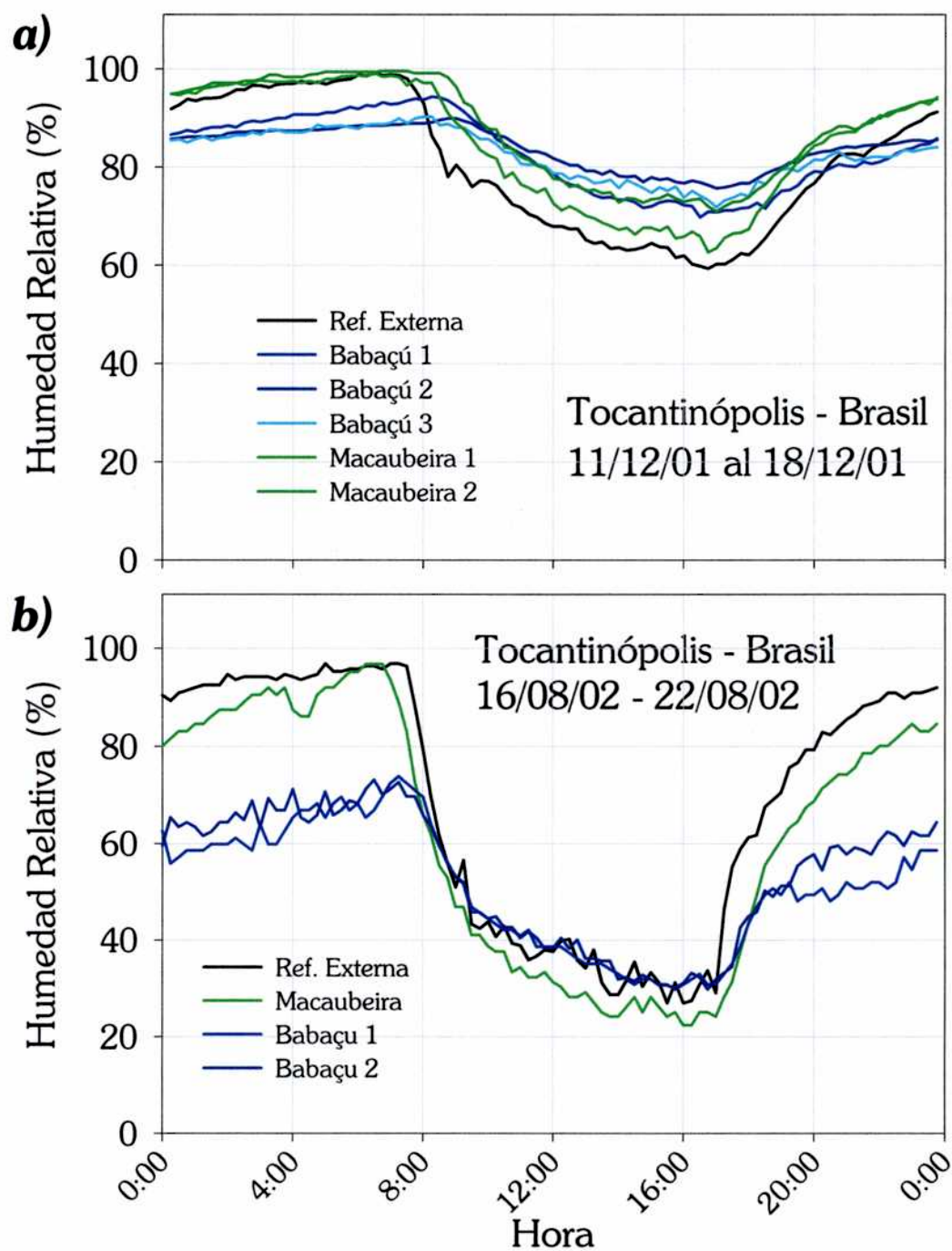
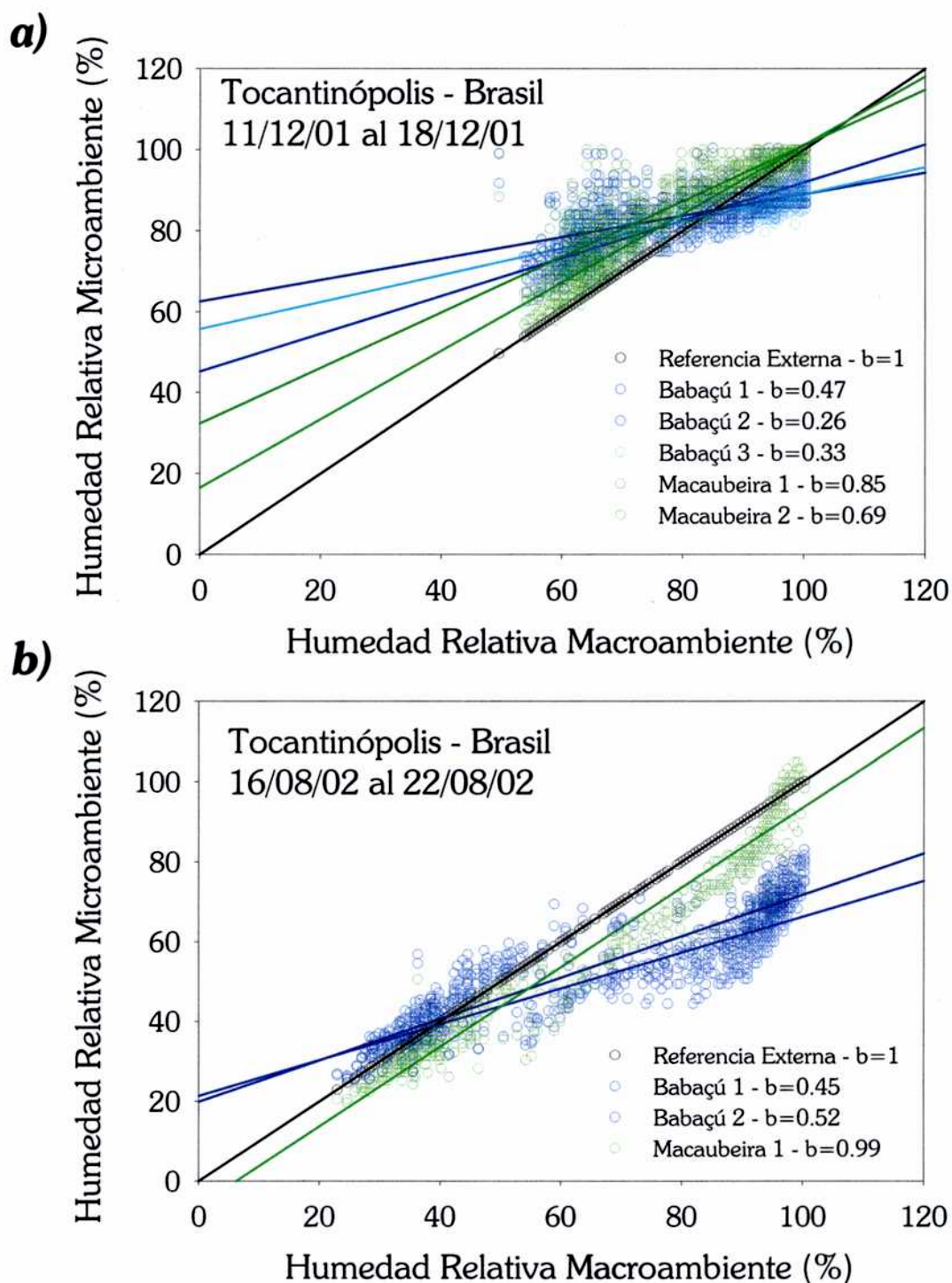




FIGURA 3.23. Regresión lineal entre la humedad relativa registrada en el interior de cada uno de los refugios naturales de vinchucas (microambientes) y el ambiente externo (macroambiente), en Tocantinópolis. Líneas y círculos de diferente color señalan la regresión individual entre un tipo de refugio diferente y la "Referencia Externa" (la línea gris representa una pendiente igual a 1, regresión de "Referencia Externa" en sí misma). La pendiente de cada regresión nos da información sobre la capacidad de cada refugio de amortiguar la HR ambiental. a) Estación húmeda. b) Estación seca.





DINÁMICA MACRO Y MICRO AMBIENTAL EN CURAÇÁ (S 09° 00' 02.0'' W 039 52' 49.3'')

En la ciudad de Curaçá, estado de Bahía, Brasil, se realizó una campaña de muestreo durante la estación seca de la región, i.e. fines del mes de noviembre y comienzos de diciembre de 2001, durante 5 días consecutivos. Se buscaron triatominos en el interior de nudos y bajo corteza de árboles y arbustos típicos de la zona, principalmente en Caatingueiras y Quixabeiras, encontrándose ejemplares de dos especies: *T. pseudomaculata* y *T. brasiliensis*. Se colocaron los sensores de humedad relativa en el lugar exacto donde se encontraron los insectos.

La dinámica *macro-* y *microambiental* de HR se representa en las figuras 3.24 a 3.27. Sólo las Quixabeiras presentaron refugios con un *microclima* diferente al *macroambiental* ("Ref. Externa"). Los refugios presentes en este tipo de árbol, amortiguaron la HR ambiental en su interior, presentando una amplitud hídrica diaria (36%) levemente inferior a la ambiental (45%) (Fig. 3.26), resultando en una recta de regresión con pendiente $b=0,80$ (Fig. 3.27). Además, la HR media en dichos refugios fue de 49,24%, valor que también fue levemente inferior al ambiental, que fue de 52,37% (Fig. 3.25). Por otro lado, el *microclima* de los refugios presentes en Caatingueiras no se diferenció de la dinámica diaria de HR local. Los sensores colocados en los huecos de las Caatingueiras, registraron una HR muy similar, en valor absoluto y en amplitud hídrica diaria, a la HR ambiental.

Nuevamente se presenta, en los refugios naturales de vinchucas estudiados en esta región, el fenómeno de amortiguación asimétrica de la HR ambiental (Figs.



3.24 y 3.26), evidenciado en el retardo en el ascenso de la HR *microambiental* de los refugios ubicados en las Quixabeiras con respecto a la externa durante la noche, y el descenso simultáneo de HR hacia el amanecer en ambos sitios. Este hecho es particularmente evidente en los refugios formados en las Quixabeiras.

FIGURA 3.24. Dinámica temporal de humedad relativa en el ambiente local (macroclima) y en el interior de distintos tipos de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Curaçá. Se registró simultáneamente y de manera continua la HR en el interior y exterior de refugios donde se constató la presencia de *T. pseudomaculata* y *T. brasiliensis*.

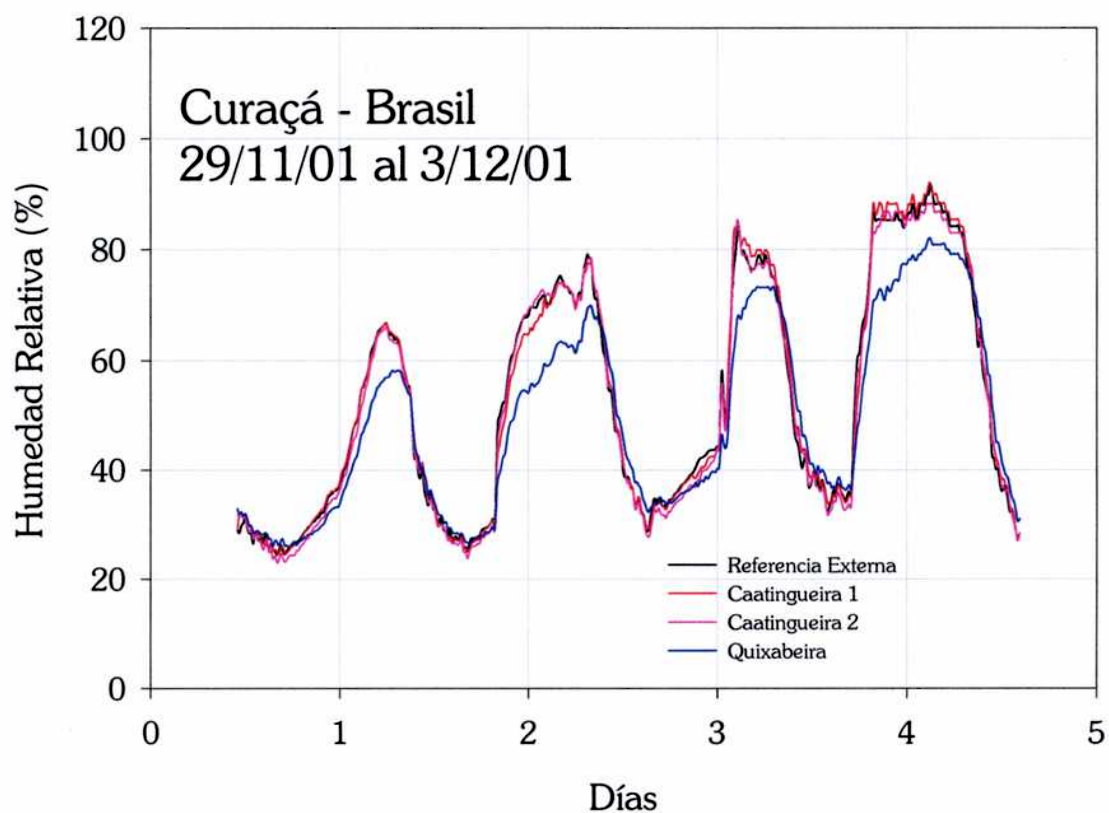




FIGURA 3.25. . Humedad relativa promedio en el ambiente (macroclima) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Curaçá. Se representa la humedad relativa media con rombos coloreados (el valor a su lado indica el valor exacto) y el desvío estándar con barras verticales. "Caat 1 y 2", corresponden a Caatingueiras y "Quixa" corresponde a Quixabeira.

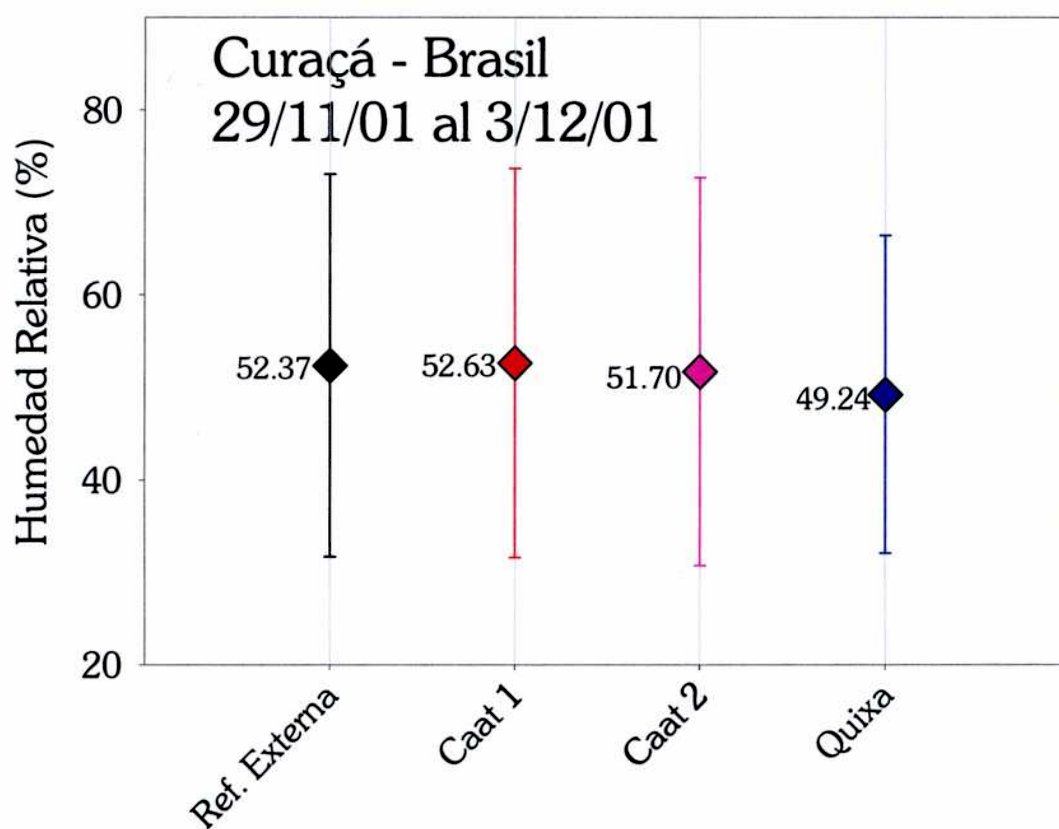




FIGURA 3.26. Dinámica diaria promedio de humedad relativa en el ambiente (macroclima) y en el interior de refugios naturales de vinchucas (microclima), en Curaçá. Cada punto constituye el promedio de los 5 días de muestreo correspondientes a la hora del día que la abscisa demarca.

