

TERMOMETRIA INFRARROJA EN SELECCION DE GENOTIPOS DE FRIJOL
(*Phaseolus vulgaris* L.) RESISTENTES A LA SEQUIA. I. BASES FISIOLOGICAS¹ /

G BASCUR*
M A. OLIVA**
D. LAING***

Summary

*It was evaluated if the index of drought determined by means of canopy temperature with an infrared thermometer represents the water level of the plant with the purpose to develop a screening method for the identification of water stress tolerant bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. It was determined a good correlation between the index of drought and the physiological parameters, leaf water potential and stomatal resistance. These data showed that the method of infrared thermometry may be used as an index of water level for identifying, under field conditions, bean cultivars with drought resistance.*

Introducción

Existen diversos métodos para determinar el estado hídrico interno de la planta (12). Sin embargo, la mayoría son poco adecuados para condiciones de campo, ya que las técnicas más comunes requieren de un tiempo de equilibrio, que no permite hacer un gran número de mediciones sin alterar el estado hídrico de la planta. La termometría infrarroja permite estimar el estado hídrico del cultivo por medio de los cambios en el balance térmico de las hojas. Mediante termometría infrarroja se puede medir la temperatura de copa de las plantas en forma exacta y rápida (5, 7). La técnica está siendo usada en la

actualidad para estimar las condiciones hídricas en frijol (6, 9). Sin embargo, todavía no son muy conocidas las relaciones que existen entre la temperatura de copa, potencial hídrico y resistencia estomática para frijol durante un período de deficiencia hídrica. Este trabajo se propone estudiar estas relaciones.

Materiales y métodos

El experimento fue realizado en el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT (Lat.: 3° 30' N, Long: 76° 22' W, Alt.: 965 msnm) Palmira, Colombia durante los meses de junio a setiembre de 1980, período correspondiente a la época de sequía.

Se estudió el comportamiento de doce cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), cuya siembra se hizo diferida y programada para que todas las variedades tuvieran la floración en la misma época. El diseño experimental correspondió a un bloque dividido constituido por los doce cultivares con y sin irrigación. El tamaño de la parcela fue de 3.5 por 4.0 m con una densidad poblacional de 25 plantas por m². Todas las parcelas fueron regadas hasta el inicio de la floración mediante el método por surco y con un intervalo de cuatro días. Después de este período, sólo la mitad de las parcelas continuaron recibiendo riego con la misma frecuencia hasta su madurez fisiológica.

La sequía se indujo seis días antes del período de floración. Durante el período de sequía, a cinco horas

- ¹ Recibido para publicación el 5 de abril de 1984.
El autor principal agradece al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) la colaboración y financiamiento para la realización de este trabajo. Parte de la Tesis presentada por el autor principal para optar al grado de M.Sc. en Fisiología Vegetal, a la Universidad Federal de Viçosa, Brasil.
- * Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Casilla 5447, Santiago, Chile.
- ** Dirección Recursos Naturales, Departamento Biología Vegetal Universidad Federal de Viçosa, 36 570 Viçosa, Brasil.
- *** Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

del día: 06, 09, 12, 15 y 17 horas en plantas tomadas al azar, se evaluaron los parámetros que a continuación se explican.

Potencial hídrico de la hoja (ψ h): se determinó con una bomba de presión (2, 11, 12) durante 13 días del período de sequía en la parte apical de la planta (arriba de la tercera hoja verdadera).

Resistencia estomática abaxial (R_s): se midió con un parámetro de difusión con sensor horizontal (8, 10, 14), durante 11 días del período de sequía en un folíolo de la segunda hoja verdadera completamente expuesta a la luz.

Temperatura de copa (t_c °C): se midió con un termómetro infrarrojo durante 16 días del período de sequía conforme a lo descrito por Fuchs y Tanner (4), Fuchs *et al.* (5), Hatfield (6) y Kretchmer *et al.* (9).

Basados en las mediciones, se calcularon los siguientes índices:

Índice de sequía total (I.S. total): corresponde a la sumatoria del diferencial de la t_c °C entre el tratamiento con y sin irrigación en todos los horarios y días (I.S. total = $\sum \Delta t_c$ °C desde $n = 1^\circ$ día a $n = 16^\circ$ día de medición). Como las mediciones fueron efectuadas en cinco horarios del día, se puede conocer el índice de sequía por hora de medición (I.S. hora = $(\sum \Delta t_c$ °C) hora desde $n = 1^\circ$ día a $n = 16^\circ$ día).

