

Relaciones fitogeográficas de los taxones cubanos de Dilleniaceae*

Jacqueline PEREZ CAMACHO**

ABSTRACT. A Canonical Correspondence Analysis of the Cuban species of the family Dilleniaceae, based on different environmental and ecological variables: rainfall, temperature, index of aridity, altitude and vegetation units is carried.

KEY WORDS. Dilleniaceae, ecology, Canonical Correspondence Analysis, Monte Carlo permutation test.

INTRODUCCIÓN

La pérdida de la diversidad biológica es un problema global, que aumenta a un ritmo preocupante, debido a la continua destrucción de habitats naturales y la consiguiente extinción masiva de las especies que en ellos aparecen (Morrone *et al.*, 1992).

La zona tropical está entre las que concentra mayor diversidad biológica y es a la vez una de las más susceptibles a sufrir cambios ambientales, lo que obliga a taxónomos y biogeógrafos a realizar el estudio monográfico acelerado de los taxones y de las áreas donde se distribuyen, mediante herramientas que permitan el análisis de la diversidad biológica desde múltiples perspectivas.

Entre las cuestiones claves de la Botánica sistemática de nuestro tiempo se encuentran los estudios taxonómicos relacionados con la flora local, nacional o regional, que permiten conocer las características y requerimientos ecológicos de las especies y estos elementos pueden ser utilizados también para el establecimiento de las estrategias a seguir en el manejo de los recursos vegetales y de las prioridades de conservación para su uso sustentable. En el siguiente trabajo nos proponemos realizar el análisis de las relaciones fitogeográficas de los taxones cubanos de la familia Dilleniaceae, a partir de diferentes variables ecológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la información contenida en las etiquetas de herbario, observaciones de campo y la consulta con especialistas y conocedores de las especies en su hábitat, para definir las formaciones vegetales donde viven los taxones en Cuba.

Para analizar la variación en la presencia de los taxones en función de las características ecológicas, se aplicaron métodos de ordenación utilizando el paquete estadístico CANOCO para Windows v 4.02 (Ter Braak y Smilauer, 1998). Se realizó un Análisis de Correspondencias Canónico (CCA) a partir de una matriz de datos de seis especies por 19 distritos fitogeográficos (Tabla 1) (Borhidi, 1996) y una matriz de seis variables ambientales y ecológicas en esos distritos (Tabla 2), con el objetivo de conocer la correspondencia que existe entre las especies y las siguientes variables ambientales: precipitación, temperatura, altitud (ICGC, 1972); suelos (Hernández *et al.* 1971) índice de aridez (Ferrás *et al.*, 1999) y formaciones vegetales (Capote y Berazain, 1984). La presencia de formaciones vegetales en cada distrito se ha considerado como variable dummy (cualitativa), utilizando valores ordinales para cada variable, tal como propusieron Ter Braak (1986) y Bonet (2004).

Tabla 1. Matriz de datos de presencia- ausencia de especies cubanas de Dilleniaceae por distritos fitogeográficos, utilizada en el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA). Distritos: 1(Guanahacabibense), 2(Pinarenses), 3(Viñalense), 4(Sabalense), 5(Rosariense), 6(Cajalbanense), 7(Zapatense), 8(Geronense), 9(Guinense), 10(Jarucoense), 11(Spirituense), 12(Turquinense), 13(Cautoense), 14(Cristalense), 15(Piedraense), 16(Trinidadense), 17(Guaimarenses), 18(Sudpineroense) y 19(Gibarenses).

Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<i>Davilla nitida</i> (Vah) Kubitzki	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Doliocarpus herrerae</i> J. Pérez	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Doliocarpus multiflorus</i> Standl.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Doliocarpus dentatus</i> (Aubl.)	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
<i>Tetracera volubilis</i> Standl.	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Curatella americana</i> L.	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1

*Manuscrito aprobado en Julio del 2009.