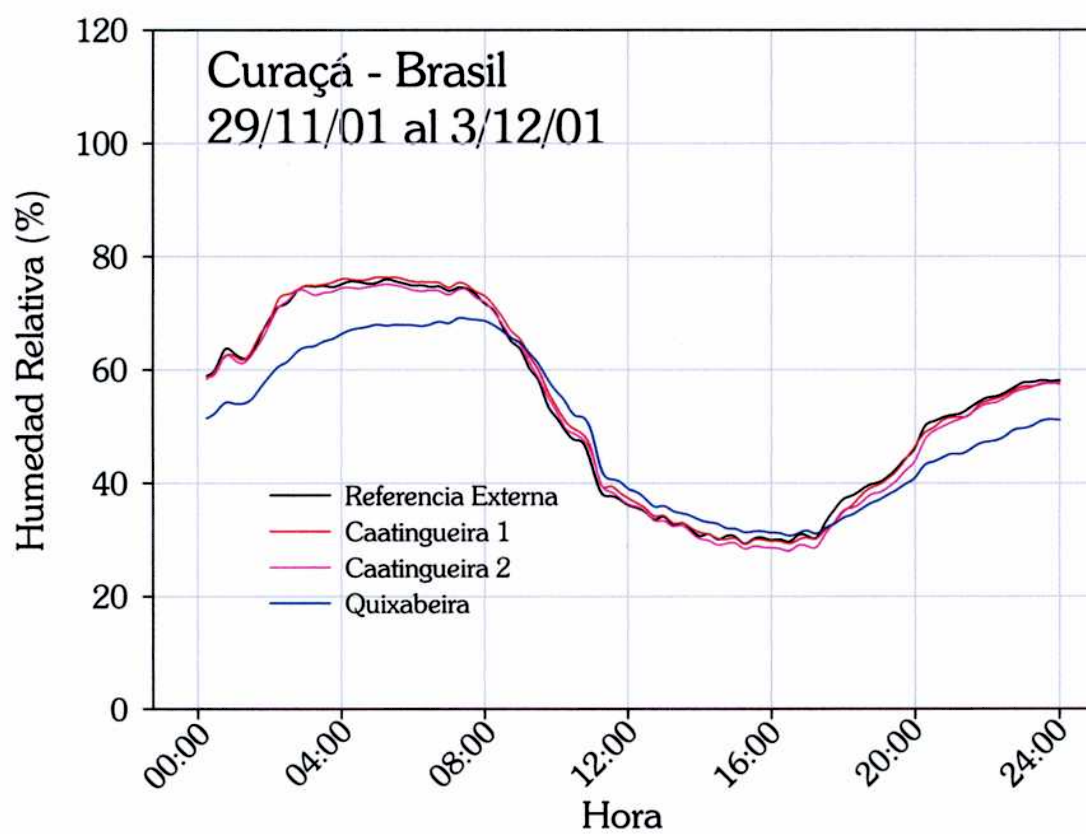
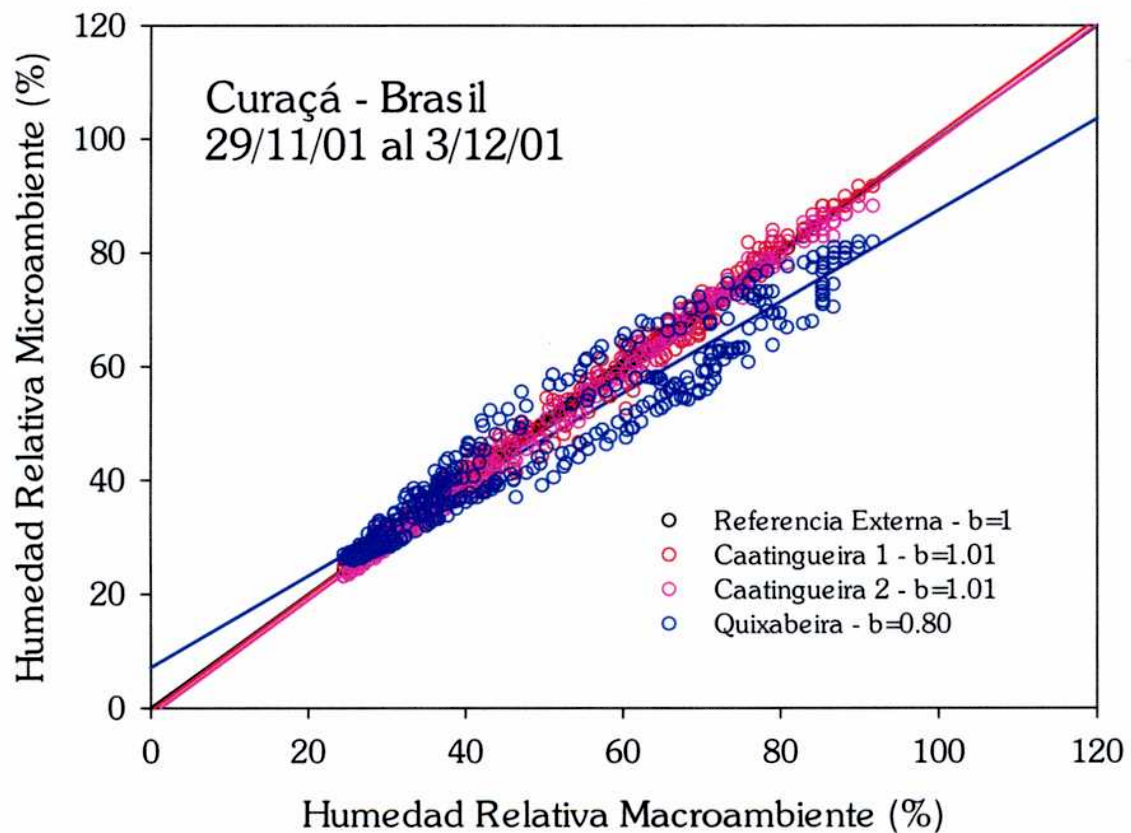




FIGURA 3.27. Regresión lineal entre la humedad relativa registrada en el interior de cada uno de los refugios naturales de vinchucas (microambientes) y el ambiente externo (macroambiente), en Curaçá. Líneas y círculos de diferente color señalan la regresión individual entre un tipo de refugio diferente y la "Referencia Externa" (la línea gris representa una pendiente igual a 1, regresión de "Referencia Externa" en sí misma). La pendiente de cada regresión nos da información sobre la capacidad de cada refugio de amortiguar la HR ambiental.



CAPÍTULO 4



LUZ

*Siempre que enseñes, enseña a la vez a
dudar de lo que enseñas.
J. Ortega y Gasset*



LA LUZ Y EL VUELO DE LAS VINCHUCAS

La luz es una clave comúnmente utilizada por los animales como referencia para la orientación espacial. Muchos insectos, en particular aquellos que se dispersan durante la noche por medio del vuelo, utilizan la luz reflejada por la luna como referencia espacial para mantener su trayectoria.

Varios aspectos del vuelo de las vinchucas han sido ya estudiados, entre los que podemos mencionar el efecto del estado nutricional, del sexo, del estado reproductivo de las hembras, de la densidad de la población y de la temperatura ambiental sobre la dispersión en el medio aéreo de estos insectos (Lehane y Schofield 1982, Lehane *et al.* 1992, McEwen *et al.* 1993, McEwen y Lehane 1993, McEwen y Lehane 1994). Por otra parte, la captura de triatominos en vuelo por medio de trampas de luz colocadas durante la noche en ambientes naturales, ha sido informada repetidamente (Tonn *et al.* 1978, Schweigman *et al.* 1988, Noireau y Dujardin 2001, Vazquez-Prokopec 2003). Esta tendencia que exhiben las vinchucas a volar hacia fuentes de luz, forma parte también de relatos de los habitantes de zonas rurales, que hacen mención del arribo de vinchucas volando a las viviendas, en particular hacia la luz de sus viviendas, se trate indistintamente de luz eléctrica o de candiles de kerosén. Sin embargo, no existen hasta el momento estudios experimentales sobre el papel de la luz en la orientación de las vinchucas durante el vuelo, en particular de la importancia de su longitud de onda sobre la elección de la dirección de vuelo.

En este capítulo se analizó experimentalmente y por medio de la captura en el campo la influencia de la luz en la orientación durante el vuelo en varias especies



de triatominos. En la primera parte (*Parte I*) se estudió la orientación de adultos de *T. infestans* y *R. prolixus* hacia fuentes de luz artificial de distinta calidad espectral en el laboratorio. En la segunda parte (*Parte II*) se estudió la efectividad de distintos dispositivos luminosos como atractantes de triatominos en sitios donde naturalmente habitan estos insectos. Estos dos aspectos del vuelo de las vinchucas resultan de gran importancia, tanto para el estudio de la colonización/recolonización de viviendas por parte de vinchucas en vuelo, como para el desarrollo de herramientas de detección y monitoreo de triatominos en el campo.



MATERIALES Y MÉTODOS

PARTE I. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con el objeto de estudiar el papel de la luz en la orientación en vuelo de los triatomíneos, se realizaron experimentos en carpas de tela instaladas en el laboratorio, en los que se enfrentó a adultos pertenecientes a dos especies distintas de triatomíneos a fuentes de luz. Se evaluó así el número de individuos que volaron y la dirección relativa a la fuente de luz elegida por los insectos al iniciar el vuelo. Como fuente de estimulación se utilizaron luces artificiales de distinta calidad espectral, i.e. luz blanca y luz ultravioleta (UV). La hipótesis de trabajo que nos llevó a diseñar los experimentos que se realizaron en esta Tesis, expresa que *las fuentes de luz podrían facilitar el arribo de los triatomíneos a las viviendas humanas, de acuerdo con su calidad espectral.*

INSECTOS UTILIZADOS

El estudio se realizó en dos de las especies de triatomíneos que presentan un alto grado de asociación con el ser humano: *Triatoma infestans* y *Rhodnius prolixus*. Se seleccionaron estas especies debido a que, si la luz juega un papel importante en la orientación durante el vuelo en los triatomíneos, es de esperar que aquellas especies asociadas al domicilio humano posean una influencia más



evidente de esta variable, dada la presencia de fuentes de luz artificial dentro o alrededor de las casas.

Los adultos de *R. prolixus* utilizados en los experimentos de orientación a la luz fueron criados en nuestro laboratorio, donde se los mantuvo durante todo su desarrollo en una cámara de cría con fotoperíodo controlado L/O 12:12 (de 6:00 a 18:00 hs luz), un régimen de temperatura que varió entre 25°C y 29°C y de humedad relativa ambiente (entre 30% y 90%). Los animales eran alimentados una vez por semana sobre gallinas vivas. Por su parte, los especímenes de *T. infestans* utilizados fueron provistos por el Servicio Nacional de Chagas (Santa María de Punilla, Córdoba, Argentina). Las condiciones de temperatura, humedad relativa y alimentación de los insectos criados en Córdoba eran muy similares a las de nuestro laboratorio. En todas las series experimentales, los insectos adultos ensayados en la arena de vuelo fueron alimentados por última vez como larvas de quinto estadio, i.e. no fueron alimentados como adultos, utilizándolos dentro de los 4-15 días posteriores a la ecdisis, es decir al cabo de aproximadamente 11-22 días de la última alimentación.

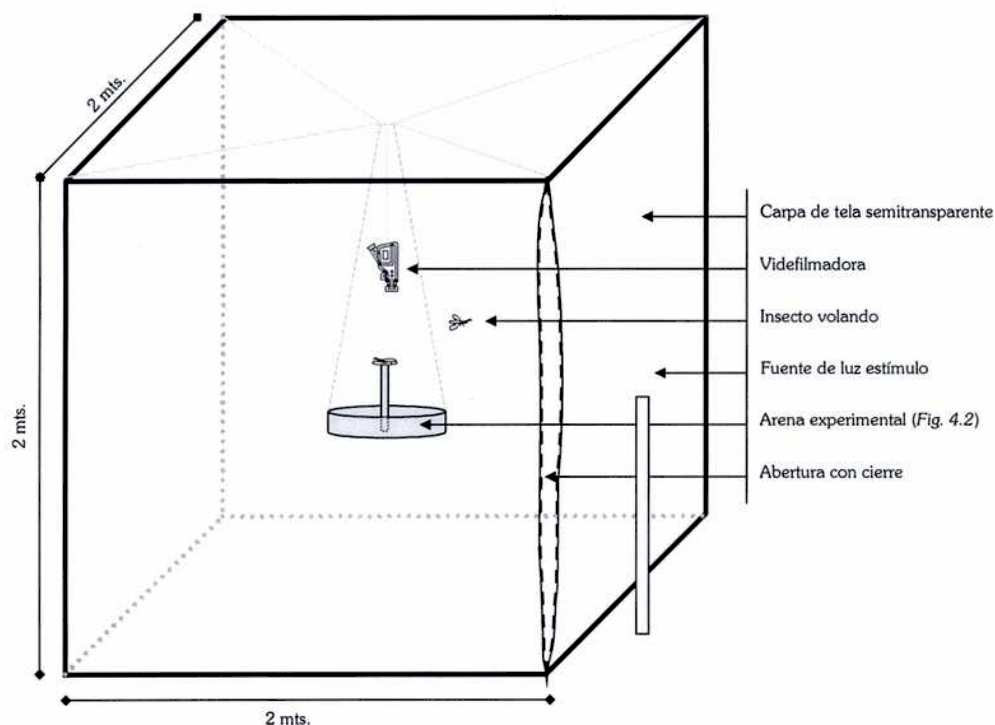
DISPOSITIVO EXPERIMENTAL. CARPAS DE VUELO

Todos los ensayos de vuelo realizados en el laboratorio se llevaron a cabo dentro de carpas cúbicas de tela blanca semitransparente de 2 metros de lado, con una abertura en una de sus aristas verticales para permitir el ingreso de una persona (Fig. 4.1). En su interior se ubicó una arena experimental circular de 15



cm de diámetro y 5 cm de altura, con una varilla cilíndrica de madera de 2 cm de diámetro y 15 cm de altura fijada verticalmente en su centro (Fig. 4.2). En su ápice se ubicó una plataforma circular de cartón corrugado de 5 cm de diámetro, a la cual las vinchucas podían acceder ascendiendo por la varilla de madera. Los insectos no podían trepar las paredes de la arena experimental, por lo que solo podían salir de ella. El dispositivo completo era colocado en el centro de la carpa cúbica, a media altura. De esta manera, las vinchucas subían por la varilla hasta el punto mas alto (plataforma circular), donde abrían sus alas y comenzaban a volar.

FIGURA 4.1. Dispositivo experimental utilizado para analizar el efecto de la luz en la orientación de las vinchucas al momento de iniciar el vuelo. Los insectos se liberaban en una arena experimental suspendida en el interior de una carpa de tela cúbica semitransparente por medio de hilos desde el techo. Los insectos sólo podían abandonar la arena volando. Una videofilmadora registraba la dirección de cada vuelo relativa a la posición de una fuente de luz estímulo.