Porcentaje de reducción de rendimiento: mide en qué proporción disminuyó la producción de semillas por efecto de la sequía con base en el peso promedio de los granos con el 14% de humedad.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se observa la variación media diaria de la R_s abaxial al mediodía, en los cultivares "Bayos Titán" y "Negro Argel", escogidos por haber presentado grandes diferencias durante todo el período de sequía. La sensibilidad estomática al déficit hídrico fue mayor en el cultivar "Bayos Titán", específicamente a partir del 11° día del período de sequía, cuando alcanzó 20 s. cm⁻¹, aproximadamente.

El aumento de R_s produjo como consecuencia aumentos en la t_c °C por alteración del proceso de enfriamiento de la planta. Este efecto se visualiza mejor cuando se estudian los valores I.S. total, durante el período de falta de agua (Cuadro 1). Estos valores muestran que los I.S. total mayores fueron obtenidos al mediodía y los más bajos, en los horarios de las 06 y 17 horas. Los valores más altos correspondieron a los

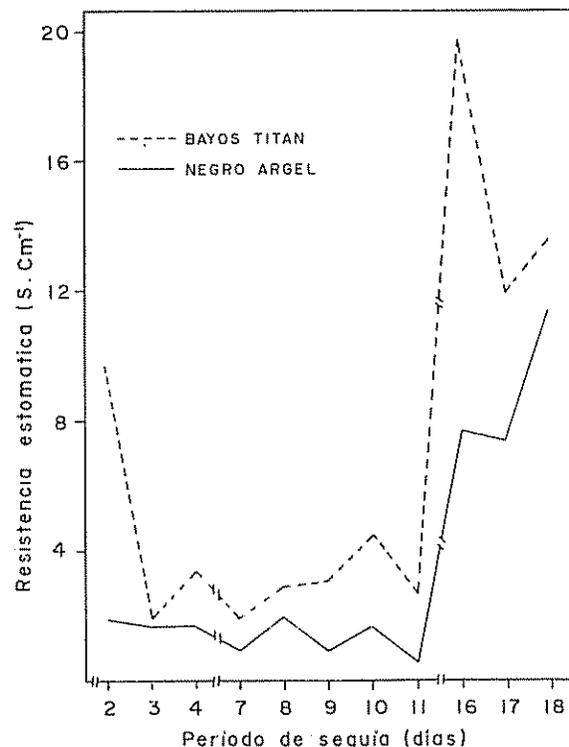


Fig 1 Variación diaria de la resistencia estomática abaxial al mediodía durante el período de sequía, en las variedades "Bayos Titán" y "Negro Argel".

cultivares "Bayos Titán", "BAT-240" y "Hallados Pinto 114" y los más bajos a "BAT-44", "Cristal-Bayo", "Negro Argel" y "Nep 2".

Una mayor R_s produce un aumento en la t_c °C, la que aumenta rápidamente desde la mañana hasta el mediodía. Entre ambos factores se establece una relación lineal presentada en la Figura 2A. El efecto del déficit hídrico se manifiesta en este período, cuando los estomas comienzan a cerrarse después de que la hoja alcanza cierto valor de ψ h. Este efecto estuvo acompañado por un posterior aumento de la t_c °C. La relación entre I.S. total y ψ h (Figura 2B) no mostró una relación lineal como los obtenidos en experimentos preliminares realizados por CIAT (3). La relación I.S. total y R_s se mostró idéntica.

Utilizando el I.S. total como parámetro para clasificar el comportamiento de los cultivares al déficit hídrico, se obtiene una distribución de ellos con base en la $\sum \Delta t_c$ °C y ψ h, de acuerdo a lo presentado en la Figura 3A. En ella los genotipos son distribuidos en 4 cuadrantes, de los cuales los más importantes son los formados por un bajo I.S. total y alto ψ h (I), y alto I.S. total y bajo ψ h (III). Sin embargo, como ψ h representa un estado energético del agua

Cuadro I. Índice de sequía total e índice de sequía por hora para doce cultivares de frijol.

