

LAS RELACIONES DE LOS NUTRIENTES EN LAS HOJAS DE LOS HELECHOS ARBORESCENTES EN LA RESERVA BIOLÓGICA ALBERTO ML. BRENES

Claudia Weber **, Oriel Herrera B. *, S.-W. Breckle *

* Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Bielefeld

" Artillerieweg 74, D-26129 Oldenburg

Rodolfo Ortiz V.

Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica, San Ramón

1. INTRODUCCION

Los helechos arborescentes tuvieron su época de mayor prosperidad en el Cretácico Inferior y se consideran como fósiles vivientes entre los árboles del bosque tropical. Pertenecen a los genuinos helechos y se destacan por su extraordinario crecimiento.

Las plantas tienen un fuste que puede alcanzar hasta los 20 m de altura. En la parte superior del fuste se abre la fronda en gran número y está finamente dividida; en el centro está la corona de hojas nuevas (Gómez 1991).

Al igual que los musgos, los helechos también toman una posición transitoria en cuanto a la adaptación a la vida terrestre. Por esta razón no es sorprendente que la mayoría de las especies se encuentra en lugares más o menos húmedos.

Según el estudio de Nisman (1965) sobre la existencia de helechos arborescentes en Costa Rica, documenta que el número de las especies que se encuentran, crecen en dependencia de la temperatura y humedad. Esta dependencia de la aparición y crecimiento de los helechos arborescentes con los factores climáticos está poco estudiada actualmente, pues la mayoría de los trabajos actuales enfatizan en asuntos sistemáticos o taxonómicos.

Sin embargo, hay muchas preguntas abiertas, ya que muchas especies forman híbridos con otras especies y con frecuencia se descubren nuevas subespecies.

1.1. Planteamiento

La intención de esta investigación es la de comparar el contenido de los elementos nutritivos en las hojas de los helechos

arborescentes con el de las otras especies. Además, se intenta analizar las relaciones entre la disponibilidad de los nutrientes en el suelo y el contenido en la fronda de los helechos.

2. MATERIALES Y METODOS

Seis especies de helechos arborescentes fueron analizadas, las cuales fueron escogidas por presentar sus ciclos de vida diferentes y porque crecen en áreas diferentes dentro de la Reserva Biológica Alberto Ml. Brenes (RBAB). Las especies en mención pertenecen a las familias Cyatheaceae y Dicksoniaceae descritas a seguir:

- o *Alsophila polystichoides*
- o *Cyathea delgadii*
- o *Cyathea nigripes*
- o *Cyathea pinnula*
- o *Cyathea trichiata*
- o *Dicksonia gigantea*

Fueron examinados los nutrientes principales Calcio, Potasio y Magnesio al igual que los elementos Manganeseo y Zinc que tienen importancia esencial en el crecimiento de las plantas.

2.1. Obtención y Análisis Químico de las Muestras

Para el estudio, algunas pinnas fueron cortadas de las hojas, separadas en pinnulas y ráquis y luego secadas a una temperatura aproximada de 100 °C. Sin embargo, solamente las pinnulas fueron analizadas. Al mismo tiempo, las pruebas del suelo fueron tomadas como muestras mixtas en un radio de 1 m alrededor de los troncos hasta 30 cm de profundidad.

La concentración de los elementos fue determinada por medio de la Espectrofotometría de Absorción Atómica. Los cationes de intercambio del suelo fueron sustituidos por solución de Acetato de Amino (1 mol). Mediante el método de digestión química con HNO₃ (65%) las muestras foliares fueron deshechadas para la liberación de los iones.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. La Comparación de los sitios de las Especies

Para analizar si los sitios donde las especies se desarrollan son diferentes entre si, con respecto a las concentraciones de los cationes en el suelo, se calculó las medias aritméticas, las cuales son representadas en la Figura 1. Para el análisis de la concentración Zn no fue factible calcular las medias aritméticas porque aproximadamente el 20 % de los valores se encuentran por debajo del límite de significancia.