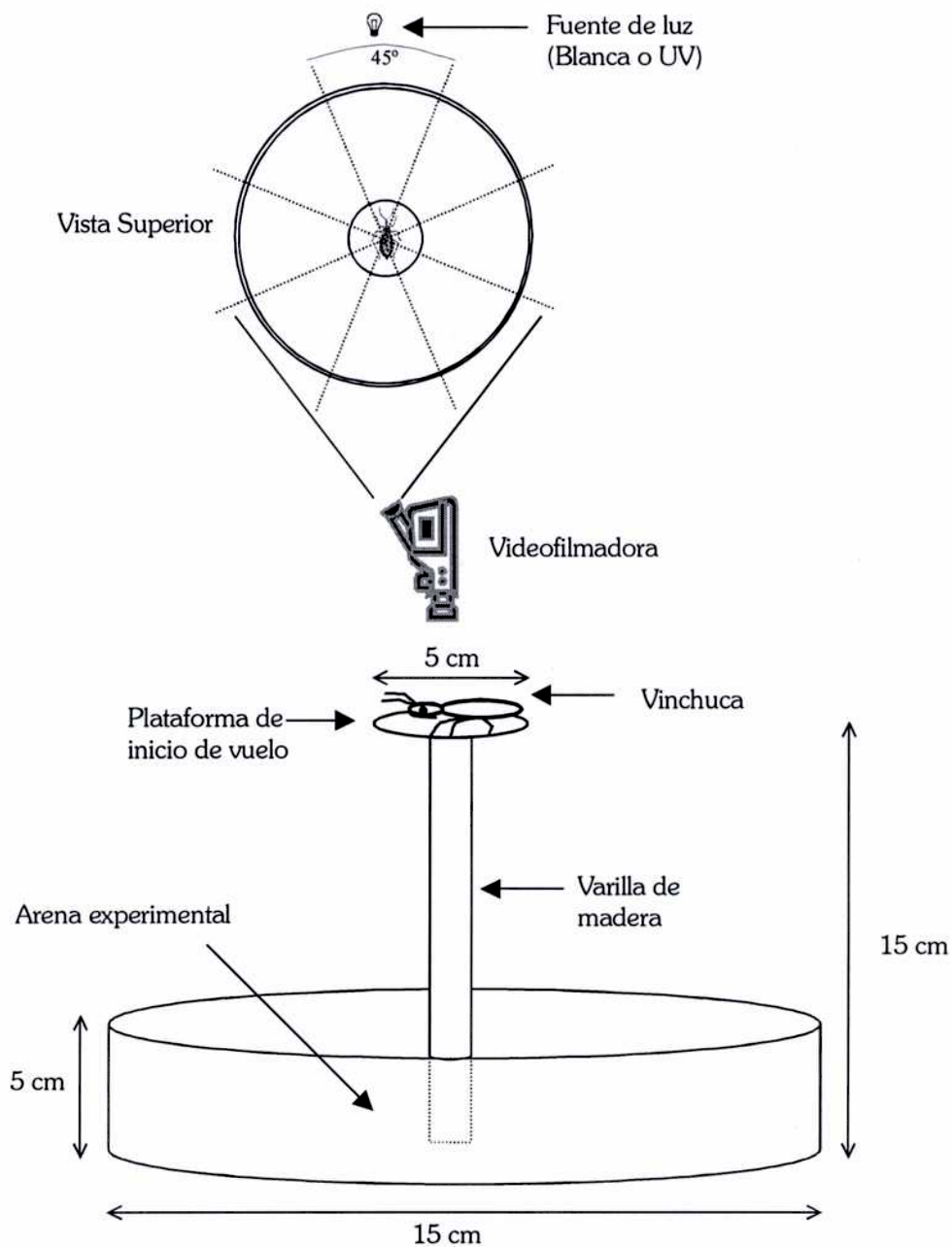




Las fuentes de luz ensayadas fueron denominadas: “Luz Blanca” y “Luz UV” y eran ofrecidas alternativamente a los distintos grupos de insectos. La fuente “Luz Blanca” consistía de una lámpara de 2,5 *volts* alimentada con una fuente de 3 *volts*. La estimulación con “Luz UV” se realizó utilizando un tubo de luz negra de 10 cm de largo, (220 *volts*, 50 *Hz*, 10 *Watts*), que fue colocado en el interior de una caja totalmente estanca a la luz, con excepción de una abertura circular de 0,5 cm de diámetro dirigida hacia el lado donde se encontraban los insectos. Cada uno de estos dispositivos iluminadores (la lámpara de luz blanca o la caja con el tubo de luz UV) era colocado del lado externo de una de las paredes de tela semitransparente de la carpa, *i.e.* a una distancia de 1 metro de la posición de los insectos. De esta manera, desde el interior de la carpa se observaba la luz estímulo como un punto luminoso de 1 cm de diámetro proyectado en la tela. La intensidad lumínica en la posición de los insectos fue medida por medio de un luxómetro digital (TES-1330), siendo de $0,45 \pm 0,025$ lux cuando la luz blanca estaba encendida. Esta estimulación tenue y puntual fue utilizada para evitar interferencias por la fototaxis negativa de las vinchucas (tendencia a evitar ambientes iluminados) y para simular una fuente distante al ser observada desde la posición de las vinchucas al momento de iniciar el vuelo.



FIGURA 4.2. Detalle de la arena experimental utilizada para analizar el efecto de la luz en la orientación de las vinchucas al momento de iniciar el vuelo. Los insectos ascendían desde la arena experimental hasta la plataforma de inicio de vuelo a través de una varilla de madera, desde donde iniciaban el vuelo hacia uno de los 8 sectores de 45° delimitados (1 de ellos contenía la fuente de luz). Una video-filmadora conectada a una grabadora de video a intervalos ("Time Lapse VCR") registraba de manera continua el comportamiento de los insectos entre las 19:00 de un día y las 02:00 hs del día siguiente.





Para verificar si la presencia de la fuente de luz modificaba la temperatura de la pared de tela más cercana a ella, lo que podría afectar la intención o la dirección de despegue de los insectos, se midió la temperatura de las paredes de tela de la carpa con un termómetro infrarrojo (LUTRON TM-909, resolución 0,1°C, precisión $\pm 2\%$). Desde la posición de los insectos, se orientó el sensor de temperatura hacia los 8 sectores definidos para el análisis del comportamiento (incluyendo el que contenía la fuente de luz). En ningún caso se hallaron diferencias en los valores de temperatura con respecto al valor de fondo ambiental.

REGISTRO DE LA ORIENTACIÓN RELATIVA A LA FUENTE DE LUZ

La orientación de los insectos al momento de iniciar el vuelo, relativa a la fuente de luz ensayada, se analizó utilizando una cámara de video sensible tanto a luz visible, como a luz infrarroja (900 nm), que se situó 10 cm por encima de la plataforma de despegue de los insectos (Fig. 4.2). Las imágenes se registraron en cintas de video por medio de una grabadora capaz de obtener registros a intervalos de tiempo determinados por el usuario ("Time Lapse VCR"). Este equipo permitió registrar de forma continua y por períodos prolongados de tiempo el comportamiento de los insectos. Las imágenes tomadas desde una vista superior de la arena experimental (Fig. 4.2) eran posteriormente analizadas cuadro por cuadro. Para ello se dividía la imagen obtenida (vista superior) en 8 secciones iguales de 45°, una de las cuales contenía el estímulo luminoso, y se registraba el



ángulo relativo a la posición de la luz de cada despegue y el número total de vuelos por noche.

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Se definieron 4 series experimentales correspondientes a las dos especies de triatominos estudiadas (*T. infestans* y *R. prolixus*), con cada uno de los estímulos lumínicos (luz blanca y luz UV), y se realizaron entre 8 y 17 réplicas de cada una de ellas. En todos los casos, a las 19:00 hs se liberaban 20 adultos (10 machos y 10 hembras) de una de las dos especies en la arena experimental situada en el interior de la carpa de vuelo. Inmediatamente se encendía la fuente de luz (estímulo lumínico) y se apagaban todas las demás luces del cuarto experimental. Al mismo tiempo se comenzaba la grabación en la “Time Lapse VCR” situada en un cuarto contiguo. El registro del comportamiento de los insectos se prolongaba hasta las 2:00 hs del día siguiente.

Todos los experimentos de vuelo se llevaron a cabo en carpas de vuelo (Fig. 4.1) ubicadas en el interior de cuartos experimentales climatizados, totalmente aislados de la luz externa. La posición de la fuente de luz se alternó de forma azarosa entre las cuatro caras laterales de la carpa para evitar posibles asimetrías ambientales no controladas. En todos los casos los insectos fueron utilizados una única vez y posteriormente descartados.



ANÁLISIS DE LOS DATOS

La orientación de las vinchucas al momento de iniciar el vuelo fue analizada utilizando estadística circular. La prueba estadística utilizada fue Chi-cuadrado de Uniformidad (Zar, 1984) la cual establece las posibles diferencias entre la muestra de datos obtenidos experimentalmente y una distribución de frecuencias circular hipotética, i.e. distribución uniforme. Esta prueba propone como hipótesis nula *H₀: la población de datos se encuentra uniformemente distribuida alrededor de un círculo*, es decir que no hay una dirección particular de vuelo preferida por los insectos, y como hipótesis alternativa *H_a: la población no sigue una distribución uniforme*. Los resultados se graficaron en forma de diagramas de rosetas, en los cuales se representa la distribución de frecuencias de las direcciones de vuelo observadas en cada noche. Los 8 ejes de estos diagramas representan la dirección angular del centro de cada uno de los sectores en que fue dividido arbitrariamente el espacio circular.

Para comparar la capacidad y/o motivación para volar de los individuos de las especies de triatominos aquí estudiadas, en relación a los distintos tipos de luz presentados como estímulo, se utilizó estadística paramétrica lineal. Luego de verificar los supuestos de distribución normal de los residuos con la prueba de *Lilliefors* ($p < 0,01$) y de homogeneidad de varianzas con la prueba de *Bartlett* ($p < 0,01$), se realizó un ANOVA de dos factores fijos, siendo uno de ellos la *especie* y el restante el *tipo de luz* utilizado como estímulo. Ningún grupo de datos requirió ser transformado.



PARTE II. TRABAJO DE CAMPO

Se realizaron campañas de muestreo a zonas endémicas de varias especies de triatominos para estudiar varios aspectos del comportamiento de vuelo de las vinchucas en relación a fuentes de luz, en sus ambientes naturales. Se analizó el arribo de vinchucas a trampas emisoras de luz de distinta composición espectral, ubicadas en las cercanías de viviendas humanas o de sitios donde la presencia de vinchucas había sido previamente confirmada. El objeto de esta parte del trabajo fue *investigar el posible papel de las luces de las viviendas en el arribo de vinchucas en vuelo*. Por otra parte, varios aspectos del vuelo de triatominos aquí estudiados pueden ayudar a mejorar el uso de trampas de luz como herramientas de monitoreo y detección de estos insectos en el medio natural.

SITIOS DE MUESTREO

El estudio de la orientación de vinchucas en vuelo respecto a fuentes de luz en sus ambientes naturales, se llevó a cabo utilizando trampas de luz de distinto tipo, en varias localidades de la Argentina y Brasil:

- Juan José Castelli (S 25° 56' 00.4'' W 060° 28' 37.8''), provincia de Chaco, Argentina;



- Tocantinópolis ($S\ 06^{\circ}\ 18'\ 32.0''\ W\ 047^{\circ}\ 24'\ 51.3''$), estado de Tocantins, Brasil;
- Curaçá ($S\ 09^{\circ}\ 00'\ 02.0''\ W\ 039^{\circ}\ 52'\ 49.3''$), estado de Bahía, Brasil.

En cada zona, se identificaron los ambientes típicos de la/s especie/s de triatomíneos presente/s, y se los exploró visualmente en búsqueda de vinchucas. Se instalaron trampas de luz sólo en zonas cercanas a ambientes ocupados por triatomíneos, ya sea que se hayan encontrado en el interior de un domicilio, en el peridomicilio o en refugios silvestres. En cada lugar se instalaron las trampas de luz durante 4-10 noches consecutivas.

DISPOSITIVO EXPERIMENTAL. TRAMPAS DE LUZ

El dispositivo experimental utilizado como trampa de luz consistía de un trozo de tela blanca de 3 x 2 metros, el cual era sujetado verticalmente a modo de pantalla, iluminado por una fuente luminosa suspendida aproximadamente a 1 metro de distancia de dicha tela (*Fig. 4.3*). Se utilizaron 4 dispositivos luminosos independientemente, todos ellos asequibles fácilmente en comercios:

- 1) Lámpara ATOMLUX 2050 Solar Design, 12 *volts*, 15 *Watts*. Se trata de una fuente de luz blanca, que utiliza una lámpara tipo “bajo consumo” alimentada por una batería. Esta lámpara presenta la ventaja de poseer un panel solar para recargar la batería. Por esta razón es un equipo fácilmente



transportable y utilizable en áreas sin líneas de corriente eléctrica. La intensidad de luz medida a 1 metro de distancia con un luxómetro digital (TES-1330) es de $50 \pm 0,5$ lux.

2) Lámpara COLEMAN 5359 Series (HF/ED π . /6500K°), 12 *volts*, 13 *Watts*.

Es una fuente de luz con forma de farol, que utiliza una lámpara también de tipo “bajo consumo” de características distintas de la anterior, alimentada por pilas. Su temperatura color se corresponde con la luz del día. La intensidad de luz medida a 1 metro de distancia con un luxómetro digital (TES-1330) es de $40 \pm 0,05$ lux.

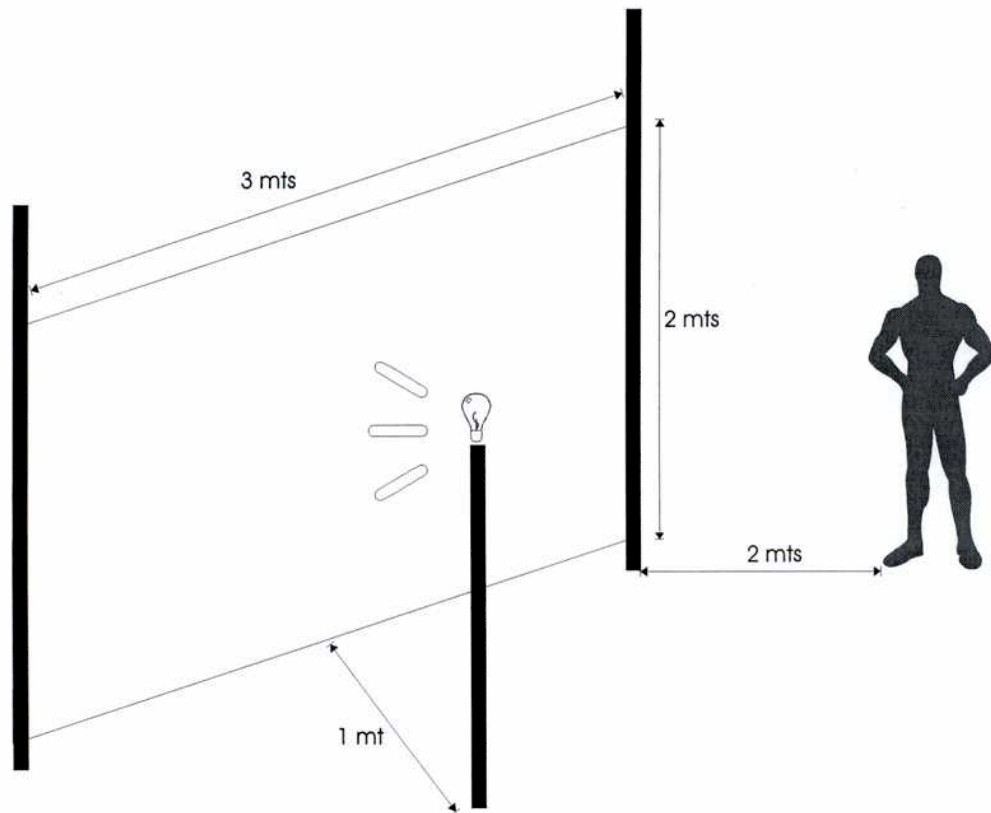
3) Lámpara mixta gas Mercurio/ filamento de Tungsteno, 220 *volts*, 250 *Watts*.

Esta lámpara emite luz blanca, formada a partir de una mezcla espectral de las emisiones de ionización de los gases que la componen y del filamento de tungsteno. Requiere alimentación a través de una línea eléctrica y genera una gran cantidad de calor. La intensidad de luz medida a 1 metro de distancia con un luxómetro digital (TES-1330) es de $900 \pm 0,5$ lux.