Cultivar	INDICE DE SEQUIA (°C)					Total
	HORA					
	6	9	12	15	17	
BAT-18	3.8	34.3	56.6	55.6	15.8	166.2
BAT-44	1.4	19.3	37.3	30.3	9.8	98.2
BAT-79	2.8	33.5	66.3	59.0	19.5	181.1
BAT-240	4.3	46.3	84.9	74.7	23.3	233.6
C C G B -44	2.5	19.5	47.8	41.5	11.5	122.8
Bico de Ouro	3.5	38.3	72.9	61.2	21.8	197.7
NEP-2	4.3	24.7	56.6	45.0	12.7	143.3
Orfeo-Inia	4.1	32.4	75.9	58.9	18.4	189.7
Negro Argel	3.1	27.8	54.0	45.8	15.6	146.3
Hallados Pinto 114	4.0	43.7	73.2	61.4	21.2	203.5
Bayos Titán	5.3	49.1	82.3	76.2	24.7	238.5
Cristal Bayo	2.5	23.8	48.0	41.3	15.1	130.7

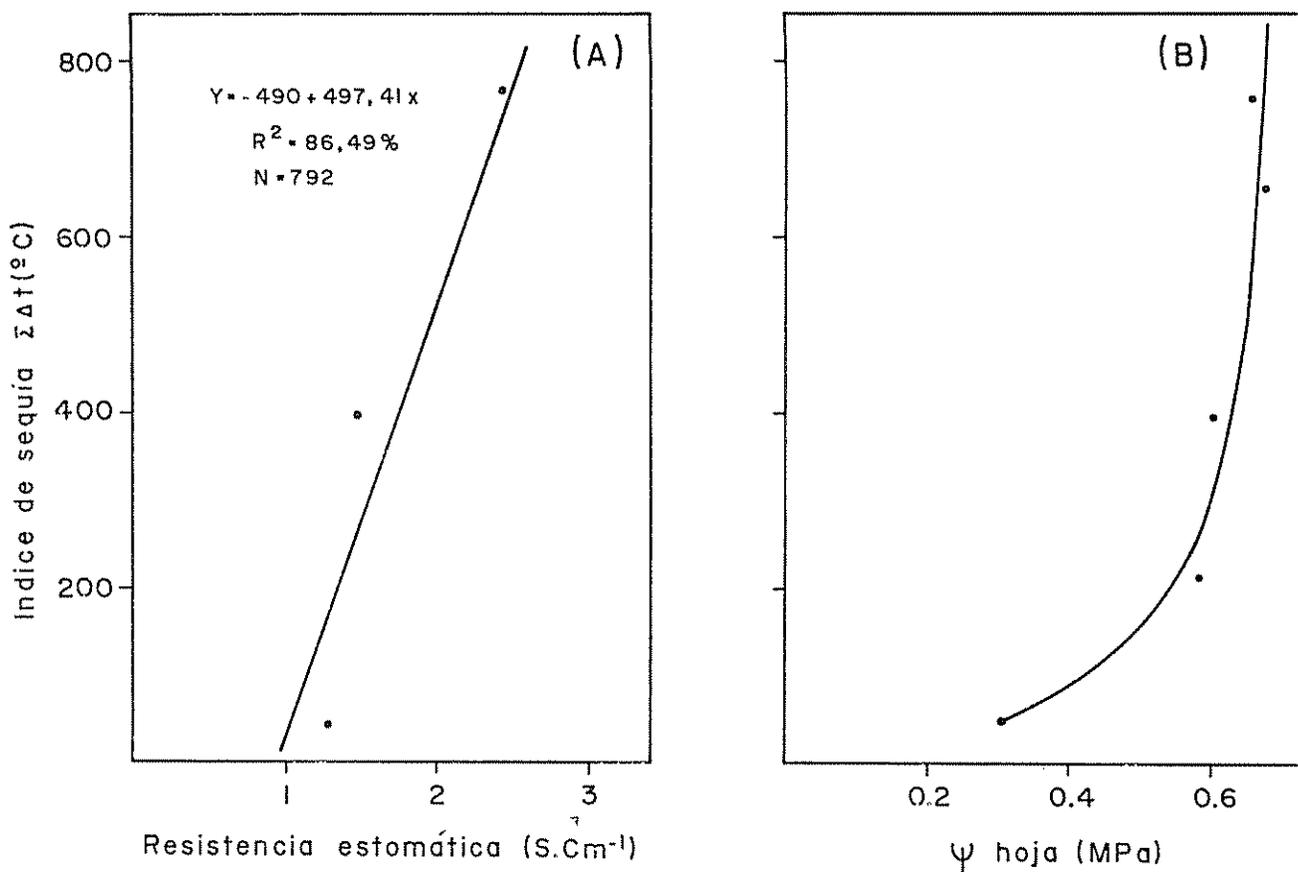


Fig 2 Relación entre el índice de sequía y (A) resistencia estomática abaxial promedio en los tres primeros horarios del día, y (B) el potencial hídrico de la hoja promedio de cinco horas del día durante el período de sequía en doce variedades de frijol

en la planta, y además es un parámetro muy variable, esta relación por sí sola no permite clasificar a los genotipos bajo condición de sequía. Como la R_s depende del déficit hídrico y consecuentemente provoca variaciones en la t_c °C, la relación entre I. S. total y $\Sigma \Delta R_s$ representa mejor el comportamiento de los genotipos en condiciones de sequía.

Esta relación se presenta en la Figura 3B, donde se observa un aumento en el I.S. total a medida que la diferencia de R_s entre el genotipo con y sin riego es mayor, con un r de 0.88 (significativo $P \leq 0.01$). En esta figura, los cultivares localizados en el cuadrante I presentaron la menor R_s y T_c °C (Negro Argel, Nep-2, BAT-44 y C.C.G. B-44) hecho que demuestra que el proceso de refrigeración no fue alterado siendo estos cultivares poco afectados por el déficit hídrico. Por el contrario, en el cuadrante III se ubican los cultivares que durante el período de sequía tuvieron valores mayores para estos dos parámetros, evidenciando que el proceso de enfriamiento de la hoja fue fuertemente influido por la sequía.