**Instituto de Ecología y Sistemática, A. P. 8029, C. P. 10800, La Habana, Cuba.

Tabla 2. Matriz de datos de distritos fitogeográficos (Borhidi, 1996) por factores ecológicos y ambientales utilizada para el Análisis de Correspondencia Canónica. Variables utilizadas: Precipitación: 1 (1000 -1400 ml), 2 (1400 - 1800 ml), 3 (1800 - 2600 ml); Temperatura: 1 (mayor o igual 19 -22 oC). 2 (22 -26 oC); Formaciones Vegetales: 1 (Bosque siempreverde mesófilo), 2 (Bosque de pinos), 3 (Sabana de arenas blancas), 4 (Bosque de galerías), 5 (Bosque semideciduo mesófilo), 6 (Bosque pluvial montano); Suelos: 1 (suelos ferralíticos calcáreos), 2 (suelos de serpentinas), 3 (suelos aluviales), 4 (suelos cuarcíticos), 5 (suelos húmicos carbonatados y carmelitas tropicales); Altitud: 1 (1000 - 500 m), 2 (500 - 0 m). Cuando aparece un número entre paréntesis es que la especie en ese distrito esta en las dos formaciones vegetales o en los dos tipos de suelos fundamentalmente fuera del paréntesis. Precip. (Precipitación), Temp. (Temperatura).

Distrito	Variables					
	Precip.	Temp.	Índice de aridez	Formación vegetal	Suelo	Altitud
Guanahacabicense	1	2	2.2	5	5	1
Pinarense	3	2	1.3	2	4	1
Viñalense	3	2	0.8	1(5)	5	2
Sabaloense	1	2	1.4	3	4	1
Rosariense	3	2	0.8	1(5)	5(4)	2
Cajalbanense	1	2	1.2	2	2	2
Zapatense	2	2	4.5	5	5	1
Geronense	2	2	1.2	3	4	1
Sudpineroense	1	2	2.5	5	5	1
Guinense	2	2	1.8	5	1	1
Jarucoense	2	2	1.5	5	5	1
Spirituense	3	2	0.7	1(5)	5	2
Trinidadense	3	1	2.2	1(5)	2	2
Gibarense	1	2	2.7	5(1)	1	1
Guaimarense	2	2	3	5	5	1
Cautoense	1	2	2.6	4	3	1
Cristalense	3	2	0.6	2(6)	2	2
Piedraense	1	1	0.2	6	5	2
Turquinense	3	1	0.4	6	5	2

Para testar la significación de las variables ambientales nominales en el modelo, se realizó un análisis de permutaciones al azar de Monte Carlo (Ter Braak y Verdonschot, 1995) mediante el programa CANOCO y una correlación no paramétrica entre la riqueza de especies y variables ambientales. Los métodos de correlación no paramétricos entre las variables ambientales y la riqueza de especies fueron aplicados mediante el programa SPSS (Anónimo, 1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consideraciones ecológicas de las especies cubanas de Dilleniaceae. Las informaciones obtenidas a partir del análisis de las etiquetas de herbario, de la literatura consultada (Pérez y Cejas, 1993; Pérez, 1994 y Pérez *et al.*, 1995; Pérez, 1998), así como por la interacción con los especialistas que han visitado a las localidades donde habitan las especies y por las observaciones realizadas "in situ" permitieron obtener los siguientes resultados (Tabla 3).

Tabla 3. Características bioclimáticas y distritos fitogeográficos donde se encuentran las especies cubanas de Dilleniaceae.