4) Lámpara de emisión ultravioleta (UV), 220 *volts*, 160 *Watts*. Al igual que la anterior requiere de alimentación por una línea eléctrica. Su espectro de emisión está limitado a la región del violeta-ultravioleta, con un máximo alrededor de 300nm.



FIGURA 4.3. Dispositivo experimental utilizado para capturar triatominos en el campo. La trampa de luz consistía en un trozo de tela blanca de 3 x 2 mts sujetado verticalmente, iluminado por una fuente luminosa. Un operario recogía manualmente todos los triatominos que se acercaban a la tela y sus alrededores desde las 19:00 hasta las 24:00 hs.



Las distintas trampas de luz eran simultáneamente instaladas en una de las zonas, pero separadas entre sí por una distancia de entre 40 y 80 metros, para evitar posibles interferencias. En los lugares de muestreo en los que no se disponía de corriente eléctrica de línea, sólo se instalaban las trampas de luz con las lámparas de 12 volts (ver arriba), ya que éstas eran alimentadas con baterías.

*PROTOCOLO EXPERIMENTAL*

En cada sitio seleccionado y luego de instalar el arreglo descrito, las fuentes de luz de todas las trampas eran encendidas aproximadamente 30 minutos antes de la puesta del sol, comenzando en ese momento la recolección manual de triatomíneos. De esta manera, todas las vinchucas que se acercaban a la tela o alrededor de ella, eran colectadas con pinzas por un operario ubicado cerca del dispositivo. Dicha persona permanecía atenta a la posible llegada de insectos hasta la medianoche, momento en el que se apagaban las luces y se retiraba el dispositivo de captura. Se registraba la especie, sexo, estado nutricional cualitativo y la hora de captura de cada insecto, así como las condiciones climáticas de la noche.



RESULTADOS

PARTE I. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los triatominos ensayados exhibieron una tendencia marcada a iniciar el vuelo desde la plataforma circular de despegue ubicada en la arena experimental (Fig. 4.2). En ensayos preliminares, no presentados en esta Tesis, aproximadamente 50% de los insectos liberados cada noche (ya sean ejemplares de *T. infestans* o de *R. prolixus*) iniciaban el vuelo en ausencia de estímulos lumínicos. Este resultado por sí mismo no deja de ser sorprendente, debido al poco conocimiento existente actualmente sobre la capacidad de vuelo de estos insectos vectores. Posteriormente se le agregaron estímulos luminosos al dispositivo experimental, estudiando así la motivación para volar y la orientación relativa a la posición del estímulo de dos especies de triatominos en relación a dos fuentes de luz de distinta composición espectral.

A continuación se exhiben los resultados obtenidos al enfrentar adultos de *T. infestans* y *R. prolixus* a cada una de las fuentes de luz. En primer lugar se analiza la motivación para volar de ambas especies y posteriormente la orientación de las vinchucas al momento de iniciar el vuelo, en ambos casos en relación a las fuentes de luz.



MOTIVACIÓN PARA INICIAR EL VUELO EN VINCHUCAS

Como se mencionara anteriormente, todos los insectos mostraron una tendencia natural a iniciar el vuelo (*Tablas A y B*) desde el dispositivo experimental (*Fig. 4.2*). Los experimentos aquí presentados incluyen un total de 900 vinchucas de ambas especies (580 adultos de *T. infestans* y 320 de *R. prolixus*), de las cuales 391 individuos iniciaron el vuelo hacia alguno de los sectores en que se dividió la arena experimental, i.e. 43,44% de los insectos analizados. Al analizar los datos a través de un ANOVA de dos factores fijos no balanceados (*factor 1 = especie*, y *factor 2 = tipo de luz*), se obtuvo una interacción no significativa ($F_{(1, 41)}=0,001$; $p>0,95$), por lo que se analizaron los efectos principales del ANOVA, i.e. *especie* y *tipo de luz*. El análisis estadístico reveló un efecto significativo del factor *especie* en la motivación para iniciar el vuelo ($F_{(1, 41)}=6,21$; $0,01<p<0,05$). En promedio, 10,37 adultos de *R. prolixus* iniciaron el vuelo cada noche, implicando 52,87% del total de individuos de esta especie ensayados. Por otro lado, un menor número de adultos de *T. infestans* se comportó de manera similar, es decir que en promedio 7,63 individuos volaron cada noche, i.e. 38,79% de los adultos ensayados.

Por otro lado, al analizar el efecto de los dos dispositivos iluminadores en la intención de vuelo de los triatominos, se encontró que 46,2% de los individuos enfrentados a la luz blanca inició el vuelo hacia alguno de los sectores de la arena experimental, es decir 9,74 individuos voló cada noche. Al enfrentarlos a la luz UV, 40% de los individuos voló hacia alguno de los sectores, es decir 8,27 insectos por noche. Sin embargo, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas



entre la frecuencia de vuelos de insectos enfrentados a las luces ensayadas ($F_{(1,41)}=1,78; p>0,1$).

LA LUZ COMO CLAVE DE ORIENTACIÓN EN TRIATOMA INFESTANS

Entre 3 y 15 adultos de *T. infestans* (Nº de insectos liberados por noche = 20) iniciaron el vuelo en cada una de las noches ensayadas, ya sea ante la presencia de “Luz Blanca” o de “Luz UV” como estímulo. La tabla A muestra el número total de vuelos por noche realizados por los insectos hacia cada uno de los 8 sectores definidos, éstos últimos denominados según el ángulo que forman con el estímulo lumínico presentado, i.e. 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° y 315°.

Se realizaron 29 experimentos (uno por noche) de orientación de *T. infestans* en relación a uno de los dos estímulos lumínicos (17 con luz blanca y 12 con luz UV), implicando un total de 580 vinchucas adultas, de las cuales volaron 225 individuos (142 con luz blanca y 83 con luz UV). Debido a que el número de réplicas no fue igual para cada tratamiento, se calculó, para cada especie, el número de vuelos por noche hacia cada uno de los 8 sectores. De esta manera, al ser enfrentados a una fuente de luz blanca, 8,35 individuos por noche volaron hacia alguno de los 8 sectores definidos (Tabla A), mientras que al presentarles “Luz UV”, 6,91 vinchucas lo hicieron.

Al analizar la dirección elegida por los insectos para iniciar el vuelo, se observó que, al presentarles la fuente de luz blanca, los individuos de *T. infestans* volaron preferentemente hacia al sector que contenía a dicho estímulo lumínico

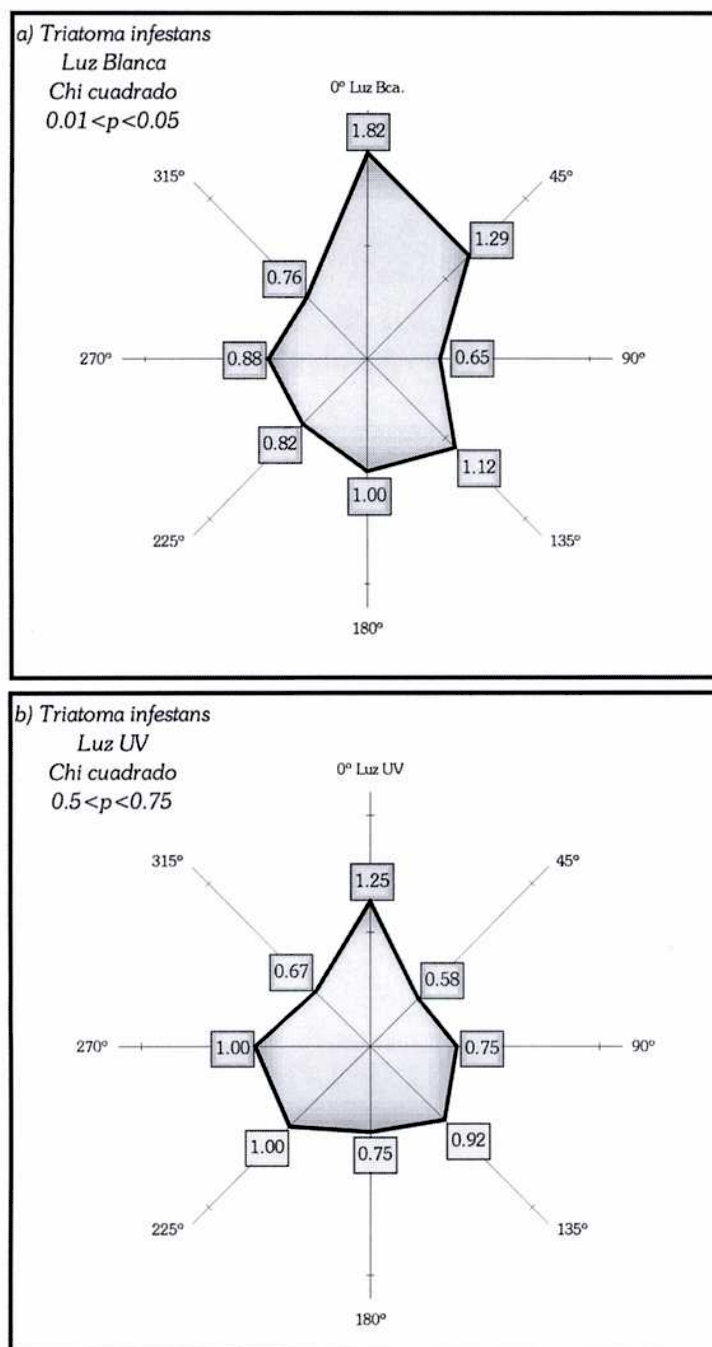
(Tabla A; Fig. 4.4a; Chi cuadrado de Uniformidad; $0,05 > p > 0,01$). De esta manera, 1,82 insectos por noche volaron hacia la luz blanca, i.e. 22% del total de vuelos por noche. Sin embargo, al enfrentarlas a una fuente emisora de “Luz UV”, las vinchucas no exhibieron una preferencia direccional, iniciando el vuelo homogéneamente hacia todos los sectores de la arena experimental (Tabla A; Fig. 4.4b; Chi cuadrado de Uniformidad, $0,5 < p < 0,75$).

TABLA A. Orientación en vuelo de *T. infestans* en relación a fuentes de luz de distinta calidad espectral. Se utilizaron como fuentes luminosas “Luz Blanca” y “Luz UV”. “0°(Luz)” indica la dirección de la fuente de luz. Se presenta el “número de vuelo total”, el “número de vuelos por noche” y el “porcentaje de vuelos” hacia cada uno de los 8 sectores definidos.

Triatoma infestans						
	Luz Blanca (17 noches)			Luz UV (12 noches)		
	Nº Vuelos	Nº Vuelos / noche	% de Vuelos	Nº Vuelos	Nº Vuelos / noche	% de Vuelo
0° (Luz)	31	1,82	22%	15	1,25	18%
45°	22	1,29	15%	7	0,58	9%
90°	11	0,65	8%	9	0,75	11%
135°	19	1,12	13%	11	0,92	13%
180°	17	1	12%	9	0,75	11%
225°	14	0,82	10%	12	1	14%
270°	15	0,88	11%	12	1	14%
315°	13	0,76	9%	8	0,67	10%
Total	142	8,35	100%	83	6,91	100%



FIGURA 4.4. Orientación relativa a fuente de luz en *Triatoma infestans* al iniciar el vuelo. Los ejes representan la bisectriz de cada sector, i.e. la dirección angular relativa a la posición de la fuente de luz (0°). El número medio de vuelos por noche hacia cada uno de los 8 sectores en que se dividió el espacio circular se indica dentro de un recuadro junto a cada eje. a) Luz Blanca. b) Luz UV.





LA LUZ COMO CLAVE DE ORIENTACIÓN EN RHODNIUS PROLIXUS

Al igual que en el caso de *T. infestans*, los adultos de *R. prolixus* manifestaron una notable tendencia a volar en las carpas de vuelo instaladas en el laboratorio. La tabla B muestra el número total de vuelos por noche realizados por los insectos hacia cada uno de los 8 sectores definidos, éstos últimos denominados según el ángulo que forman con el estímulo lumínico presentado, i.e. 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° y 315°.

Así, un mínimo de 6 y un máximo de 20 individuos (Nº de insectos liberados por noche = 20) de esta especie iniciaron el vuelo en cada una de las noches ensayadas. En 16 experimentos (uno por noche) de orientación de *R. prolixus* en relación a los estímulos lumínicos (8 con luz blanca y 8 con luz UV), involucrando un total de 320 vinchucas, 166 volaron hacia alguno de los sectores, 89 de las cuales lo hicieron cuando se les presentó luz blanca como estímulo y 77 cuando se les presentó luz UV (Tabla B). El número medio de vuelos por noche fue de 11,12 cuando fueron enfrentados a la fuente de luz blanca y de 9,62 cuando se les presentaba la luz UV.

Al analizar la dirección preferida al momento de volar (Fig. 4.5), se observó que los adultos de *R. prolixus* enfrentados a la fuente de luz blanca exhibieron una preferencia significativa por volar hacia dicho estímulo lumínico (Tabla B, Fig. 4.5a; Chi cuadrado de Uniformidad, $p < 0,001$). De esta manera, 4,12 insectos por noche iniciaron el vuelo en dirección a la luz blanca, i.e. 37% del total de vuelos de cada noche. Al enfrentarlos a una fuente de "Luz UV", el análisis estadístico reveló



que los insectos no volaron azarosamente, sino que más bien existió una preferencia al momento de iniciar el vuelo (*Tabla B, Fig. 4.5b; Chi cuadrado de Uniformidad, $0,05 > p > 0,01$*). Al analizar el gráfico correspondiente (*Fig. 4.5b*) observamos que 1,88 insectos por noche volaron hacia y en contra de la posición de la fuente de luz UV (0°). Esto significa que 20% de los insectos que volaron cada noche se dirigieron hacia la luz (0°), otros 20% en contra de la luz (180°) y los 60% restantes repartidos entre los demás sectores. Este resultado muestra que existe un comportamiento bimodal de atracción/repulsión por parte de *R. prolixus* al ser enfrentados a una fuente de luz UV.

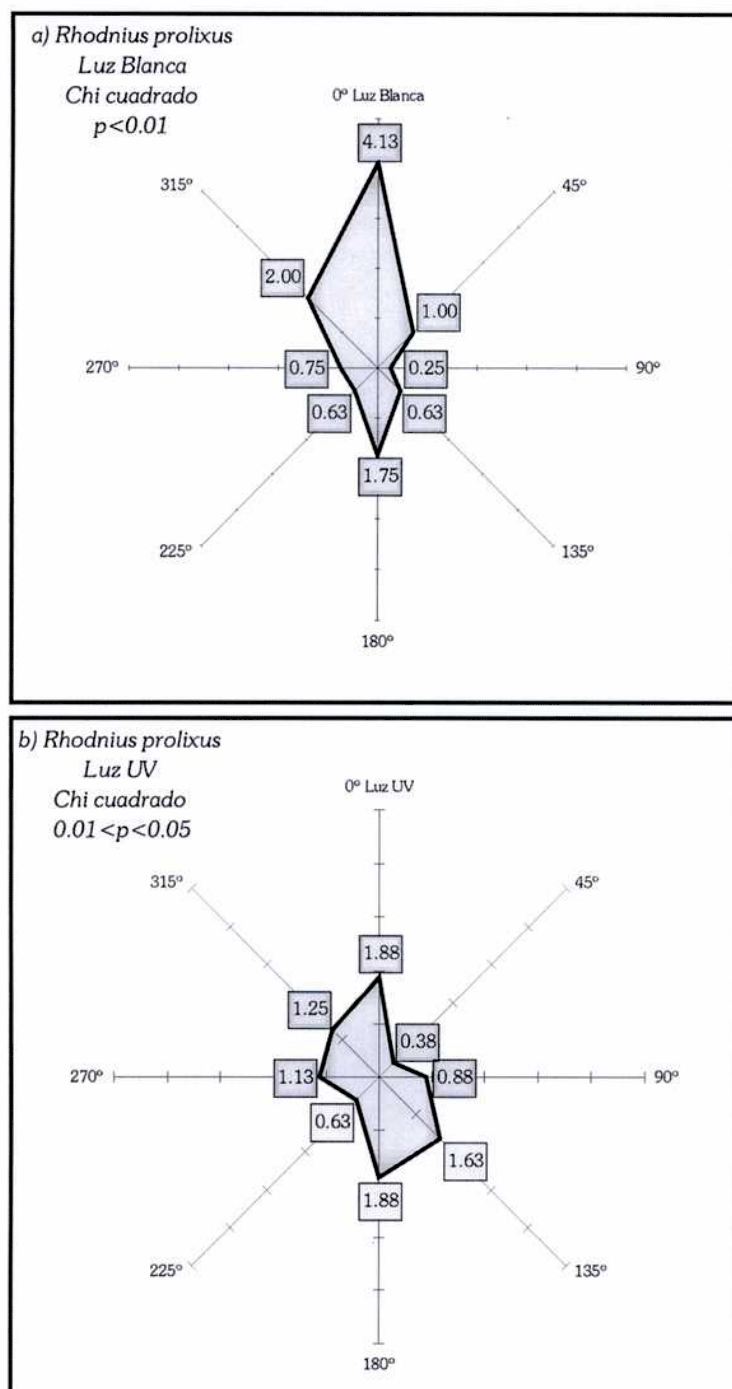


TABLA B. Orientación en vuelo de R. prolixus en relación a fuentes de luz de distinta calidad espectral. Se utilizaron como fuentes luminosas “Luz Blanca” y “Luz UV”. “0°(Luz)” indica la dirección de la fuente de luz. Se presenta el “número de vuelos total”, el “número de vuelos por noche” y el “porcentaje de vuelos” hacia cada uno de los 8 sectores definidos.

