NOTAS BOTANICAS

UN APARATO SENCILLO PARA MEDIR LA DUREZA DEL FOLLAJE EN ESTUDIOS DE HERBIVORIA

INTRODUCCION

Una fase inicial en los estudios de interacciones entre herbívoros y plantas (i.e. herbivoría) es la determinación de las características del follaje, que si no son determinantes, por lo menos muestran correlación con las preferencias alimenticias de los herbívoros. Características químicas del follaje como los metabolitos secundarios de defensa (Rosenthal & Janzen, 1979) han sido demostradas como elementos cruciales de tales preferencias (e. g. Dirzo & Harper, 1982; Jones, 1962). Además de éstas, existen características físicas del follaje que pueden jugar un papel similar; por ejemplo los tricomas (Levin, 1976) y las espinas. Otra característica física que pudiera sugerirse como importante en este contexto, es la dureza o textura del follaje; evidencia en este sentido ha sido producida por investigadores que han realizado estudios con varios fitófagos. Dirzo (1980) investigó la aceptabilidad ($\approx$ palatabilidad) de 30 especies de angiospermas al molusco terrestre *Agriolimax caruanae* (Limacidae) y encontró que las plantas de textura suave, en promedio, resultaron ser más aceptables que las plantas de textura dura. El mismo autor reporta que para otros moluscos terrestres (tanto babosas como caracoles) investigados por varios ecólogos, se han obtenido resultados similares.

Comunmente la textura es reflejo de otras características directamente determinantes de la aceptabilidad del follaje. Por ejemplo, texturas más duras están correlacionadas con: i) bajos contenidos de agua (Cherrett, 1968), ii) acumulación de gránulos de sílice (Dirzo, no publicado) y iii) acumulación de taninos (Feeny, 1970).

No obstante la aparente importancia de la textura, pocos autores han intentado cuantificarla para así poder establecer formalmente sus posibles correlaciones con la aceptabilidad del follaje. En esta nota reportamos el diseño de un aparato sencillo para medir la dureza relativa del follaje de plantas dentro de un cierto rango, y presentamos algunos datos que muestran su potencial de aplicación

EL APARATO

Antecedentes

Existen algunos aparatos que habiendo sido diseñados para fines muy distintos, podrían sin embargo usarse para medir la dureza de las hojas; por ejemplo, existen

aparatos empleados en trabajos artísticos para medir la resistencia del papel al razgado. Entre las principales limitaciones de estos aparatos se encuentran su costo, dificultad de manejo y de transporte.

Cherrett (1968), ha elaborado otro aparato más sencillo específicamente diseñado para medir la dureza de hojas en estudios de herbivoría. Este aparato mide la resistencia a la penetración de una hoja, por medio de una aguja metálica. La presión de la aguja sobre la hoja, es incrementada por un resorte, y la dureza (resistencia a la penetración) se cuantifica por el número de mm de resorte extendido que ejerce la presión necesaria para romper la hoja.

El aparato presentado aquí también se basa en la resistencia a la penetración de la hoja pero es de construcción y manipulación más sencillas; es totalmente portátil y se produce a muy bajo costo.

Descripción del Aparato (Fig. 1)

El aparato consistió de una plataforma octagonal (A) con cuatro lados alternos mayores (10 cm) y cuatro lados alternos menores (5 cm); sobre estos últimos se hicieron ranuras (B) de 1.5 cm de largo x 0.4 cm de ancho que sirven para acoplar las patas a la plataforma. Las patas (C) son rectángulos de 12 x 3 cm y tienen una ranura complementaria (D) por medio de la cual se acoplan a las ranuras de la plataforma. En el centro de la plataforma se colocó una placa cuadrada (E) de 4 x 4 cm; la placa descansa sobre el piso de la plataforma, adhiriéndose a ésta por uno de sus lados mediante una banda de tela adhesiva, que funciona como bisagra. El centro de la placa tiene un orificio cuadrado (F) de 1.5 x 1.5 cm que corresponde exactamente a un orificio hecho en la plataforma. Fragmentos de hoja, cuya dureza se quiere cuantificar (aprox. 4 x 4 cm), se colocan sobre la plataforma por debajo de la placa central, evitando así que el fragmento de hoja se combe.