Las muestras de suelo de los sitios de *Alsophila polystichoides* muestran valores dos veces más altos para los elementos K, Mg y Mn, en relación a los otros sitios. El suelo que fue seleccionado alrededor de las especies *Dicksonia gigantea*, *Cyathea nigripes* y *Cyathea pinnula* muestran sólo diferencias referentes a las concentraciones de Ca, K y Mg. Las más altas concentraciones de Ca en el suelo fueron encontradas en las cercanías de *Cyathea delgadii*.

Se utilizó la U-Test para comparar el porcentaje de concentración de los elementos

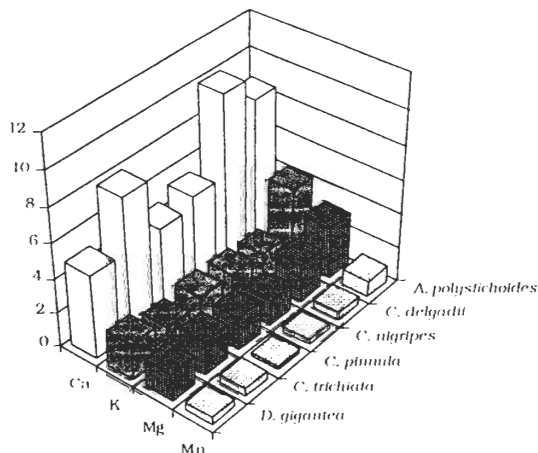


Fig.1 Las medias aritméticas de las concentraciones de los cationes de intercambio en el suelo de los sitios de recolecta. Valores dados en mmol/kg materia seca.

entre los sitios donde crecen las especies y verificar así las diferencias significativas (Cuadro 1). Las concentraciones de Zn en el suelo son diferentes solamente en algunos casos aislados.

La comparación de la concentración del K en los sitios de las especies muestra diferencias

Cuadro 1. Resultados de la prueba de U para 5 especies de he-Calcio:

	C.d.	C.n.	C.p.	C.t.	D.g.
A.p.	ns	*	*	ns	*
C.d.		ns	*	ns	ns
C.n.			ns	**	ns
C.p.				**	ns
C.t.					**

Potasio:

	C.d.	C.n.	C.p.	C.t.	D.g.
A.p.	**	**	**	**	**
C.d.		ns	ns	ns	ns
C.n.			ns	ns	ns
C.p.				ns	ns
C.t.					ns

Magnesio:

	C.d.	C.n.	C.p.	C.t.	D.g.
A.p.	ns	**	*	*	*
C.d.		*	ns	ns	ns
C.n.			ns	*	ns
C.p.				ns	ns
C.t.					ns

Manganeso:

	C.d.	C.n.	C.p.	C.t.	D.g.
A.p.	**	**	**	*	**
C.d.		ns	*	ns	ns
C.n.			ns	**	ns
C.p.				**	ns
C.t.					ns

Zinc:

	C.d.	C.n.	C.p.	C.t.	D.g.
A.p.	**	ns	ns	*	ns
C.d.		ns	ns	ns	ns
C.n.			ns	ns	ns
C.p.				ns	ns
C.t.					ns

ns a > 0,05 * 0,05 > a > 0,01 ** 0,01 > a > 0,001 A. p = *A. polystichoides*, C. d = *C. delgadii*, C. n = *C. nigripes*, C. p = *C. pinnula*, C. t = *C. trichiata*, D. g = *D. gigantea*)

significativas sólo para *Alsophila polystichoides* con respecto a las demás especies.

En lo que respecta al resto de los parámetros analizados, el suelo en las cercanías de *Alsophila polystichoides* mostró diferencia altamente significativa en relación a los otros sitios, mientras que no se encontró diferencia significativa en la concentración de nutrientes del suelo en los sitios de *Dicksonia gigantea*, *Cyathea nigripes* y *Cyathea pinnula* respectivamente.

Paralelamente también se hizo un análisis de otros suelos de origen o influencia volcánica para poder compararlos con los resultados obtenidos (Cuadro 2).