Finalmente, como el rendimiento es la expresión final de la interacción de los parámetros mencionados, en la Figura 3C se presenta la distribución de los genotipos según el I.S. total y la reducción del rendimiento. Al igual que en el caso anterior los cuadrantes I y III formados por los más bajos y altos valores de cada parámetro respectivamente, son los más importantes.

En el cuadrante I aparecen los cultivares Negro Argel, Nep-2, BAT-18 y C.C.G. B-44 los cuales presentaron un bajo I.S. total y un bajo porcentaje de

reducción de rendimiento, situación que indica que agrónomicamente fueron muy pocos afectados por el déficit hídrico.

Este hecho es concordante con los resultados del estudio de los parámetros de crecimiento que se hizo para los mismos cultivares (1), determinándose que los genotipos ubicados en los cuadrantes I, II y IV no presentaron diferencia entre el tratamiento irrigado y no irrigado, especialmente en el índice y duración del área foliar, dependiendo su ubicación solamente de la distribución de la materia seca y de la reducción de rendimiento.

Se concluye que los resultados y relaciones obtenidas para los parámetros fisiológicos muestran que el I.S. total puede ser usado para seleccionar cultivares o genotipos bajo condiciones de déficit hídrico.

Además si se considera la rapidez con que se aplica el método y la ventaja de que el termómetro infrarrojo no necesita estar en contacto con la hoja, se tiene un método simple y confiable para estimar el estado hídrico interno de la planta. Por lo tanto el método es eficaz para seleccionar, bajo condiciones de campo, una gran cantidad de cultivares o genotipos de frijol resistentes a la sequía.