Otro componente del aparato consiste de un prisma cuadrangular (G) de 7.5 x 4 cm, sin sus caras superior e inferior; una de las paredes del prisma está hecha de mica transparente para permitir la observación del interior del mismo. Este prisma se coloca sobre la placa central del aparato y sirve como guía de un recipiente en forma de caja (H) que se acopla exactamente al interior del prisma; la caja, que tiene una altura (3.6 cm) menor a la del prisma posee una lengüeta (I), que permite su manipulación para desplazarla a lo largo del mismo. Del piso de la caja se proyecta hacia abajo, un alfiler entomológico (J) cuya punta se hace descansar sobre la lámina de la hoja que se va a medir. Se agrega azúcar, u otro material, lenta y gradualmente al interior de la caja, hasta que el peso ejercido por la caja hace que la aguja atraviese la hoja. El peso requerido para que la aguja penetre la hoja (peso del azúcar + peso de la caja) se considera como un índice de la dureza de la hoja. La mica transparente del prisma permite observar que la aplicación del azúcar se hace de manera uniforme.

Para definir con precisión el momento en que la punta de la aguja penetra la hoja, se instaló un espejo bajo la plataforma del aparato (i.e. sobre la mesa de trabajo) con un ángulo de inclinación tal que refleje el área central de la plataforma por abajo. La observación de este proceso puede mejorarse con un sistema de iluminación

Figura 1. Representación esquemática del aparato. Las flechas indican la forma en que los diferentes componentes se acoplan (para detalles ver texto).

adicional (e.g. una lámpara de escritorio). A fin de poder medir un rango muy amplio de durezas, se pueden elaborar varias cajas (recipientes del azúcar) de diferente peso, lo cual se logra variando la altura de la caja (pero conservando constante el área basal).

Materiales

Para la construcción del aparato se utilizaron los siguientes materiales: cartulina rígida de 0.4 cm de grosor para la plataforma, las patas, la placa central y el prisma cuadrangular (exceptuando una de sus caras que fue hecha de mica). La placa se fijó a la plataforma por medio de cinta adhesiva de 1 cm de ancho. Las cajas o recipientes se hicieron con cartulina delgada, aplicando pegamento de contacto. Los alfileres de dichas cajas fueron de los utilizados en entomología. Para las observaciones de ruptura de la hoja se usó un pequeño espejo rectangular (de 7 x 10 cm) y una lámpara de escritorio con foco de luz blanca de 60 W; los pesos del azúcar fueron obtenidos con una balanza de precisión (décimas de gramo).

Aplicaciones del Aparato

El aparato fue utilizado para medir la dureza del follaje de 60 árboles tropicales, como parte de un estudio de herbivoría (Dirzo *et al.*, en prep.). La Fig. 2 muestra la distribución de frecuencias de clases de textura junto con su estadística básica. Como puede apreciarse, la distribución es sesgada y la clase modal (6.14-7.86) indica que la mayoría de las mediciones hechas con el aparato fueron de alrededor de 7 g. Por otra parte, el rango en la Fig. 2 muestra la sensibilidad del aparato; tal rango de sensibilidad se logró mediante el uso de dos cajas (ver Fig. 1.H) de diferente peso; para las especies con menor dureza se utilizó una caja muy ligera (3 g), mientras que para el follaje más duro se usó una caja de mayor capacidad y consecuentemente de mayor peso (8 g). La tabla 1 muestra los valores promedio de dureza para un número de especies ubicadas hacia los extremos detectados por este aparato. Junto con los valores promedio para cada especie, se da una indicación de la varianza y como puede verse, se lograron valores con relativamente poca dispersión siempre y cuando se evite deliberadamente hacer mediciones en, o muy cerca de nervaduras o de partes anómalas (e. g. necrosadas) del follaje.

Los datos obtenidos con el aparato se pueden usar para hacer diversos tratamientos analíticos y aquí proveemos dos ejemplos tentativos: i) Dado que se hicieron cuantificaciones del área foliar consumida por herbívoros (Dirzo *et al.*, en prep.) se puede explorar si la dureza muestra alguna correlación con la herbivoría. En la Fig. 3 (a) se muestra la textura promedio de un grupo de especies que tuvieron un muy alto índice de herbivoría (muy dañadas) y especies con un muy bajo índice de herbivoría (poco dañadas); como puede verse, las especies muy dañadas tienen una textura menor que las poco dañadas; sin embargo ésta diferencia no alcanza significación estadística ($P > 0.1$). Esta tendencia sugeriría la necesidad de explotar esta correlación con más detalle (e.g. con mayores tamaños de muestra). ii) En un contexto diferente, comparando la dureza promedio de especies que se establecen tempranamente en sitios abiertos (perturbados) de la selva (especies pioneras) contra especies

Figura 2. Distribución de frecuencias de clases de dureza para datos obtenidos de 60 especies de árboles tropicales. Junto al histograma se muestra la estadística básica de los datos.