<i>Rhodnius prolixus</i>						
	Luz Blanca (8 noches)			Luz UV (8 noches)		
	Nº Vuelos	Nº Vuelos / noche	% de Vuelos	Nº Vuelos	Nº Vuelos / noche	% de Vuelos
0° (Luz)	33	4,12	37%	15	1,88	20%
45°	8	1	9%	3	0,38	4%
90°	2	0,25	2%	7	0,8	9%
135°	5	0,62	6%	13	1,63	16%
180°	14	1,75	16%	15	1,88	20%
225°	5	0,62	6%	5	0,63	6%
270°	6	0,75	6%	9	1,13	12%
315°	16	2	18%	10	1,25	13%
Total	89	11,12	100%	77	9,62	100%



FIGURA 4.5. Orientación relativa a fuente de luz en *Rhodnius prolixus* al iniciar el vuelo. Los ejes representan la bisectriz de cada sector, i.e. la dirección angular relativa a la posición de la fuente de luz (0°). El número medio de vuelos por noche hacia cada uno de los 8 sectores en que se dividió el espacio circular se indica dentro de un recuadro junto a cada eje. a) Luz Blanca. b) Luz UV.





PARTE II. TRABAJO DE CAMPO

TRAMPAS DE LUZ

Se instalaron un total de 100 trampas de luz (*Tabla C*) de diferente calidad espectral, en distintas épocas, en los alrededores de las ciudades descritas anteriormente, capturándose una baja cantidad de triatominos.

TABLA C. Trampas de luz para la captura de triatominos en el ambiente natural. Se muestra el número de noches en las cuales cada una de las distintas trampas de luz fue instalada en cada sitio de estudio y época del año.

	Época	ATOMLUX	COLEMAN	Mg/Tung	UV	TOTAL
		Nº noches	Nº noches	Nº noches	Nº noches	Nº noches
J.J. Castelli	Húmeda	6	6	0	0	12
	Media	4	4	0	0	8
	Seca	6	6	6	6	24
Tocantinópolis	Húmeda	6	6	6	6	24
	Seca	6	6	6	6	24
Curaçá	Húmeda	0	0	0	0	0
	Seca	4	4	0	0	8
TOTAL		32	32	18	18	100

En la localidad de J. J. Castelli se instalaron un total de 44 trampas con los cuatro tipos de luces disponibles, en 16 noches distintas, divididas en tres campañas diferentes (*Tabla C*). En cada ocasión, se inspeccionó el entorno inmediato a la posición de la trampa, encontrándose adultos de *T. infestans* en todos los casos, tanto en gallineros como en viviendas humanas, a una distancia menor que 50 metros. Por su parte, se encontraron adultos de *T. sordida* a aproximadamente 100-200 metros de la posición de las trampas, en ambientes silvestres que rodean el domicilio (tanto en nidos de aves como bajo cortezas de



árboles), y ejemplares de *Psammolestes coreodes* exclusivamente en nidos de aves. Sin embargo, en ninguna de las tres campañas realizadas arribaron vinchucas a las trampas de luz.

En la localidad de Tocantinópolis se instalaron un total de 48 trampas de luz con los cuatro dispositivos iluminadores, en 12 noches distintas divididas en dos campañas (Tabla C). En las inspecciones realizadas en la zona, se encontraron ejemplares de *Rhodnius neglectus* y *R. pictipes* en las copas de las palmeras cercanas a las trampas (50-100 mts). Sin embargo, no se capturaron triatominos en las trampas de luz en ninguna de las noches ensayadas en las sucesivas campañas.

En Curaçá, debido a la falta de corriente eléctrica de línea, sólo se ensayaron las luces portátiles (Tabla C). Se instaló sólo una trampa de luz que incluía a las dos fuentes de luz de 12 volts, ambas próximas a un único trozo de tela, durante 4 días consecutivos. Al inspeccionar la zona en búsqueda de triatominos, se encontraron tanto adultos como larvas de 3^{er} a 5^{to} estadio de *T. pseudomaculata*, a una distancia de 200 metros de la ubicación de la trampa, principalmente debajo de las cortezas y en el interior de huecos de árboles. Asimismo, se encontraron adultos y larvas de *T. brasiliensis* entre las piedras de una zona rocosa levemente elevada, ubicada a 50-100 metros de la trampa de luz. Durante la primera noche en la que se colocó la trampa de luz, dos machos y una hembra de *T. brasiliensis* y una hembra de *T. pseudomaculata* se posaron en la tela blanca iluminada con las lámparas entre las 20:00 y las 20:40 hs. La noche era calurosa y con muy poco viento. La temperatura media (T°) entre las 19:00 y las 23:00 hs fue de 27,7°C y la humedad relativa (HR) de 62%. Además de los



triatominos capturados, solo pocos insectos no triatominos se posaron sobre la tela. Durante la segunda noche, se capturó solo una hembra de *T. brasiliensis* a las 20:50 hs. La noche se presentó nuevamente sin viento, y la T° fue superior a la de la noche anterior (29,4°C), mientras que la HR fue menor (47%). En esta oportunidad, a la trampa de luz arribó una abundante cantidad de insectos en general. En el transcurso de la tercera noche, no se capturaron triatominos. La T° fue evidentemente menor que la de las noches anteriores (25,7°C) y además en este caso la noche fue ventosa. La HR fue bastante alta (77%) y se observaron relámpagos en el horizonte. Muy pocos insectos de diversos tipos se acercaron a la trampa durante esta noche. La cuarta noche se capturó una hembra de *T. pseudomaculata* a las 20:30 hs y una hembra y un macho de *T. brasiliensis* entre las 20:30 y 21:00 hs. Esta noche se caracterizó por ser climáticamente similar a la segunda (T°=28,6°C y HR=44%), y la trampa atrajo a gran cantidad de otros insectos. En todos los casos, los ejemplares capturados presentaban un estado nutricional pobre.

CAPÍTULO 5



DISCUSIÓN

*Saber que se sabe lo que se sabe y que no se sabe lo que no se sabe:
he aquí el verdadero saber.*
Confucio

Las vinchucas demostraron ser organismos que dependen notablemente de la temperatura ambiente y la humedad relativa en relación con varios aspectos de su biología. En primer lugar, al ser animales ectotermos, la temperatura del entorno afecta su tasa metabólica directamente. Por otro lado, la pérdida de agua a través de la cutícula, la proliferación de hongos patógenos, y otros acontecimientos, se encuentran directamente relacionados con la humedad relativa ambiente. El éxito de la eclosión de los huevos y de la ecdisis también dependen, entre otras variables, de la T° y la HR. Por otra parte, las vinchucas utilizan, entre otras claves, el calor y el vapor de agua liberados por los cuerpos de sus hospedadores para localizarlos espacial y temporalmente. Aun cuando es un hecho conocido que la temperatura y la humedad relativa juegan un papel tan preponderante en la biología de estos insectos vectores, no se conoce aún el efecto de estas variables en numerosos procesos fisiológicos y comportamentales.

La luz es otro factor que afecta de manera diversa el comportamiento de los triatomíneos. Por un lado, la oscuridad de los refugios es sinónimo de protección contra los hospedadores/predadores y de la cohabitación con otros individuos. Por otro, las fuentes de luz artificial podrían ser parcialmente responsables del arribo de las vinchucas a las viviendas.

En esta Tesis Doctoral se analizó el efecto de la T° , la HR y la luz sobre la distribución espacial de las vinchucas. En cuanto a las dos primeras variables, se resaltan las diferencias entre la dinámica climática del interior de los refugios (*microclima*) y la dinámica climática local o regional (*macroclima*). En lo referente



a la luz, presentamos aquí nuevos datos relativos a la atracción de triatominos a fuentes artificiales durante el vuelo.

Las razones de la amplia distribución geográfica y espacial de los triatominos han sido comprendidas sólo parcialmente. Los hábitos particulares de estos insectos y las dificultades para realizar estudios de campo a gran escala, hacen difíciles las generalizaciones. En este trabajo de investigación se intentó caracterizar algunas de las múltiples claves presentes en una vivienda, que podrían ser utilizadas por los triatominos como indicadores de ambientes favorables para vivir o como claves que faciliten su localización. Diversos autores han dedicado sus esfuerzos a la comprensión de la relación entre indicadores ambientales y la presencia o densidad de vinchucas en distintas zonas, basados en datos climáticos, *i.e. macroclimáticos* en el sentido de esta Tesis (Gorla y Schofield 1989, Gorla *et al.* 1997, Gorla 1992) o imágenes satelitales de distinto tipo (Gorla 2001, 2002). Nuestro aporte se suma a ese esfuerzo, en cuanto provee un buen número de datos relativos a preferencias ambientales de diversas especies de vinchucas, evaluadas paralelamente en el laboratorio y en el campo. Teniendo en cuenta la estrecha relación física que mantienen los triatominos con sus refugios y con sus hospedadores, se propuso en este trabajo de Tesis Doctoral, que la dinámica *microambiental*, *i.e.* la T° y HR en el interior de diferentes tipos de refugios de distintas especies de triatominos, puede ser una variable relevante en la distribución espacial de las vinchucas. Por eso pusimos a prueba la preferencia *microambiental* de estos insectos de dos maneras. La primera “interrogándolos” acerca de su preferencia a través de la oferta de ambientes diversos en el laboratorio, *i.e.* a través de gradientes de T° y HR. La segunda, analizando en el campo si los



refugios naturales muestran las mismas condiciones *microambientales* que el clima local, y si éstas se corresponden con la preferencia mostrada por las vinchucas en los gradientes.

Por otra parte, nos interesamos en el doble efecto de la luz en el comportamiento de las vinchucas observado en las viviendas. Por un lado los insectos muestran una respuesta fototáctica negativa muy marcada (Reisenman *et al.* 1998), mientras que por otro, se acercan volando hacia fuentes de luz artificial. Debido a esto último, la presencia de luces en una casa, podría hacer más probable su infestación por triatominos. Sin embargo, diferentes tipos de luces (*i.e.* luces de diferente composición espectral) podrían afectar de diferente manera el comportamiento de las vinchucas. Por esta razón, realizamos estudios a fin de analizar la capacidad de atraer vinchucas de fuentes de luz de distinta calidad espectral. En el laboratorio, estudiamos el comportamiento de orientación durante el vuelo en presencia de distintas fuentes de luz artificial, y en el campo estudiamos la eficiencia de captura por trampas de luz, en zonas con presencia constatada de vinchucas.

MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa de un volumen de aire depende de la cantidad de vapor de agua presente y de su temperatura. Así, un volumen conocido de aire con una cantidad determinada de vapor de agua, resultará en humedades relativas menores a medida que se asciende su temperatura, ya que la presión de saturación



es directamente proporcional a la temperatura. Recíprocamente, la temperatura del aire depende, entre otras cosas, de la cantidad de vapor de agua que contenga. Dado que el agua posee una capacidad calorífica particularmente alta, un mayor contenido de agua en el aire hace que sea requerida una mayor cantidad de calor para elevar su temperatura. Esta íntima relación entre la temperatura y a la humedad relativa es relevante también en relación a nuestro estudio. De manera ideal, para estudiar el efecto de una variable sobre un determinado comportamiento en el laboratorio, se debería aislar el sistema del efecto de cualquier otra variable que pueda modificar dicho comportamiento. En los experimentos de preferencia realizados en gradientes de T° y HR generados en el laboratorio, nos enfrentamos al problema de identificar el efecto de cada una de dichas variables sobre las vinchucas.

En los gradientes térmicos, dado que la temperatura de cada una de las celdas del gradiente es distinta y mantenida por el intercambio de calor en cada extremo de la arena, se hace inevitable una variación concomitante de la humedad relativa a lo largo de éste. Así, en los gradientes de T° utilizados en este trabajo (Figs. 2.1 y 2.2), pudimos verificar una diferencia de entre 5 y 10% de HR entre los extremos más distantes de la arena, con los mayores valores de HR en el extremo más frío, sitio donde la presión de saturación de vapor de agua del aire es la más baja. Si bien tal diferencia se ubica dentro de los límites de precisión de los higrómetros corrientes ($\pm 5\%$), podría ser percibida por el sistema higrorreceptor de las vinchucas. Recíprocamente, al generar los gradientes de humedad relativa con las soluciones higroscópicas (Figs. 3.1 y 3.2), se obtuvo como efecto secundario un leve gradiente de temperatura, registrándose una diferencia aproximada de 1°C



entre los extremos de la arena, con valores más altos de T° en el extremo más húmedo del gradiente. Las razones para explicar tal diferencia son menos claras, pero sean cuales fuesen éstas, la amplitud de la variación hace que ésta deba ser tomada en cuenta.

Esta dependencia entre las variables estudiadas, propia de sus características físico-químicas, que generó diferencias de T° en los gradientes de humedad relativa y de HR en los gradientes de temperatura, dificulta en principio, la clara interpretación de los datos, siendo que el investigador se encuentra con la dificultad de poder distinguir si, en cada caso, la posición de los insectos es una expresión de la preferencia por sitios de determinada temperatura o de determinado valor de humedad relativa. Sin embargo, al estudiar el efecto del estado nutricional de los insectos en la preferencia térmica e hídrica, se observó, coincidentemente con lo descrito anteriormente por otros autores (ver Lazzari 1991, Minoli y Lazzari 2003, Schilman y Lazzari 2004, Guarneri *et al.* 2002, Pires *et al.* 2002), que insectos con mayor grado de ayuno prefieren ubicarse en sitios con temperaturas más bajas o en lugares con humedades relativas más altas, en gradientes de termo- e higropreferencia, respectivamente. En el gradiente de humedad relativa, estas dos situaciones son opuestas, ya que las celdas con la mayor HR son las que poseen también la T° más alta (Fig. 5.1a). Por ello, si los insectos estuvieran distribuyéndose sobre la arena experimental siguiendo el gradiente de temperatura, uno esperaría que los individuos se movilizaran hacia zonas con T° más baja a medida que el grado de ayuno aumenta (Fig. 5.1a, flecha roja). Sin embargo el desplazamiento neto de los insectos observado en este trabajo y otros anteriores es el opuesto (Fig. 5.1a, flecha blanca), resultado coincidente con lo esperado si el



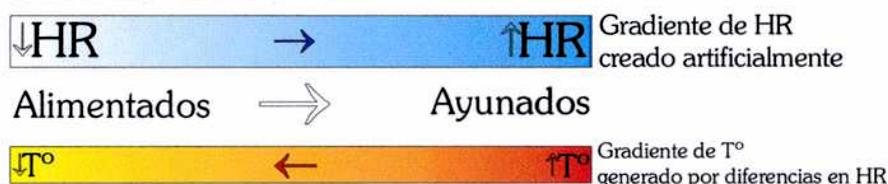
gradiente de HR fuese el responsable de la distribución de estos insectos (Fig. 5.1a, flecha azul).