Resumen

El presente trabajo tuvo como propósito evaluar si el índice de sequía, estimado por la medición de la temperatura de la copa con un termómetro infrarrojo,

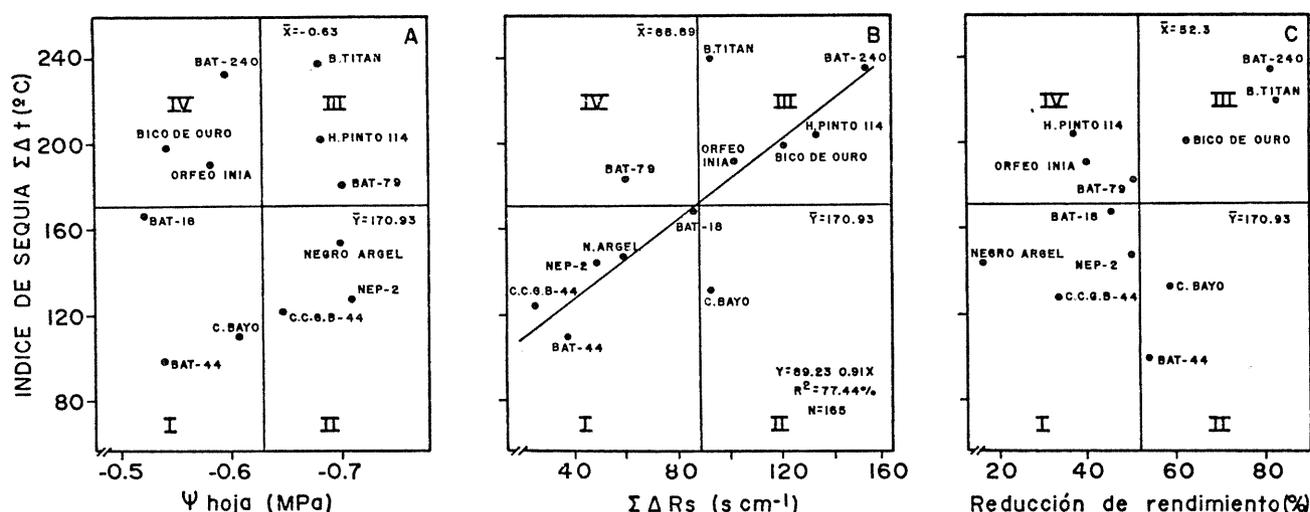


Fig. 3. Relación entre el índice de sequía, y (A) potencial hídrico de la hoja, (B) sumatoria del diferencial de resistencia estomática y (C) porcentaje de reducción de rendimiento, en doce variedades del frijol sometidas a sequía.

representa las condiciones hídricas de la planta y si puede ser usado en condiciones de campo como un método simple y rápido para seleccionar cultivares de frijoles resistentes a sequía.

Literatura citada

1. BASCUR, G., OLIVA, M. A., LAING, D. R. Uso de termometría infrarroja en selección de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a sequía. In IX Reunión de la Sociedad Latinoamericana de Fisiología Vegetal. Resumos Viçosa, MG., Brasil, 1983. 25 p.
2. BOYER, J. S., GHORASHY, S. R. Rapid measurement of leaf water potential in soybean. *Agronomy Journal* 63:344-345. 1971.
3. CIAT. Annual report of bean program. Cali, Colombia, 1978. 75 p.
4. FUCHS, M. and TANNER, C. B. Infrared thermometry of vegetation. *Agronomy Journal* 58:597-601. 1966.
5. FUCHS, M., KANEMASU, E. T., KERR, J. P., TANNER, C. B. Effect of viewing angle on canopy temperature measurement with infrared thermometers. *Agronomy Journal* 59:494-496. 1967.
6. HATFIELD, J. L. Canopy temperatures: the usefulness and reliability of remote measurements. *Agronomy Journal* 71:889-892. 1979.
7. IDSO, S. B., JACKSON, R. D., REGINATO, R. J. Remote sensing of crop yield. *Science* 196:19-25. 1977.
8. KANEMASU, E. T., THURTELL, G. W., TANNER, C. B. Densing, calibration and field use of stomatal diffusion porometer. *Plant Physiology* 44:881-885. 1969.
9. KRETCHMER, P. J., LAING, D. R., ZULUAGA, S. Uso del termómetro infrarrojo para selección por tolerancia a sequía en *Phaseolus vulgaris* L. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 1980. 10 p.
10. MORROW, P. A. and SLATYER, R. O. Leaf temperature effects on measurements of diffusive resistance to water vapor transfer. *Plant Physiology* 47:559-561. 1971.
11. RITCHIE, G. A. and HINCKLY, J. M. The pressure chamber as an instrument for ecological research. *Advances in Ecological Research* 9:165-254. 1975.
12. SCHOLANDER, P. F., HAMMEL, H. T., BRADSTREET, E. D., HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148:339. 1965.
13. SLAVIK, B. Methods of studying plant water relation. Bulin, Springer Verlag. 1974. 449 p.
14. WALLIHAN, E. F. Modification and use of an electric hygrometer for estimation relative stomatal apertures. *Plant Physiology* 39:86. 1964.