Especie	Subprovincia	Distrito fitogeográfico	Formaciones vegetales	Consideraciones ecológicas
<i>Davilla nitida</i>	Occidento- cubanicum	Guanahacabicense	Bosque pluvial montano, bosque de pinos, bosques semideciduo mesófilo y siempreverde mesófilo y bosque de galería.	La encontramos en todo tipo de suelo (serpentinico, pizarras, caliza, calcáreos, areniscas silíceas y cuarcíticas), selectivamente higrófito, desde 20 hasta 800 msnm. Aparece regularmente en los siguientes bioclimas: termoxerochimérico medianamente seco con un periodo de 3 a 4 meses de sequía, termoxerochimérico subhúmedo con 1 a 2 meses de sequía y Ecuatorial húmedo sin periodos secos, con un índice de aridez de 0,4 hasta 4,5. De 1000 a 2600 mm de precipitación media anual.
		Pinarense		
		Viñalense		
		Sabaloense		
		Rosariense		
		Cajalbanense		
		Geronense		
		Guinense		
		Jarucoense		
	Centro- cubanicum	Spirituense		
	Oriento- cubanicum	Turquinense		
<i>Doliocarpus herrerae</i>	Occidento- cubanicum	Guanahacabicense	Bosques semideciduo mesófilo y siempreverde mesófilo	De 1000 a 2600 mm de precipitación media anual, sobre suelos húmicos carbonatados y carmelitas tropicales y suelos cuarcíticos, índice de aridez de 0,8 hasta 2,2.
		Rosariense		
<i>Doliocarpus multiflorus</i>	Occidento- cubanicum	Rosariense	Bosque siempreverde mesófilo y bosque de galería	De 1800 a 2200 mm de pluviosidad, sobre suelos aluviales y cuarcíticos, índice de aridez de 0,8 hasta 2,6.
	Centro- cubanicum	Cautoense		

Tabla 3. (Continuación). Características bioclimáticas y distritos fitogeográficos donde se encuentran las especies cubanas de Dilleniaceae.

Especie	Subprovincia	Distrito fitogeográfico	Formaciones vegetales	Consideraciones ecológicas
<i>Doliocarpus dentatus</i>	Occidento- cubanicum	Guanahacabibense	Bosques semideciduo mesófilo, y siempreverde mesófilo, bosque de pinos y bosque pluvial montano.	No tiene preferencia por el sustrato en que se desarrolla, puede ser: húmicos carbonatados y carnalitas tropicales, serpentínico y cuarcíticos. Crece hasta los 1000 msm., índice de aridez de 0,2 hasta 2,2. De 1000 a 2000 mm de precipitación media anual.
		Pinarense		
		Geronense		
	Centro- cubanicum	Trinidadense		
	Oriente- cubanicum	Turquinense Cristalense Piedraense		
<i>Tetracera volubilis</i>	Occidento- cubanicum	Pinarense	Bosque de galería, bosque siempreverde mesófilo, bosque semideciduo micrófilo, bosque de pinos.	Se encuentra hasta 300 msm. en suelos calizos, serpentínicos, fersialíticos, pizarra, índice de aridez de 0,8 hasta 3. De 1000 a 2000 mm de precipitación media anual.
		Viñalense		
		Rosariense		
		Cajalbanense		
	Centro- cubanicum	Trinidadense Guaimareense		
<i>Curatella americana</i>	Occidento- cubanicum	Viñalense	Pinares sobre areniscas cuarcíticas y sobre pizarras, matorral xeromorfo subespinoso (charrascal) sobre laterita o matorral xeromorfo espinoso sobre serpentina (cuabal) y bosque semideciduo mesófilo.	En suelos calcáreos, cristalizados, arenosos-turbosos permanentemente húmedos, sobre roca ultrabásica, desde 100 hasta 300 msm., índice de aridez de 0,8 hasta 2,7. De 1000 a 2000 mm de precipitación media anual.
		Sabalense		
		Rosariense		
		Cajalbanense		
		Geronense		
		Sudpineroense		
	Centro- cubanicum	Cautoense Gibareense		

Análisis de Correspondencia Canónico (CCA). A partir de la matriz de datos de presencia de las especies por distritos fitogeográficos (Tabla 1) y la matriz de variables ambientales en distritos fitogeográficos (Tabla 2), se realizó un análisis de correspondencia canónico con todas las variables analizadas (Fig. 1) y se comprobó la existencia de variables que no realizaban un aporte significativo en el agrupamiento, debido posiblemente, a que son caracteres muy redundantes.

Este primer análisis permitió definir aquellas variables más activas para un segundo CCA. (Fig. 2), el espacio bidimensional está definido por los primeros ejes, donde los tres primeros explican el 52.8 % de la varianza acumulada para las especies y entre especies y factores ambientales es del 81.3% (Tabla 4). Se observa que los elevados autovalores del eje 1 indican un gradiente ambiental marcado entre especies en ese eje.