En el gradiente de temperatura creado artificialmente, la zona de más bajas T° de la arena se corresponde con la mayor HR medida (Fig. 5.1b), por lo que en este caso, el desplazamiento observado de los insectos con mayor grado de ayuno (Fig. 5.1b, flecha blanca) coincide con el comportamiento esperado si cualquiera de las dos variables fuese la responsable de la distribución de los insectos sobre la arena experimental (Fig. 5.1b, flechas azul y roja). Por ello, en este caso no es posible diferenciar si los insectos expresaron una preferencia térmica o hídrica analizando el efecto del estado nutricional de los insectos en su distribución. Sin embargo, los valores promedio preferidos por las vinchucas en los gradientes de HR variaron entre 6% (*T. sordida*, alimentados) y 21% (*T. infestans*, ayunados), mientras que los valores de HR medidos en las celdas de los extremos del gradiente de T° nunca fueron menores que 30%, por lo que si los animales estuvieran distribuidos sobre la arena experimental atendiendo a la HR, uno esperaría que los insectos se ubicaran en las celdas con menor HR, es decir en aquéllas donde la T° es más alta. Esta situación no fue observada, ya que los insectos se ubicaron, en general, en las zonas intermedias del gradiente, i.e. aquéllas con valores de T° entre 26°C y 30°C, aproximadamente.

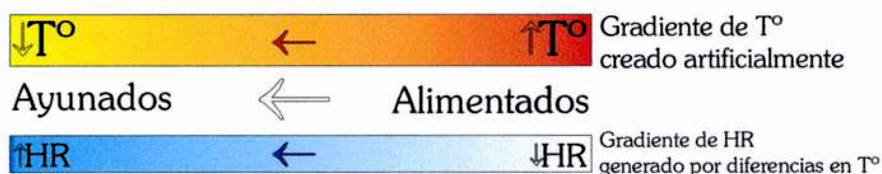


FIGURA 5.1. Gradientes de a) humedad relativa y b) temperatura, creados artificialmente sobre arenas experimentales. En a) y b) las barras coloreadas superiores representan el gradiente creado deliberadamente por medio de dispositivos específicos y las inferiores representan el gradiente generado por las diferencias en la variable controlada. Las flechas blancas indican la dirección media del movimiento de los insectos observada a medida que el grado de ayuno aumentó. Las flechas azules indican la dirección media en la que se moverían los insectos ayunados, si la HR fuese la variable responsable de la distribución de los insectos en la arena. Las flechas rojas indican la dirección media en la que se moverían los insectos ayunados, si la T° fuese la variable responsable de la distribución de los insectos en la arena.

a) GRADIENTE DE HR



b) GRADIENTE DE T°



Por lo expuesto en el párrafo anterior concluimos que en los gradientes de humedad relativa creados en el laboratorio, es efectivamente la HR el factor principal que controla la distribución de los insectos sobre la arena experimental, mientras que en los gradientes de temperatura, es esta variable la responsable de la distribución de las vinchucas en la arena.

TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA: PREFERENCIA ESPONTÁNEA

Tanto la termo- como la higropreferencia resultaron ser comportamientos marcadamente notorios y diferentes en las distintas especies estudiadas. Al analizar el efecto de la temperatura en la distribución espacial de las vinchucas en el



gradiente, se observó que en el caso de las larvas de quinto estadio de *Triatoma infestans* y *Rhodnius prolixus*, la preferencia térmica se vio modificada por el estado nutricional de los insectos (Figs. 2.3, 2.6 y 2.7). Así, larvas recientemente alimentadas de *T. infestans* prefirieron permanecer en zonas con T° más altas que las que no fueron alimentadas antes del experimento. Este resultado es similar al comportamiento observado en otros triatomíneos (Lazzari 1991, Minoli y Lazzari 2003, Guameri *et al.* 1998, 2002, Pires *et al.* 2002). Sorprendentemente, sin embargo, las larvas de *R. prolixus* sin alimentar prefirieron permanecer en sitios con temperaturas más altas, respecto a los elegidos por las recién alimentadas. Este resultado es llamativo e intrigante debido a que en general, los triatomíneos con mayor abundancia de reservas nutritivas suelen permanecer en sitios relativamente más cálidos, acelerando así la transformación de nutrientes. Sería esperable que los insectos ayunados racionalicen la utilización de la energía disponible disminuyendo la tasa metabólica al ubicarse en zonas con T° relativamente más bajas. Por su parte, las larvas de *T. sordida* y *T. guasayana* estudiadas no evidenciaron una modulación en su termopreferencia en función del estado nutricional (Figs. 2.4, 2.5 y 2.7). Estos insectos se mantuvieron constantemente en zonas de T° altas, independientemente de su ayuno. Una interpretación posible es que, debido a que los individuos ayunados ya se ubican en lugares cálidos, podría ocurrir que un individuo recientemente alimentado no pueda elegir temperaturas todavía más altas, sin exponerse a condiciones deletéreas para su organismo.

Todos los insectos liberados en el gradiente de humedad relativa exhibieron una tendencia general a permanecer en zonas con humedades relativamente bajas. Así, en la fase de puesta a punto de los experimentos, se probaron gradientes de



HR que cubrían distintos intervalos. En un principio se generó un gradiente extenso, que abarcaba valores entre 20% y 80% HR aproximadamente, ante el cual las vinchucas respondían ubicándose en la zona mas seca. Luego de varias pruebas, se decidió utilizar el gradiente de 6% a 30%, ya que permitía registrar el movimiento de los insectos a través de un área extensa, evitando al mismo tiempo su aglomeración en los extremos de la arena. Además de la clara tendencia de todas las especies estudiadas a ubicarse en sitios con HR bajas, se pudo constatar en todos los casos que los insectos ayunados permanecían en lugares más húmedos que los alimentados (Fig. 3.7). Como fuera propuesto por otros autores, este comportamiento de higropreferencia podría estar asociado, al menos parcialmente, en los animales recién alimentados, a la necesidad de eliminar por evaporación parte del exceso de agua ingerido con la sangre, y, en animales ayunados, con la conveniencia de mantener el estado hídrico. No se observaron diferencias tan evidentes en la higropreferencia de las distintas especies estudiadas (Fig. 3.7) como en la termopreferencia (Fig. 2.7). Sin embargo, *T. infestans* fue la especie que más modificó su higropreferencia con el estado nutricional (Fig. 3.3). Nuevamente, al igual que lo sucedido en los gradientes de T°, *T. sordida* y *T. guasayana* exhibieron comportamientos muy similares frente a los gradientes de humedad relativa (Figs. 3.4, 3.5 y 3.7).

De las 4 especies estudiadas en el laboratorio, tres pertenecen a la tribu Triatomini, género *Triatoma*, y la restante a la tribu Rhodnini, género *Rhodnius*. Dentro del género *Triatoma*, *T. sordida* y *T. guasayana* son especies filogenéticamente muy cercanas, hecho que se vio reflejado tanto en la preferencia térmica como en la hídrica. En su ambiente natural, estas dos especies ocupan



hábitats relativamente similares, encontrándoselas en el peridomicilio y en algunos ambientes silvestres, como ser nidos de aves, bajo corteza de árboles, bajo piedras, y, en menor medida, en el interior de viviendas humanas. Por otro lado, *T. infestans* se encuentra casi exclusivamente en el interior de viviendas y en el peridomicilio. La temperatura preferida por esta última especie resultó ser intermedia a la exhibida por *T. sordida* y *T. guasayana* por un lado y a la presentada por *R. prolixus* por el otro. *R. prolixus* (la más distante filogenéticamente de las cuatro especies) posee una distribución geográfica que no se solapa con las otras tres especies en estudio. En el norte de América del Sur, esta especie es exclusivamente de hábitos silvestres, siendo hallada principalmente asociada a palmeras. Sin embargo, en América Central invadió los domicilios, siendo uno de los principales vectores de la enfermedad de Chagas. De esta manera, las especies de triatominos filogenéticamente más cercanas, mostraron comportamientos de preferencia mas parecidos entre sí que con las más distantes, hecho que coincide también con la selección diferencial de sitios para vivir.

En los ambientes naturales de los triatominos, la temperatura y la humedad relativa se encuentran interrelacionadas, por lo que, aunque se tomaron medidas de ambas variables independientemente, el análisis se realizó de forma combinada.



LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA MICROAMBIENTALES: SELECCIÓN DE HABITATS

Los ensayos realizados liberando a los insectos sobre los gradientes de temperatura y humedad relativa, evidenciaron una preferencia por permanecer en sitios con temperaturas y/o humedades relativas particulares en cada especie y estado nutricional. Estos resultados sugieren que la segregación interespecífica evidenciada en los ambientes naturales ocupados por estos insectos podría deberse parcialmente a dichas preferencias térmicas y/o hídricas. Sin embargo, bien sabido es que en su ambiente natural, las vinchucas son sensibles a innumerables claves e influencias externas, que resultan finalmente en un único comportamiento de selección de hábitat. No sería apropiado por lo tanto, asignarle toda la responsabilidad a una única variable, o aún establecer jerarquías entre los múltiples factores, sin llevar a cabo estudios detallados. Por esta razón, nuestro siguiente paso lógico fue estudiar la dinámica climática de los hábitats elegidos por las distintas especies de triatominos estudiadas en este trabajo y compararlas con los resultados de termo- e higropreferencia obtenidos en el laboratorio. Sin embargo, deseamos destacar en este punto, que debemos ser cautelosos a la hora de la interpretación de los datos experimentales, ya que en los ambientes naturales todas las variables actúan de manera simultánea. En el laboratorio, como es usual en biología experimental, las condiciones son deliberadamente empobrecidas, para controlar con precisión unas pocas variables. Esta situación puede incluso darse a la inversa, por ejemplo en los experimentos llevados a cabo utilizando los gradientes, en los que los insectos pueden elegir, en todo momento, zonas de



distinta T° o HR para permanecer, siendo que todas las temperaturas y humedades relativas biológicamente relevantes se encuentran permanentemente disponibles, mientras que en la naturaleza esta situación no existe. Sin embargo, debemos enfatizar que estas diferencias no afectan la validez de nuestros estudios, aunque debemos tenerlas en cuenta a la hora de extraer conclusiones.

Con el objeto de comprender mejor la selección de refugios por parte de los insectos triatominos, es posible comparar los comportamientos de preferencia térmica e hídrica estudiados en el laboratorio con el uso efectivo de hábitat observado en los ambientes naturales de dichos insectos (Figs. 5.2 y 5.3). Para facilitar el análisis, se dividieron los ambientes naturales de las vinchucas en tres grupos según su grado de relación con el ser humano:

- 1) *Ambientes domiciliarios*: refugios generalmente encontrados en las paredes, techos y/o otras estructuras del interior de las viviendas humanas. Las vinchucas que habitan estos ambientes tienen acceso a sangre humana. En las figuras 5.2 y 5.3 se representan con el color rojo.
- 2) *Ambientes peridomiciliarios*: refugios que se encuentran en construcciones humanas realizadas para la cría de animales domésticos. Las vinchucas que se encuentran en estos refugios se alimentan principalmente de sangre de gallinas, cabras, cerdos, vacas, etc. En las figuras 5.2 y 5.3 se representan con el color verde.
- 3) *Ambientes silvestres*: refugios que se encuentran en ambientes naturales no influidos por el ser humano. Gran parte de las vinchucas que se

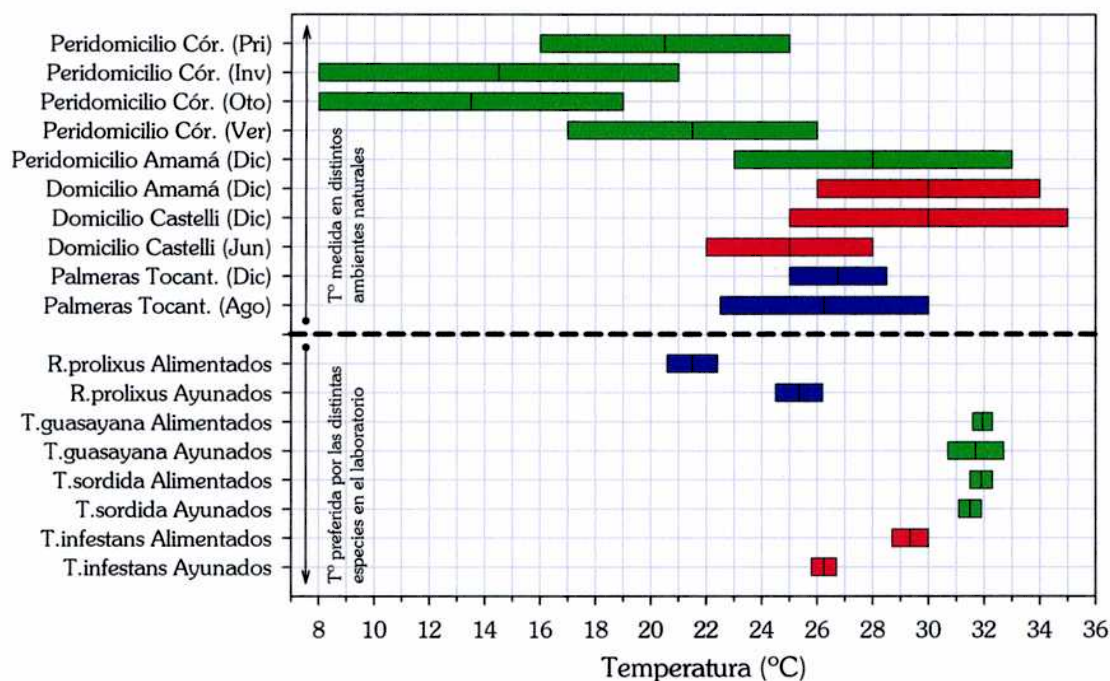


encuentran en estos refugios se alimentan de sangre de animales salvajes, e.g. aves, mamíferos, etc. En las figuras 5.2 y 5.3 se representan con el color azul.

En el caso de *T. infestans*, la preferencia de los insectos en el gradiente de temperatura generado en el laboratorio, se encuentra dentro del intervalo de temperatura medida en el interior de sus refugios naturales (Fig. 5.2). Esta concordancia sugiere que, en esta especie, la T° es un factor que podría afectar la elección de refugios. Algo similar ocurre en *R. prolixus*, especie en la que los individuos ayunados prefirieron en el laboratorio temperaturas similares a las observadas en las palmeras que habitan en el norte de Brasil, aunque la preferencia exhibida por los insectos alimentados no se superpone plenamente con el intervalo de temperatura que existe en sus ambientes típicos. Por su parte, tanto las larvas de *T. sordida* como las de *T. guasayana* prefirieron en el laboratorio valores de temperaturas más altas que los que se registraron en los refugios del tipo ocupado naturalmente por estas especies.



FIGURA 5.2. Relación entre la termopreferencia y las condiciones microclimáticas en los hábitats naturales de varias especies de triatominos. Por encima de la línea punteada se presentan los valores de T° medidos en los distintos tipos de refugios de vinchucas. Por debajo de ella se exhibe la termopreferencia espontánea de las cuatro especies de triatominos estudiadas en el laboratorio. Las barras horizontales coloreadas denotan tipos de refugio particulares y las especies de vinchucas que los habitan. En verde se representan los ambientes naturales "peridomiciliarios", en rojo los "domiciliarios" y en azul los "silvestres".



Por otra parte, los ambientes domiciliarios resultaron ser los más estables a lo largo del año, manteniendo condiciones de temperatura compatibles con las preferencias de varias especies de triatominos, principalmente de *T. infestans*, *T. sordida* y *T. guasayana*. Sin embargo, en la parte sur de América del Sur, *T. infestans* es la especie que coloniza habitualmente las viviendas humanas, encontrándose a las otras dos especies en el peridomicilio y/o ambientes silvestres. Es llamativo que, existiendo en la zona refugios con condiciones "preferidas", *T. sordida* y *T. guasayana* no los ocupen. Podríamos especular diciendo que, o bien el conjunto de variables que afectan la selección (o determinan la exclusión) es más importante que la temperatura óptima como variable aislada, o existe algún



fenómeno de segregación o competencia por el uso de hábitat entre *T. sordida* y *T. guasayana* por un lado, y la especie mejor adaptada al domicilio, i.e. *T. infestans*, por otro.