Teniendo en cuenta la profundidad en que las muestras fueron tomadas, los resultados pueden reconfirmar los resultados de Buljovic (1994). En comparación con los resultados de otros trabajos de los suelos tropicales las concentraciones de los nutrientes en el suelo en la RBAB son bajos. Los suelos pueden ser clasificados como poco productivos. Esta suposición puede basarse en el análisis de Martini (1970), que indica, que los Andosoles de Costa Rica tienen una carencia grande de Ca y una carencia inferior de Mg y K.

Las diferencias en la disponibilidad de los nutrientes en los sitios de las especies pueden

ser causados por la gran heterogenidad de los suelos en la Reserva Biológica. Queda por explicar si el crecimiento de las especies depende o nó de la oferta de los nutrientes o si otros factores como competencia entre las especies o factores climáticos determinan el crecimiento de una especie en un sitio.

3.2 El contenido de los Elementos Nutrientes en las Hojas de los Helechos Arborescentes

Como se observa en la Figura 2, el K es el elemento que más fue acumulado en la fronda. La acumulación de Mg para *Cyathea trichiata* fue la más baja. En *Dicksonia gigantea* el Ca figuró con la concentración más baja en las hojas. Una relación determinada entre los elementos no se puede mostrar para todas las especies examinadas. Al analizar las concentraciones de los elementos en las hojas de *Alsophila polystichoides*, llama la atención que la concentración de K es más alta cuando es comparada con las otras especies. La Figura 3 muestra también una diferencia muy marcada en la acumulación del Mn en *Cyathea nigripes*, que presentó la concentración más elevada y *C. trichiata* mostró el más bajo porcentaje de Mn.

Cuadro 2. Las concentraciones de los cationes de intercambio Ca, K, Mg, Mn y Zn en algunos suelos tropicales (SS: Materia seca) : $3,2 \times 10^{-3}$ es el límite significativo para el Zn.

Región	Profundidad [cm]	Ca [mmol/kg SS]	K [mmol/kg SS]	Mg [mmol/kg SS]	Mn [mmol/kg SS]	Zn [mmol/g SS]
San Carlos, Costa Rica (KREBS, 1974)	0-10	12,4-14,8	3,4-4,6	6,3-7,5	0,27-0,29	0,06-0,1
	10-20	7,4-7,9	1,2-3,5	5,9-6,8	0,13-0,22	0,05-0,1
	20-30	4,5-6,2	0,7-2,2	3,8-6,2	0,11-0,24	0,05-0,08
Costa Rica (MARTINI, 1970)						
Andosoles						
Tunalba-Irazú	0-25	18,9	6,2	5,8		
Barba	0-25	18,5	23,2	7,4		
Poás	0-25	5,5	23,3	3,2		
Costa Rica, RBAB (BULJOVIC, 1994)						
Inceptisoles	5	10-15	3,2	4,6	0,09-0,3	$6,2 \cdot 10^{-3}$
	10	5-10	1,8	2,5	0,16-0,22	$4,6 \cdot 10^{-3}$
Costa Rica RBAB (WEBER, 1994)						
Inceptisoles, Sitios de:						
<i>A. polystichoides</i>	0-30	8,6	4,3	3,1	0,95	$<3,2-5,6 \cdot 10^{-3}$
<i>C. jelgaui</i>	0-30	10,0	1,7	2,2	0,47	$<3,2-5,1 \cdot 10^{-3}$
<i>C. nigripes</i>	0-30	5,4	1,8	1,6	0,30	$<3,2-6,3 \cdot 10^{-3}$
<i>C. pinnula</i>	0-30	4,8	2,0	1,9	0,28	$<3,2-7,0 \cdot 10^{-3}$
<i>C. trichiata</i>	0-30	7,9	1,6	2,0	0,50	$<3,2-6,2 \cdot 10^{-3}$
<i>D. gigantea</i>	0-30	4,9	2,1	1,6	0,48	$<3,2-7,9 \cdot 10^{-3}$