TABLA 1. Ejemplo de especies analizadas cuyos valores de dureza se encuentran hacia los extremos detectados (los valores son promedio de 10 mediciones).

<i>Especies</i>	$\bar{X}$	E.S.	Coef. Var. (%)
Muy duras:			
<i>Rheedia edulis</i> (Guttiferae)	16.75	0.605	10.83
<i>Astrocaryum mexicanum</i> (Palmae)	15.79	0.433	8.23
<i>Salacia megistophylla</i> (Hippocrataceae)	14.99	0.656	13.13
<i>Anphitcna tuxtlensis</i> (Bignoniaceae)	13.48	0.496	10.97
<i>Guarea sp.</i> (Meliaceae)	13.15	0.522	16.35
Muy suaves:			
<i>Erythrina sp.</i> (Leguminosae)	2.68	0.102	11.37
<i>Trema micrantha</i> (Ulmaceae)	3.99	0.231	17.34
<i>Neurolaena sp.</i> (Compositae)	4.03	0.139	13.35
<i>Spondias mombin</i> (Anacardiaceae)	4.13	0.147	10.70
<i>Urera caracasana</i> (Urticaceae)	4.34	0.207	14.29

que típicamente habitan en sitios de la selva que no han sido perturbados por un largo tiempo (especies tardías), Fig. 3 (b), encontramos que, curiosamente, las especies picneras tienen en promedio una dureza considerablemente menor que las especies de sitios no perturbados ($P < 0.001$). Las posibles razones e implicaciones de estas diferencias no son obvias, y éste quizá sería también un aspecto que podría investigarse detalladamente.

CONCLUSIONES

Este aparato se ha utilizado intensamente por un periodo de 6 a 8 meses con muy poco deterioro y con resultados satisfactorios. No obstante, el aparato está sujeto a diversas modificaciones y mejoras; por una parte, su durabilidad puede incrementarse utilizando materiales más resistentes; el sistema de detección del momento de penetración de la aguja puede hacerse más preciso y manejable, por ejemplo, utilizando una placa metálica colocada por debajo de la plataforma que al ponerse en contacto con la aguja accione una luz o timbre. Estas y otras posibles mejoras, sin embargo, causarán un aumento en su costo de construcción.

Figura 3. Valores promedio de dureza (± 1 E.S.) para especies con diferentes atributos: (a) intensidad de daño por herbívoros, (b) estado sucesional de las especies.

Consideramos que la construcción del aparato puede ser fácilmente accesible a estudiantes y profesores de ecología interesados en hacer prácticas de campo, así como a investigadores interesados en hacer registros preliminares de dureza del follaje, a un muy bajo costo.

Dado que i) el aparato es totalmente portátil (i.e. sus partes se separan con facilidad), ii) su manipulación es muy sencilla y iii) su costo es extremadamente bajo, concluimos que los resultados que con él se obtienen son satisfactorios.

BIBLIOGRAFIA

- CHERRETT, J.M. 1968. A simple penetrometer for measuring leaf toughness in insect feeding studies. *J. Econ. Ent.* 61:1736-1739.
- DIRZO, R. 1980. Experimental studies on slug-plant interactions. I. The acceptability of thirty plant species to the slug *Agriolimax caruanae*. *J. Ecol.* 68:981-998.
- DIRZO, R. & HARPER, J.L. 1982. Experimental studies on slug-plant interactions. III. Differences in the acceptability of individual plants of *Trifolium repens* to slugs and snails. *J. Ecol.* 70:101-117.
- FEENY, P.P. 1970. Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars. *Ecology* 51:565-581.
- JONES, D.A. 1962. Selective eating of the acyanogenic form of the plant *Lotus corniculatus* L. by various animals. *Nature* 193:1109-1110.
- LEVIN, D.A. 1973. The role of trichomes in plant defense. *Quart. Rev. Biol.* 48:3-15.
- ROSENTHAL, G.A. & JANZEN, D.H. (Eds.) 1979. *Herbivores*. Academic Press. New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco. pp. 718.

RODOLFO DIRZO

Laboratorio de Ecología, Instituto de Biología, UNAM.
Apdo. Post. 70-233, México 04510 D.F.

ADRIAN FERNANDEZ BREMAUNTZ

GABRIELA GOMEZ RODRIGUEZ

VERONICA GONZALEZ KLADIANO

Depto. Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa,
Apdo. Post. 55-532, México 13, D.F.