Notas y comentarios

Predadores camuflados engañan a comejenes en Costa Rica

Muchos de los chinches predadores de la familia Reduviidae chupan la hemolinfa de otros insectos, y sus técnicas son directas. Capturan sus presas, ya sea por persecución o emboscada, y les inyectan rápidamente un agente paralizante, administrado con la aguja hipodérmica que tienen como boca. Una vez que su presa está inmovilizada, los chinches usan el mismo pico punzante para sorber los jugos vitales (hemolinfa) de su ahora quieto plato fuerte.

Para la mayoría de los chinches predadores, este método de captura, sometimiento y almuerzo es suficiente y exitoso, pero unas pocas especies usan un método más sutil en su cacería, el arte del camuflaje. Estos hemípteros predadores pegan pedazos de detritus a sus exoesqueletos, produciendo lo que debe ser un disfraz convincente. Escondidos debajo de su pila móvil de basura, estos predadores simplemente esperan que un insecto se acerque bastante, y entonces se le van encima. El camuflaje de por lo menos una especie de reduvidos, *Salyavata variegata*, funciona, sin embargo, de una manera muy distinta. Este predador agrega una interesante variante a su cacería . . . usa el esqueleto vacío de su víctima para atraer a su próxima presa a su destino final.

Esta extraña conducta fue observada en Costa Rica por Elizabeth A. McMahan, de la Universidad de Carolina del Norte (*Insectes Sociaux*, vol. 29, p. 346) mientras estudiaba los métodos de reparación de sus nidos empleados por el comején *Naustitermes corniger*. Estos termitas, o comejenes como se les llama en México, Centroamérica y el Caribe hispano, viven entre las ramas de los árboles, construyendo sus nidos con una especie de pergamino que ellos mismos elaboran. Cuando la pared del nido

cónico es dañada, los obreros de la colonia corren al lugar a efectuar reparaciones, mientras que los soldados guardan las aberturas, listos para rechazar a los posibles intrusos.

En el curso de sus observaciones, McMahan notó ninfas de los chinches predadores agazapadas cerca de las aberturas del nido. Estas ninfas estaban cubiertas por una costra espesa de pergamino, arreglada como disfraz por los insectos, con pedacitos sueltos del material de las paredes del nido, y los comejenes soldados que guardaban el nido aparentemente no notaban ningún peligro. Cuando la oportunidad se presentaba, las ninfas comejenes capturaban un termita obrero y se lo comían. Después de que el chinche enmascarado había terminado con su primer comején, regresaba a la abertura y dejaba al cadáver colgando dentro del nido. Como los comejenes juiciosamente reciclan los cuerpos de sus camaradas muertos, la "carnada" de los chinches predadores atraía inmediatamente la atención de los comejenes obreros, mientras éstos trataban de meter la cáscara vacía dentro del nido, el chinche jalaba suavemente su pesca, descartando la carnada, y devorando una segunda víctima. Este proceso era repetido varias veces, usando como carnada lo que quedaba de su comida más reciente, hasta que el predador se saciaba de tanto comer.

Los soldados de la colonia de termitas se daban cuenta de que algo no marchaba bien, pero no eran capaces de localizar el origen de la molestia, entre otras cosas porque los termitas son ciegos. Cuando desaparecía un obrero, los soldados ocasionalmente corrían fuera de la abertura del nido, pero no eran capaces de reconocer al chinche predador como intruso. ¿Cómo funciona el camuflaje contra un enemigo que no ve? Aunque el disfraz obviamente no es una defensa visual, probablemente sirve como un subterfugio táctil y olfatorio. McMahan informa haber visto termitas soldados y obreros caminar sobre los predadores disfrazados y especula que los chinches camuflados deben haber tenido el olor, el sabor y la textura de las partes exteriores del nido de comejenes. Adalberto Gorbitz.