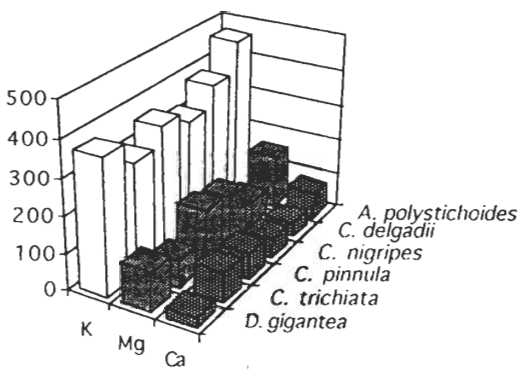


Fig. 2 Concentraciones de Ca, K y Mg en las hojas de los helechos arborescentes en mmol/kg materia seca

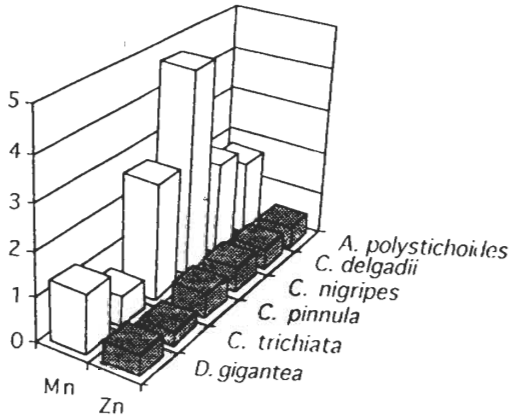


Fig. 3 Medias aritméticas de las concentraciones de Mn y Zn en hojas de helechos en mmol/kg materia seca

Cuadro 3 Resultados del U-Test para la comparación de nutrientes en las hojas de 5 especies de helechos.

	<i>Cd</i>	<i>Cn</i>	<i>Cp</i>	<i>Ct</i>	<i>Dg</i>	
<i>A p</i>	*	ns	ns	ns	**	Ca
	ns	ns	ns	ns	ns	K
	**	ns	ns	**	**	Mg
	ns	**	ns	**	ns	Mn
	ns	ns	ns	**	ns	Zn
<i>Cd</i>		ns	ns	ns	ns	Ca
		ns	ns	ns	ns	K
	**	**	ns	ns	ns	Mg
	**	ns	**	ns	ns	Mn
		ns	ns	*	ns	Zn
<i>Cn</i>			ns	ns	**	Ca
			ns	ns	ns	K
			ns	**	ns	Mg
			**	**	*	Mn
			ns	**	ns	Zn
<i>Cp</i>				ns	*	Ca
				ns	ns	K
				**	ns	Mg
				**	ns	Mn
				**	ns	Zn
<i>Ct</i>					ns	Ca
					ns	K
					ns	Mg
					ns	Mn
					*	Zn

ns a > 0,05 * 0,05 > a > 0,01 ** 0,01 > a > 0,001; *A. p.* = *A. polystichoides*, *C. d.* = *C. delgadii*, *C. n.* = *C. nigripes*, *C. p.* = *C. pinnula*, *C. t.* = *C. trichiata*, *D. g.* = *D. gigantea*

Los resultados del U-test (Cuadro 3) justifican la mayoría de las diferencias significativas en la concentración de los elementos nutrientes en mención, entre las especies consideradas. Para el elemento K no se puede constatar diferencias significativas.

Las altas concentraciones de K en *Cyathea pycnoneura* observados por Grubb y Edwards (1982), difieren con las bajas concentraciones de este elemento en las seis especies estudiadas de la Reserva. No obstante, el contenido de Mg para los helechos arborescentes es aceptable.

La concentración de K y Ca en plantas superiores es también mayor que la de los helechos arborescentes. Solamente algunas especies de Palmas en Colombia y Guatemala (Fölter *et al.*, 1976; Snedaker & Gamble, 1969) (Cuadro 4) muestran concentraciones de Ca parecidas a la de los helechos. De la alta relación de K a Ca se puede deducir que los helechos tienen un alta afinidad por estos elementos y en especial por el K. Esto concuerda con lo que Walland & Kinzel (1966) señalaron, cuando estudiaron la comparación de los sustancias en la vacuola de la célula, al decir que existe una relación de afinidad entre el K y Ca para los helechos de latitud templada.