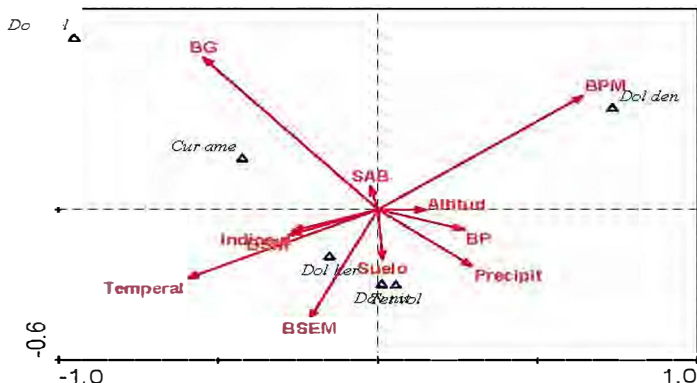


Fig. 1. Ordenamiento de las especies y las variables ambientales mediante el Análisis de Correspondencia Canónico.

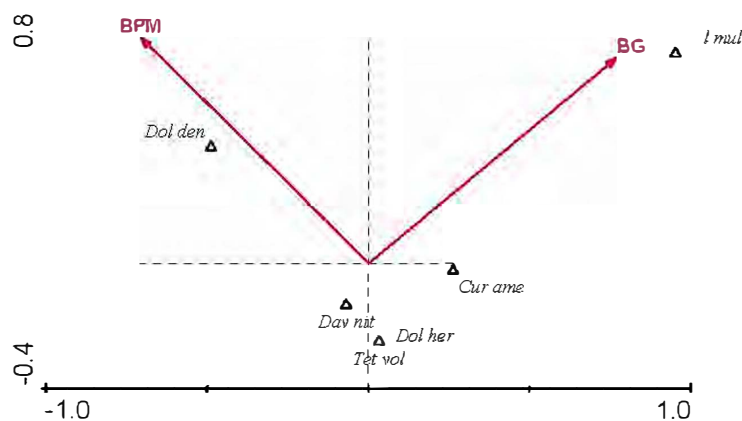


Fig. 2. Representación gráfica del análisis CCA con sólo las variables significativas.

Tabla 4. Valores por ejes del Análisis de Correspondencia Canónico.

Axes	1	2	3	4	Total inercia
Valores propios	0.470	0.273	0.173	0.116	1.735
Correlación entre las especies y variables ambientales	0.920	0.888	0.758	0.601	
Varianza acumulada entre las especies:					
relación de especies- variables ambientales:					
Total valores propios					1.735
Suma de todos los ejes canónicos					1.126

En el segundo CCA con sólo las variables significativas (Fig. 2), se observa que *Doliocarpus multiflorus* se sitúa en el extremo superior derecho muy cercana del bosque en galería, donde al parecer dicho taxón encuentra su óptimo ambiente y por ende su mayor riqueza. En el extremo opuesto *Doliocarpus dentatus* tuvo los máximos valores en el bosque pluvial montano. Por último el resto de las especies, *Doliocarpus herrerae*, *Davilla nitida*, *Curatella americana* y *Tetracera volubilis* ocupan una posición intermedia entre las especies y variables mencionadas.

Análisis de permutaciones de Monte Carlo. El test de significación de Monte Carlo para el primer eje, indica un autovalor de 0.324, con una F-ratio de 3.678 y un valor de P = 0.0058 (significativo), mientras que para el total de ejes, la traza es de 0.526, con una F-ratio de 3.475 y un valor de P= 0.0005 (significativo).

Para testar la significación de las variables ambientales utilizadas en el CCA, se realizó un análisis de permutaciones de Monte Carlo (Tabla 5), donde se comprobó la existencia de variables que no tenían un aporte significativo en el agrupamiento, debido posiblemente a que son caracteres muy redundantes y que sólo las variables cualitativas BG (bosque en galería) y BPM (bosque pluvial montano) son significativas para un nivel de p<0.05.

Tabla 5. Análisis de permutaciones de Monte Carlo. BG- Bosque de galería, BPM- Bosque pluvial montano, BSM- Bosque semideciduo mesófilo, BSEM- Bosque siempre verde mesófilo, BP- Bosque de pinos, SAB- Sabanas de arenas blancas.