Nuestros resultados podrían entonces aportar elementos para la especulación relativa a la razón por la cual los individuos que normalmente se encuentran en el peridomicilio, e.g. *T. sordida* y *T. guasayana*, rara vez son encontrados en el interior de las viviendas, siendo que éstas poseen refugios potenciales y acceso a los hospedadores. En varias ocasiones se informó que al eliminar poblaciones de *T. infestans* del interior de viviendas humanas, se observó una colonización por parte de las especies que se encontraban en el peridomicilio (Silveira *et al.* 1984). En Brasil, luego de una extensa campaña a escala nacional que logró erradicar a *T. infestans* del interior de las viviendas, se observó una subsiguiente invasión de especies secundarias hacia el interior de las casas (Pinto Dias 1995). Estos hechos sugieren que la vivienda humana es un hábitat potencialmente colonizable por las especies silvestres, siempre y cuando *T. infestans* sea eliminada.

Por otra parte, la figura 5.2 pone de manifiesto que la mayor parte de los *microambientes* sólo exhiben las condiciones térmicas preferidas por las distintas especies de triatominos en determinadas épocas del año y por periodos de tiempo diferentes. Mientras que en el interior de las viviendas *T. infestans* parece estar expuesta a condiciones de temperatura cercanas a las preferidas espontáneamente durante la mayor parte del tiempo, *T. sordida* y *T. guasayana* sólo lo hacen durante el verano. La diferencia de la temperatura entre *microambientes*, así como la



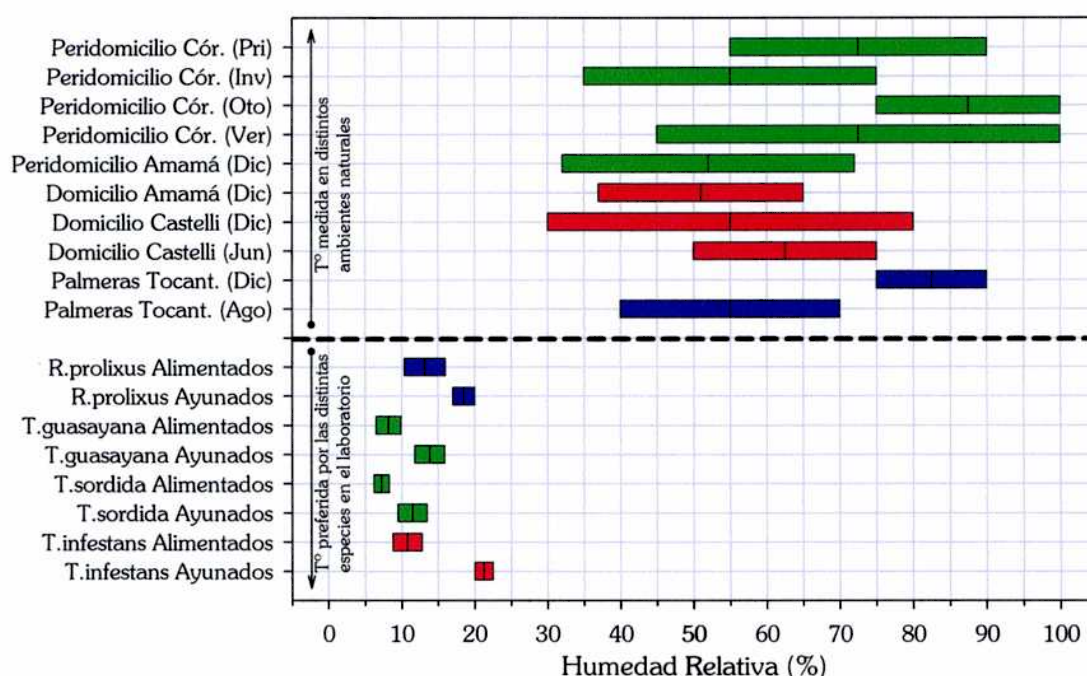
dinámica anual de cada uno de ellos, podría tener impacto directo sobre la dinámica poblacional de cada especie.

Es muy llamativo que todas las especies de vinchucas estudiadas mostraron una marcada tendencia xerófila en el laboratorio (Figs. 3.7 y 5.3). Sin embargo, los valores preferidos de HR no se correspondieron con las condiciones de sequedad de los *microambientes* estudiados. Por esta razón, en ninguno de los casos se observa un solapamiento entre la preferencia hídrica espontánea y la dinámica hídrica en el interior de los diferentes refugios. Sin embargo, pudimos comprobar que buena parte de los refugios mantienen *microambientes* más secos que el exterior, en parte debido al fenómeno de *amortiguación asimétrica* de HR descrito en la sección de *Humedad Relativa* (Capítulo 3). Sin embargo, tal como fuera señalado por Roca & Lazzari (1994), es muy poco probable encontrar en la naturaleza ambientes con déficits de saturación tan marcados, mantenidos de forma permanente, como los preferidos por las vinchucas. Es dable pensar entonces que las vinchucas podrían ocupar los ambientes más secos disponibles, aunque difieran en valor absoluto de sus preferencias hídricas espontáneas. Es llamativo, por otra parte, que una xeropreferencia tan marcada y tan extendida entre las diferentes especies de triatomíneos no tenga un correlato natural. Esto sugiere que la humedad relativa es un factor relevante (“cuanto mas seco mejor”), pero no crítico para la vida de las vinchucas. Por otra parte, la eventual desecación de una región dada, no sólo no afectaría a estos insectos, sino que hasta podría ser beneficiosa. Por supuesto que, como se mencionó anteriormente, es de esperar que la elección final sea consecuencia de una serie de variables *microambientales* y



combinaciones de ellas que actúen de forma simultánea (e.g. temperatura, humedad, iluminación, competencia, predación, etc.)

FIGURA 5.3. Relación entre la higropreferencia y las condiciones microclimáticas en los hábitats naturales de varias especies de triatominos. Por encima de la línea punteada se presentan los valores de HR medidos en los distintos tipos de refugios de vinchucas. Por debajo de ella se exhibe la higropreferencia espontánea de las cuatro especies de triatominos estudiadas en el laboratorio. Las barras horizontales coloreadas denotan tipos de refugio particulares y las especies de vinchucas que los habitan. En verde se representan los ambientes naturales "peridomiciliarios", en rojo los "domiciliarios" y en azul los "silvestres".



MICRO Y MACROCLIMA

El clima local (*macroclima*) es naturalmente uno de los factores más importantes que afectan la distribución geográfica de la gran mayoría de los seres vivos, ya sean plantas o animales. Al analizar la distribución espacial de los organismos a una escala menor, dentro de un mismo clima local existen numerosos



sitios con *microclimas* distintos que posibilitan la utilización diferencial de hábitats por parte de distintos organismos (Unwin 1980). En el caso particular de las vinchucas, clásicamente se ha intentado relacionar la distribución y la densidad poblacional de las diferentes especies de triatominos con mapas de temperatura y/o humedad. Un indicador climático confiable de la distribución de las vinchucas, sería de gran importancia para el estudio y comprensión de la distribución actual y potencial de estos insectos, especialmente de las especies de mayor importancia epidemiológica.

Hasta el momento, la relación entre la distribución geográfica de los triatominos y el clima local (T° y/o HR) y otras variables ambientales, sólo resultó en correlaciones parciales. Se hacen necesarios, entonces, estudios que incluyan otras variables, o la interacción entre ellas, y, finalmente, que tengan en cuenta la relación de las vinchucas con el ambiente externo. El caso de los triatominos es particularmente interesante debido a que habitan en el interior de refugios protegidos, los cuales se encuentran en el interior o cercanías de los dormitorios de sus hospedadores, hecho que les otorga cierta independencia del clima local en virtud de su aislamiento físico parcial y del efecto que los hospedadores (endotermos) pueden tener sobre el *microambiente*. Es así que la dinámica ambiental en el interior de los refugios (*microclima*) puede depender de varios factores, entre los cuales se pueden mencionar el clima local, el tipo de material del refugio, la arquitectura del dormitorio del hospedador y la influencia del propio hospedador.

En esta Tesis de Doctorado se analizó, de forma comparativa, cómo las características físicas de los distintos refugios utilizados por diferentes especies de



triatominos, modifican el clima local en su interior, resultando en condiciones *microambientales* marcadamente diferentes de las regionales. En general, se observó que todos los refugios utilizados por alguna de las especies de triatominos en las distintas zonas estudiadas, modificaron en cierto grado la dinámica ambiental, tanto en lo referente a la temperatura como a la humedad relativa. Sólo en Curaçá, algunos de los refugios estudiados, i.e. huecos y bajo corteza de “Caatingueiras”, presentaron una dinámica *microambiental* muy similar a la *macroambiental* (Figs. 2.24 a 2.27 y 3.24 a 3.27). Dichos refugios eran lugares amplios y relativamente abiertos a la circulación de aire, razón por la cual probablemente no difirieron notablemente del ambiente local. Algo similar ocurrió en Amamá, donde el *microambiente* “Hueco Árbol” presentó también una dinámica de temperatura y humedad relativa similar a la del ambiente (Figs. 2.8 a 2.11 y 3.8 a 3.11). En los demás casos, los refugios modificaron tanto la temperatura como la humedad relativa del ambiente, ya sea modulando el valor medio diario o disminuyendo la amplitud diaria. Es decir, en cada refugio, dependiendo del tipo de material que lo constituía (piedra, madera, adobe, paja, hoja de palmera, etc.), de su arquitectura (grieta en una pared, espacio entre ropas, espacio entre ladrillos, axila de una palma, hueco de árbol, enramada de techo, etc.) y de su ubicación (interior de vivienda humana, corral de cabras, gallinero, copa de palmera, etc.), la dinámica ambiental regional fue modificada de diferentes maneras. En general, los refugios localizados en el interior de domicilios modificaron en mayor medida su dinámica térmica e hídrica con respecto a la ambiental, independientemente de la localización geográfica, principalmente amortiguando en su interior la variabilidad diaria de ambas variables. El caso mas



extremo de amortiguación se presentó en la campaña realizada durante la estación seca (invierno) en J. J. Castelli, donde refugios constituidos por pilas de ropa acumulada en el interior de una vivienda y ranuras finas en el techo de paja de la misma vivienda, presentaron una variación diaria de T° casi nula (Fig. 2.16b a 2.19b). En el otro extremo, durante la época húmeda (verano) y en otra vivienda de la misma zona, una de las grietas de la pared de adobe que se encontraba muy cercana al techo de chapa de la vivienda, presentó una amplitud diaria de T° mayor que la *macroambiental* (Fig. 2.16a a 2.19a), obteniéndose una pendiente mayor que 1 (Fig. 2.19a; $b=1.31$). En este caso, la temperatura superficial de la chapa del lado interno de la vivienda alcanzó valores cercanos a 70°C en el mediodía de un día soleado. Al analizar los ambientes silvestres, los refugios presentes en las copas de las palmeras (Babaçú y Macaubeira), formados por la inserción de las hojas o palmas al tronco, presentaron una dinámica *microclimática* con mayores diferencias con respecto a la *macroclimática* local (Fig. 2.20a a 2.23a y 3.20a a 3.23a) que los refugios encontrados en los huecos de árboles (Fig. 2.24a a 2.27a y 3.24a a 3.27a).

En los sitios donde nos fue posible, se realizaron varias campañas de muestreo, con el objeto de estudiar si los distintos refugios se comportan de igual manera a lo largo del año, o en dos situaciones climáticas opuestas, como ser durante la estación seca y la estación húmeda. En Santa Ma. de Punilla, lugar en el que se registró la temperatura y la humedad relativa a lo largo de un año, además de las diferencias entre tipos de refugio (Figs. 2.13, 2.15, 3.13 y 3.15), se hallaron diferencias estacionales en cuanto a la capacidad de cada refugio de amortiguar los cambios de dichas variables. Así, los refugios naturales de



vinchucas de esta zona, amortiguaron la temperatura considerablemente en verano y primavera, y muy poco o nada en otoño e invierno (*Fig. 2.14*). Las mediciones de humedad relativa realizadas en esta zona se vieron interrumpidas por efectos de excesiva humedad y/o lluvias, por lo que análisis detallado resultó difícil de realizar. Sin embargo, nuevamente se observa que durante primavera los refugios amortiguaron la HR ambiental considerablemente, mientras que en invierno no lo hicieron (*Fig. 3.14*). En J. J. Castelli, se observaron diferencias entre las dos campañas realizadas en cuanto a la capacidad de amortiguar la temperatura y la humedad relativa, siendo que durante la estación seca los refugios experimentaron una menor amplitud diaria de ambas variables (*Figs. 2.16 a 2.19 y 3.16 a 3.19*). En Tocantinópolis, inversamente a lo ocurrido en J. J. Castelli, los refugios amortiguaron en mayor medida la T° y la HR en la estación húmeda que en la seca (*Figs. 2.20 a 2.23 y 3.20 a 3.23*). Además, en esta zona se observó una clara diferenciación entre la capacidad para amortiguar la humedad relativa de ambos refugios estudiados, i.e. palmeras de dos tipos “Babaçú” y “Macaubeira”, siendo las primeras las que presentaron refugios con amplitudes hígricas menores (*Figs. 3.20 y 3.23*).

LA LUZ COMO CLAVE DE ORIENTACIÓN PARA LAS VINCHUCAS

Los resultados aquí presentados confirman que, además del comportamiento fototáctico negativo apropiadamente descrito por Reisenman y Lazzari (1996), las vinchucas exhiben un comportamiento de vuelo direccional en



relación a fuentes de luz artificiales. En las carpas de vuelo instaladas en el laboratorio se observó que *T. infestans* eligió dirigirse preferentemente hacia fuentes de luz blanca (Fig. 4.4a), mientras que al presentarles un tubo de luz UV, los insectos volaron de forma azarosa, sin dirección definida (Fig. 4.4b). Sin embargo, en ninguna de las campañas realizadas para el ensayo de las trampas de luz en los ambientes naturales de *T. infestans* se logró capturar algún ejemplar de esta especie, aún cuando comprobamos la presencia de adultos en las proximidades de la ubicación de la trampa. Por otro lado, en *R. prolixus*, i.e. la otra especie en la que se estudió el comportamiento de vuelo en el laboratorio, se observó una respuesta direccional hacia la luz blanca aún más marcada (Fig. 4.5a), y un comportamiento partido de atracción/repulsión al presentarles luz UV (Fig. 4.5b). Esta dualidad comportamental podría también entenderse como un comportamiento menotáctico, en el que los individuos realizan un cambio de ángulo de vuelo asociado a alguna variable no controlada por el experimentador. Sin embargo, nuevamente no se logró capturar ejemplares de esta especie y otras filogenéticamente cercanas (e.g. *R. pictipes*) al colocar trampas de luz en la cercanías de palmeras infestadas de estos triatominos.

ALCANCE Y RELEVANCIA DE ESTE TRABAJO

Los resultados presentados en esta Tesis de Doctorado aportan información útil en relación a varios aspectos y hábitos concernientes a la biología de las vinchucas. En primer lugar, contribuyendo al conocimiento actual de la fisiología



del comportamiento de termo- e higropreferencia, incluyendo el estudio de diferencias interespecíficas y el efecto del estado nutricional de estos insectos sobre la preferencia por permanecer en sitios con ciertas condiciones *microclimáticas*. En este sentido, este es el primer trabajo que compara simultáneamente el comportamiento de preferencia térmica e hídrica de cuatro especies de triatominos, hecho que nos permitió analizar las distintas estrategias de termo- e higropreferencia entre ellas, y de este manera poder comprender de manera mas precisa el comportamiento natural de selección de hábitat por parte de las distintas especies de vinchucas.

Segundo, pero no menos importante, los datos descriptivos sobre la dinámica microclimática de los refugios de las distintas especies de triatominos estudiadas volcados en este trabajo, constituyen una fuente de conocimiento, que puede ser utilizada como referencia al momento de realizar diferentes tipos de experimentos y estudios, ya sean de investigación o de control y monitoreo de vinchucas, como ser el estudio de cualquier proceso fisiológico que dependa de la temperatura y/o la humedad, o la dependencia entre la efectividad de un insecticida y la temperatura.