Como causa de las diferencias en la relación del K y Ca se discuten distinciones en la actividad del mecanismo de asimilación de estos elementos. Sin embargo, en relación a los elementos Zn y Mn se puede observar un contenido aceptable en comparación con otros árboles tropicales.

3.3 ¿ Existe alguna Relación entre el Contenido de los Cationes del Suelo y el de las Hojas de los Helechos Arborescentes?

Para verificar si hay alguna relación entre las concentraciones de los elementos en el suelo y el de las hojas fue indicado el Coeficiente de Correlación de SPEARMAN para los diversos pares de pruebas seleccionadas al azar entre las áreas de investigación y entre las especies (Cuadro 5).

Cuadro 4 Comparación de la concentración del contenido de los elementos Ca, K, Mg, Mn y Zn en las hojas de los helechos y en plantas superiores en los bosques tropicales

Región	Ca [mmol/kg SS]	K [mmol/kg SS]	Mg [mmol/kg SS]	Mn [mmol/kg SS]	Zn [mmol/kg SS]
Bosques secundarios en Guatemala y Panamá (SNEDAKER & GAMBLE, 1969)					
<i>Scheelea lindellii</i> (Palmae)	42.5 - 57.5	90 - 162	129 - 238	0.164 - 0.455	0.317 - 0.635
<i>Heliconia latispatha</i> (Heliconiaceae)	62.5 - 170.0	354 - 744	229 - 371	0.236 - 2.255	0.302 - 0.476
<i>Heliconia</i> sp. (Heliconiaceae)	122.5 - 155	264 - 1256	108 - 154	2.13 - 3.73	0.011 - 0.019
Bosques tropicales primarios y estadios de regeneración en Colombia (FÖLSTER et al, 1976)					
<i>Oenocarpus spec.</i> (Palmae)	52.5	126	58	$1.09 \cdot 10^{-3}$	
<i>Jessenia polycarpa</i> (Palmae)	52.5	141	58	$1.64 \cdot 10^{-3}$	
Bosque montano lluvioso en Neo Guinea (GRUBB & EDWARDS, 1982)					
<i>Cyathea pycnoneura</i>	170.0	574	120		
<i>Microlepia</i> cf. <i>pseudohirta</i>	32.5	590	104		
Bosque premontano muy húmedo en Costa Rica (BULJOVIC, 1994)					
<i>Elaeagia auriculata</i> (Rubiaceae)	134.75±60.75	294±95	97±28	4.42±2.25	0.462±0.123
<i>Plinia salticola</i> (Myrtaceae)	242.5±80.75	199±82	94±24	9.75±4.96	0.292±0.077
Bosque premontano muy húmedo en Costa Rica (WEBER, 1994)					
<i>Alsophila polystichoides</i>	72.57±19.98	463±151	152±9	1.71±0.54	0.47±0.074
<i>Cyathea delgadii</i>	38.38±20.43	383±87	71±28	2.12±1.07	0.465±0.100
<i>Cyathea nigripes</i>	53.31±14.82	322±213	138±23	4.69±1.09	0.573±0.081
<i>Cyathea pinnula</i>	71.89±15.8	355±238	154±26	2.64±1.03	0.543±0.087
<i>Cyathea trichiata</i>	81.63±41.47	308±113	76±20	0.66±0.23	0.302±0.068
<i>Dicksonia gigantea</i>	27.78±4.67	372±112	112±21	1.33±0.63	0.459±0.056