Variable	Efectos Condicionales			
	Var.N	LambdaA	P	F
BG	7	0.27	0.047	3.18
BPM	9	0.26	0.007	3.34
Precipitación	1	0.08	0.341	1.16
BSM	4	0.10	0.252	1.38
BSEM	8	0.07	0.434	0.96
Temperatura	2	0.07	0.459	0.91
BP	5	0.07	0.435	0.97
SAB	6	0.07	0.497	0.86
Suelo	10	0.06	0.494	0.77
Altitud	11	0.04	0.613	0.59
Indice de aridez	3	0.04	0.736	0.38

Correlaciones no paramétricas entre la riqueza de especies y variables ambientales. Los resultados del análisis de correlación indican una correlación negativa entre formaciones vegetales y riqueza (Tabla 6), mostrando un gradiente geográfico de riqueza específica que aumenta en dirección hacia los sectores biogeográficos más occidentales (Guanahacabibense). Por otra parte, el resto de las variables utilizadas en el análisis no presentan resultados significativos, indicando que al menos a la escala analizada, la distribución de la diversidad de taxones tiene un fundamento principalmente biogeográfico frente a otras posibles interpretaciones. En esta interpretación juega un papel importante una mayor diversidad de habitats disponibles en el occidente cubano.

Tabla 6. Correlaciones no paramétricas entre la riqueza de especies y variables ambientales. BG- Bosque de galería, BPM- Bosque pluvial montano, BSM- Bosque semideciduo mesófilo, BSEM- Bosque siempre verde mesófilo, BP- Bosque de pinos, SAB- Sabanas de arenas blancas.

VARIABLES AMBIENTALES	RIQUEZA
	Tau b de Kendall
PRECIPITACION	Coefficiente de correlación ,143 Sig. (bilateral) ,493
TEMPERATURA	Coefficiente de correlación ,053 Sig. (bilateral) ,810
ARIDEZ	Coefficiente de correlación -,233 Sig. (bilateral) ,212
BSM	Coefficiente de correlación ,142 Sig. (bilateral) ,518
BP	Coefficiente de correlación ,185 Sig. (bilateral) ,401
SAB	Coefficiente de correlación ,236 Sig. (bilateral) ,285
BG	Coefficiente de correlación ,065 Sig. (bilateral) ,769
BSEM	Coefficiente de correlación -,244 Sig. (bilateral) ,268
BPM	Coefficiente de correlación -,225 Sig. (bilateral) ,308
SUELO	Coefficiente de correlación ,025 Sig. (bilateral) ,902
ALTITUD	Coefficiente de correlación ,176 Sig. (bilateral) ,425
FORMACIÓN VEGETAL**	Coefficiente de correlación -,599 Sig. (bilateral) ,003

**La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

*La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)

Las especies *Davilla nitida*, *Doliocarpus dentatus* subsp. *dentatus* y *Curatella americana* pueden habitar en las denominadas sabanas de arenas blancas de Cuba occidental. Estas zonas se hallan vinculadas a los pinares de llanura que se desarrollan en suelos arenosos de estos lugares; son pinares abiertos de copa separada donde en el estrato arbustivo y en la sinusia de lianas podemos encontrar a estos taxones.

Las especies cubanas de Dilleniaceae, con excepción de *Doliocarpus herrerae* y *D. multiflorus* ocupan los más variados ambientes ecológicos, lo que les permite alcanzar una amplia distribución por el archipiélago, fundamentalmente en la zona occidental; se encuentran la mayoría en bosque siempreverde mesófilo, bosque semideciduo mesófilo, bosque de Pinos, sabanas de arenas blancas, bosque en galería y bosque pluvial montano, siempre por encima de los 19 y hasta los 26 grados centígrados de temperatura, por debajo de los 1000 m de altitud, entre los 1500 y 2200 mm de precipitación pluvial y en los suelos ferralíticos calcáreos, serpentinas, aluviales, cuarcíticos y húmicos carbonatados y carmelitas tropicales.