Tercero, los datos de vuelo de triatominos aquí presentados, tanto de los experimentos realizados en el laboratorio como los del trabajo realizado con trampas de luz en el campo, contribuyen al entendimiento global del comportamiento dual de las vinchucas frente a la luz. A partir de la información provista en esta Tesis se demostró que, además del ya bien caracterizado comportamiento fototáctico negativo que presentan estos insectos, existe una atracción hacia fuentes de luz tenues, ya sea proveniente de una luz blanca de



linterna, un tubo fluorescente o de una lámpara de UV, al menos en el entorno del comportamiento de vuelo. Los experimentos realizados en las carpas de vuelo constituyen el primer estudio de orientación en vuelo en insectos triatominos, en respuesta a un estímulo luminoso. Estos resultados abren innumerables líneas de investigación que incluyen el estudio de las respuestas evocadas por luces de distintas longitudes de onda y/o distintas intensidades, un análisis comparativo entre varias especies de triatominos, incluyendo especies silvestres y domiciliadas, el estudio de la actividad de vuelo evocada por las distintas tipos de luces, entre muchas otras posibilidades. Además, estos datos pueden ser de gran interés al momento de diseñar herramientas de control y monitoreo de triatominos, así también como para evitar que triatominos en vuelo se acerquen a las viviendas humanas utilizando claves de fácil localización a larga distancia como una luz.

Por último, al estudiar la dinámica de los *macro-* y *microambientes* simultáneamente, se comprobó que tanto la temperatura como la humedad relativa en el interior de los refugios, se comportan de manera diferente del ambiente local. De esta manera, podríamos encontrar en dos regiones completamente distintas en cuanto a *macroclima*, refugios que, por ser de materiales distintos o por encontrarse en el interior de distintas construcciones por parte del hospedador, posean una dinámica *microclimática* muy similar, permitiendo que una misma especie de vinchucas pueda habitar zonas de *macroclimas* bastante distintos. Inversamente, una misma región con un *macroclima* característico podría albergar un gran número de especies de vinchucas, ya que los distintos tipos de refugios disponibles podrían ofrecer una considerable variedad de *microclimas*.



- **Barrozo R.B., Lazzari C.R.** (2004). The response of the blood-sucking bug *Triatoma infestans* to carbon dioxide and other host odours. *Chemical Senses* 29, 319-329.
- **Barrozo R.B., Manrique G., Lazzari C.R.** (2003). The role of water vapour in the orientation behaviour of the blood-sucking bug *Triatoma infestans* (Hemiptera, Reduviidae). *Journal of Insect Physiology* 49, 315-321.
- **Barrozo R.B., Minoli S.A., Lazzari C.R.** (2004). Circadian rhythm of behavioural responsiveness to carbon dioxide in the blood-sucking bug *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae). *Journal of Insect Physiology* 50, 249-254.
- **Carcavallo R.U., Curto de Casas S.I., Galíndez Girón I., Jurberg J., Mena Segura C.A.** (1995). Geographical distribution and alti-latitudinal dispersion of genera and species of the tribes Alberproseniini, Bolboderini and Cavemicolini (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Entomología y Vectores* 2, 127-144.



- **Carcavallo R.U., Curto de Casas S.I., Sherlock I.S., Galvão, Galíndez Girón I., Jurberg J., Galvao C., Mena Segura C.A., Noireau F.** (1999). Geographical distribution and alti-latitudinal dispersion. En: *Atlas of Chagas' disease vectors in the Americas*, Vol. III, Capítulo 17. (eds. R.U. Carcavallo, I. Galíndez Girón, J. Jurberg, H. Lent), pp 747-792. Editora Fiocruz-Rio de Janeiro.

- **Carcavallo R.U., Franca Rodríguez M.E., Salvatella R., Curto de Casas S.I., Sherlock I.S., Galvão C., Da Silva Rocha D., Galíndez Girón I., Otero Arocha M.A., Martínez A., Da Rosa J.A, Canale D.M., Farr T.H., Barata J.M.** (1998). Habitats and related fauna. En: *Atlas of Chagas' disease vectors in the Americas*, Vol. II, Capítulo. 14, parte A. (eds. R.U. Carcavallo, I. Galíndez Girón, J. Jurberg, H. Lent), pp 561-600. Editora Fiocruz-Rio de Janeiro.

- **Curto de Casas S.I.** (1983). Análisis geográfico de la endemia Chagas. Indicadores climáticos. *Chagas* 1 (1), 73-79.

- **Curto de Casas S.I., Carcavallo R.U.** (1984). Límites del triatomismo en la Argentina. I Patagonia. *Chagas* 1 (4), 35-40.



- **Curto de Casas S.I., Carcavallo R.U., Galíndez Girón I., Burgos J.J.** (1999). Bioclimatic factors and zones of life. En: *Atlas of Chagas' disease vectors in the Americas*, Vol. III, Capítulo 18. (eds. R.U. Carcavallo, I. Galíndez Girón, J. Jurberg, H. Lent), pp 793-838. Editora Fiocruz-Rio de Janeiro.
- **Curto de Casas S.I., Carcavallo R.U., Galíndez Girón I., Jurberg J., Mena Segura C.A.** (1996). Geographical distribution and alti-latitudinal dispersion of species of *Panstrongylus* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Entomología y Vectores* 3, 43-58.
- **Curto de Casas S.I., Carcavallo R.U., Mena Segura C.A., Galíndez Girón I., Burgos J.J.** (1994). Bioclimatic factors of triatominae distribution. Useful techniques for studies on climatic change. *Entomología y Vectores* 1 (2), 51-67.
- **Flores G. B., Lazzari C. R.** (1996). The role of the antennae in *Triatoma infestans*: orientation towards thermal sources. *Journal of Insect Physiology* 42, 344-440.
- **Galíndez Girón I., Carcavallo R.U., Curto de Casas S.I., Jurberg J., Mena Segura C.A.** (1996). Geographical distribution and alti-latitudinal dispersion of the tribe Rhodniini (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Entomología y Vectores* 3, 3-20.



- **Galvao C., Jurberg J., Carcavallo R.U., Mena Segura C.A., Galíndez Girón I., Curto de Casas S.I.** (1998). Distribucao geográfica e dispersao altitudinal de alguns géneros e espécies da tribo Triatomini Jeannel, 1919 (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 93, 33-37.
- **Gorla D.E.** (1992). Population dynamics and control of *Triatoma infestans*. *Medical and Veterinary Entomology* 6, 91-97.
- **Gorla D.E.** (2001). Análisis de la distribución geográfica de *Triatominae* a escala continental en base a información de variables ambientales. *UNLAR Ciencia* 2 (1), 2-8.
- **Gorla D.E.** (2002). Variables ambientales registradas por sensores remotos como indicadores de la distribución geográfica de *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae). *Ecología Austral* 12, 117-127.
- **Gorla D.E., Catalá S. S., Grilli M. P.** (1997). Efecto de la temperatura sobre la distribución de *Triatoma infestans* y el riesgo de transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas en Argentina. *Acta Toxicológica Argentina* 5 (1), 36-39.



- **Gorla D.E., Schofield C.J.** (1989). Population dynamics of *Triatoma infestans* under natural climatic conditions in the Argentine Chaco. *Medical and Veterinary Entomology* 3, 179-194.
- **Guarneri A.A., Lazzari C.R., Diotaiuti L., Lorenzo M.G.** (2002). The effect of relative humidity on the behaviour and development of *Triatoma brasiliensis* (Hemiptera, Reduviidae). *Physiological Entomology* 27, 142-147.
- **Guarneri A.A., Schilman P., Pires H., Diotaiuti L., Lazzari C.R., Lorenzo M.G.** (1998). Thermopreference to stay and to lay eggs in *Triatoma brasiliensis*. XXV Reuniao Anual de Pesquisa Básica em Doença de Chagas. 11-13/11/98, Caxambú, M. G., Brasil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 93 Suppl. II, 353.
- **Guerenstein P.G., Guerin P.M.** (2001). Olfactory and behavioural responses of the blood-sucking bug *Triatoma infestans* to odours of vertebrate hosts. *The Journal of Experimental Biology* 204, 587-597.
- **Jurberg J., Galvao C., Galíndez Girón I., Carcavallo R.U., Mena Segura C.A., Curto de Casas S.I.** (1996). Distribución geográfica y dispersión alti-latitudinal de las especies de género *Triatoma* Laporte, 1832 de Norte América, América Central y el Caribe. *Entomología y Vectores* 3, 87-117.



- **Lazzari C.R.** (1991). Temperature preference in *Triatoma infestans*. *Bulletin of Entomological Research* 81, 273-276.
- **Lazzari C.R.** (1992). Circadian organization of locomotion activity in the haematophagous bug *Triatoma infestans*. *Journal of Insect Physiology* 38, 895-903.
- **Lazzari C.R., Núñez J.** (1989). The response to radiant heat and the estimation of the temperature of distant sources in *Triatoma infestans*. *Journal of Insect Physiology* 35 (6), 525-529.
- **Lazzari C.R., Reisenman C.E., Insausti T.C.** (1998). The role of the ocelli in the phototactic behaviour of the haematophagous bug *Triatoma infestans*. *Journal of Insect Physiology* 44, 1159-1162.
- **Lehane M.J., McEwen P.K., Whitaker C.J., Schofield C.J.** (1992). The role of temperature and nutritional status in flight initiation by *Triatoma infestans*. *Acta Tropica* 52, 27-38.
- **Lehane M.J., Schofield C.J.** (1982). Flight initiation in *Triatoma infestans* (Klug) (Hemiptera: Reduviidae). *Bulletin of Entomological Research* 72, 497-510.



- **Lent H., Wygodzinsky P.** (1979). A revision of the *triatominae* (Hemiptera: Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas' Disease. *Bulletin of American Museum of Natural History* 163, 1-520.

- **Lorenzo M.G., Lazzari C.R.** (1996). The spatial pattern of defecation in *Triatoma infestans* and the role of faeces as a chemical mark of the refuge. *Journal of Insect Physiology* 42(9), 903-907.

- **Lorenzo M.G., Lazzari C.R.** (1998). Activity pattern in relation to refuge exploitation and feeding in *Triatoma infestans*. *Acta Tropica* 70, 163-170.

- **Lorenzo Figueiras A.N., Kenigsten A., Lazzari C.R.** (1994). Aggregation in the haematophagous bug *Triatoma infestans*: chemical signals and temporal pattern. *Journal of Insect Physiology* 40(4), 311-316.

- **Mc Ewen P.K., Lehane M.J.** (1993). Factors influencing flight initiation in the triatomine bug *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae). *Insect Science and its Application* 14, 461-464.

- **McEwen P.K., Lehane M.J.** (1994). Relationships between flight initiation and oviposition in *Triatoma infestans* (Klug) (Hem., Reduviidae). *Journal of Applied Entomology* 117, 217-223.



- **McEwen P.K., Lehane M.J., Whitaker C.J.** (1993). The effect of adult population density on flight initiation in *Triatoma infestans* (Klug) (Hem., Reduviidae). *Journal of Applied Entomology* 116, 321-325.

- **Minoli S.A., Lazzari C.R.** (2003). Chronobiological basis of thermopreference in the haematophagous bug *Triatoma infestans*. *Journal of Insect Physiology* 49, 927-932.

- **Noireau F., Dujardin J.P.** (2001). Flight and nutritional status of sylvatic *Triatoma sordida* and *Triatoma guasayana*. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 96(3), 385-389.

- **Núñez J.A.** (1982). Food source orientation and activity in *Rhodnius prolixus* Stål (Hemiptera: Reduviidae). *Bulletin of Entomological Research* 72, 253-262.

- **OMS (Organización Mundial de la Salud)/WHO (World Health Organization)** (2000). *Weekly epidemiological record* 76, 9-16.

- **Pinto Dias J.C.** (1995). Prioridades de pesquisa no controle da doença de Chagas. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 28 (Suppl. III), 23-26.



- **Pires H.H.R., Lazzari C.R., Schilman P.E., Diotaiuti L., Lorenzo M.G.** (2002). Dynamics of thermopreference in the Chagas disease vector *Panstrongylus megistus* (Hemiptera, Reduviidae). *Journal of Medical Entomology* 39 (5), 716-719.

- **Porter S., Tschinkel W.** (1993). Fire ant thermal preferences: behavioural control of growth and metabolism. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 32, 321-329.

- **Reisenman C.E., Lazzari C.R.** (1996). The phototactic response of *Triatoma infestans*. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 91, Suppl. 156.

- **Reisenman C.E., Lazzari C.R., Giurfa, M.** (1998). Circadian control of photonegative sensitivity in the haematophagous bug *Triatoma infestans*. *Journal of Comparative Physiology A* 183, 533-541.

- **Roca M.J., Lazzari C.R.** (1994). Effects of relative humidity on the haematophagous bug *Triatoma infestans*: hygropreference and eclosion success. *Journal of Insect Physiology* 40(10), 901-907.

- **Schilman P.E., Lazzari C.J.** (2004). Temperature preference in *Rhodnius prolixus*, effects and possible consequences. *Acta Tropica* 90, 115-122.



- **Schweigmann N., Vallvé S., Muscio O., Guillini M., Alberti A., Wisnivesky-Colli C.** (1988). Dispersal flight by *Triatoma infestans* in an arid area of Argentina. *Medical and Veterinary Entomology* 6: 51-56.
- **Silveira A.C., Feitosa V.R., Borges R.** (1984). Distribuição de triatomíneos capturados no ambiente domiciliar, no período 1975/83, Brasil. *Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais* 36, 15-312.
- **Tonn R.J., Espinola H., Mora E., Jiménez J.E.** (1978). Trampa de luz negra como método de captura nocturna de triatomíneos en Venezuela. *Bol Dir Malariol San Amb* 18, 25-30.
- **Unwin D.M.** (1980). *Microclimate measurements for ecologists*. Ed: Academic Press Inc. Ltd., London, Great Britain. pp: 97.
- **Vazquez-Prokopec G.** (2003). *Dispersión activa de Triatoma infestans en dos comunidades rurales del noroeste argentino*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- **Vazquez-Prokopec G., Ceballos L.A., Cecere M.C., Gürtler R.E.** (2002). Seasonal variations of microclimatic conditions in domestic and peridomestic habitats of *Triatoma infestans* in rural northwest Argentina. *Acta Tropica* 84, 229-238.



- **Wiesinger D.** (1956). Die Bedeutung der Umweltfaktoren für den Saugakt von *Triatoma infestans*. *Acta Tropica* 13, 97-141.

- **Wigglesworth V. B.** (1941). The sensory physiology of the human louse *Pediculus humanus corporis* de Geer (Anoplura). *Parasitology* 33. 67-109.

- **Zar J.H.** (1984). *Biostatistical analysis*. 2nd edn, Prentice-Hall International Editions, London.

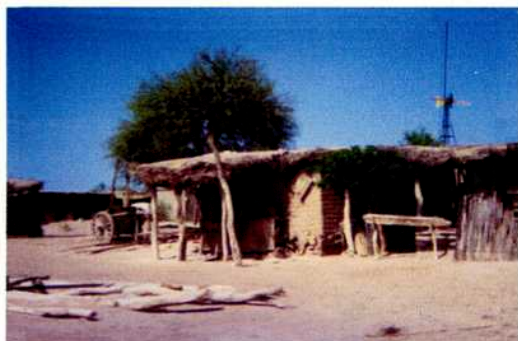
- **Zeledón R.** (1974). *Los vectores de la enfermedad de Chagas en America*. An Simp Intern Doença de Chagas, Buenos Aires, 327-345.

- **Zeledón R.** (1983). Vectores de la enfermedad de Chagas y sus características ecofisiológicas. *Interciencia* 8, 384-96.

- **Zeledón R., Rabinovich J.E.** (1981). Chagas disease: an ecological appraisal with special emphasis on its insect vectors. *Annual Review of Entomology* 26, 101-133.



Foto original utilizada en tapa y carátulas, tomada en J. J. Castelli, provincia de Chaco, República Argentina. Modificaciones realizadas con Corel PHOTO-PAINT 10.



*He hecho esta carta más larga de lo usual porque
no tuve tiempo para hacer una más corta.
B. Pascal*