La especie *Doliocarpus herrerae* constituye la única especie endémica de la familia en Cuba occidental. *Doliocarpus multiflorus* presenta una distribución disyunta ya que aparece en Pinar del río y en la provincia de Granma. La

diversidad de habitats en que aparece la subespecie *Doliocarpus dentatus*, evidencia la plasticidad de la misma desde el punto de vista ecológico, lo que hace pensar que no tiene preferencia por el sustrato. La especie *Davilla nitida* es selectivamente higrófila y aparece siempre en cañadas y lugares húmedos, aunque es capaz de ocupar los más variados ambientes ecológicos; está presente en todo tipo de suelo. En Cuba se distribuye de manera bastante uniforme por la zona occidental, y sólo se encuentra raras veces en el centro y el oriente del país. La especie *D. nitida* es muy agresiva en su migración como lo indica su amplia distribución en el Neotrópico. *Tetracera volubilis* subsp. *volubilis* puede aparecer trepando a los árboles y formando parte del estrato arbustivo y en la sinusia de lianas del bosque pluvial montano.

CONCLUSIONES

- ◆ Las especies cubanas de Dilleniaceae habitan fundamentalmente en bosque siempreverde mesófilo, bosque semidecíduo mesófilo, bosque de Pinos, sabanas de arenas blancas, bosque de galería y bosque pluvial montano.
- ◆ Los suelos fundamentales en los que se desarrollan son: ferralíticos calcáreos, serpentinas, aluviales, cuarcíticos -húmicos carbonatados y carmelitas tropicales.
- ◆ Las especies se ubican siempre en localidades con temperaturas entre 19 y 26°C, a altitudes inferiores a 1000 m sobre el nivel del mar con precipitaciones de 1500 y hasta 2200 mm de lluvia anual.
- ◆ Sólo las variables cualitativas BG (bosque en galería) y BPM (bosque pluvial montano) son significativas para un nivel de $p < 0.05$ en el análisis de permutaciones de Monte Carlo.

REFERENCIAS

Anónimo. 1990. *SPSS/PC + V.6.0. Base manual*. SPSS Inc., Chicago, IL.
 Bonet, A. 2004. Secondary succession of semi-arid mediterranean old- fields in south eastern Spain: sight

for conservation and restoration of degraded lands. *Journal of Arid Environments* 56: 213-233.
 Borhidi A. 1996. *Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba*. Second revised and enlarged edition. Akadémiai Kiadó, Budapest.
 Capote R. P. y R. Berazain 1984. Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Rev. del Jard. Bot. Nac.* 5 (2): 27-75.
 Ferrás H., A. López, A. Martell y A. Suárez 1999. Relaciones de la diversidad en la flora endémica cubana con la vegetación y la aridez del clima. II Estudio de las variables climáticas. *Acta Bot. Cub.* 136: 1-12.
 Hernández, A., J. M. Pérez y O. Ascanio. 1971. Mapa Genético de Suelos. Escala 1:250 000. En: *Atlas de Cuba XX aniversario*. I.C.G.C.
 Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía 1972. *Mapas Topográficos*. Provincias P. del Río, La Habana, Las Villas y Oriente. La Habana, Cuba.
 Morrone, J. J., M. M. Cigliano y J. V. Crisci 1992. Cladismo y Diversidad Biológica., *Ciencia Hoy* 4 (21): 26-34.
 Pérez, J. 1994. Nueva especie del género *Doliocarpus* (Dilleniaceae) de Cuba. *Fontqueria* 40: 43- 44.
 ----- 1998. Filogenia y Biogeografía Histórica de *Dilleniaceae* en el Neotrópico. Tesis en opción al título de Master en Ecología y Sistemática Aplicada.
 ----- y F. Cejas 1993. El género *Davilla* (Dilleniaceae) en Cuba. Morfología foliar. *Fontqueria* 36: 265-270.
 -----, C. A. Zavaro y F. Cejas 1995. El género *Doliocarpus* (Dilleniaceae) en Cuba: Consideraciones taxonómicas. *Fontqueria* 42: 357-360.
 Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
 ----- y P. F. M. Verdonschot 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57:255-289.
 ----- y P. Smilauer 1998. *CANOCO Reference Manual and User's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination* (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY, 349 pp.