Para los individuos de *Cyathea nigripes*, los cuales crecen en la "Cuesta del Sur" se nota una correlación significativa entre el contenido del Ca y Mg del suelo con el de las hojas. Una fuerte correlación entre la concentración del K en el suelo y la fronda en *Cyathea pinnula* fue encontrado en la "Cuesta del Norte". Del mismo modo existe una relación de positiva para los individuos de la "Cuesta del Sur" en lo que se refiere al Mn. La especie *Cyathea trichiata* sugiere con respecto al contenido de Ca que existe también una relación significativa al 5 % entre la disponibilidad de éste elemento en el suelo con las hojas del helecho. En relación al elemento Zn se encontró una relación significativa al 5 % de probabilidad entre las hojas de las especies *Alsophila polystichoides* ("Cuesta del Norte"), *Cyathea delgadii* ("Cuesta del Norte") y *Dicksonia gigantea* con los elementos del suelo.

Para los otros grupos de individuos no se han encontrado correlaciones significativas entre

la oferta de los nutrientes en el suelo y el contenido en las hojas.

El análisis de correlación de clases según SPEARMAN confirma por lo tanto aisladas correlaciones entre las concentraciones de los cationes en el suelo y el de las hojas de los helechos. La mayoría de las correlaciones significativas fueron encontradas en las plantas localizadas en el área de la "Cuesta del Sur". A consecuencia del pequeño número de muestreos, estos resultados deben interpretarse con mucho cuidado.

Por esta razón una dependencia directa entre las concentraciones de estos elementos en el suelo con las hojas solo es posible para algunos casos aislados. La disponibilidad, en particular de los microelementos en el suelo depende de numerosos factores, lo que dificulta aún más la interpretación de los resultados. La movilización activa de las sustancias nutritivas está relacionada con otros factores edafo-climáticos como capacidad de intercambio catiónico, pluviosidad,

Cuadro 5 Coeficiente de Correlación de SPEARMAN indicando el grado de correlación entre las concentraciones de los elementos en las hojas y el suelo

		n	Ca	K	Mg	Mn	Zn
A.p.	J	9	0,233 ns	-0,646 ns	0,042 ns	0,292 ns	0,775 *
	T	9	0,567 ns	0,100 ns	0,638 ns	0,325 ns	0,196 ns
C.d.	J	6	0,714 ns	-0,771 ns	0,771 ns	-0,771 ns	0,900 *
	S	15	-0,068 ns	-0,115 ns	-0,213 ns	0,401 ns	0,196 ns
C.n.	J	9	-0,866 **	-0,266 ns	-0,150 ns	0,800 *	0,033 ns
	T	9	0,466 ns	0,125 ns	0,083 ns	0,083 ns	0,508 ns
C.p.	J	9	0,317 ns	-0,383 ns	-0,063 ns	0,683 *	-0,496 ns
	T	9	0,367 ns	0,769 *	-0,583 ns	0,358 ns	-0,133 ns
C.t.	S	15	0,604 *	-0,076 ns	-0,418 ns	-0,271 ns	-0,368 ns
D.g.	T	12	-0,093 ns	-0,035 ns	0,028 ns	0,455 ns	-0,598 *

* : a = 0,05; ** : a = 0,01; ns = no significativo; n: número de individuos examinados; J: "Cuesta del Sur", T: "Cuesta del Norte", S: rea secundario; A.p. = *Alsophila polystichoides*, C. d. = *Cyathea delgadii*, C. n. = *Cyathea nigripes*, C. p. = *Cyathea pinnula*, C. t. = *Cyathea trichiata*, D. g. = *Dicksonia gigantea*

luminosidad, humedad relativa entre otros, que no se puede examinar con los métodos de extracción.

4. RESUMEN

1. Los suelos de la RBAB pueden ser considerados como poco productivos, si se comparan con otros suelos tropicales. Existen apenas aisladas diferencias significativas en la concentración de los elementos Ca, K, Mg, Mn, Zn en los diferentes sitios donde se encuentran las especies estudiadas.

2. El análisis foliar de los helechos muestra una configuración diferente en los nutrientes de cada especie. La característica común de los helechos arborescentes en la RBAB es alta afinidad por los elementos K y Ca en comparación con las plantas superiores.

3. No se ha podido establecer una dependencia directa del contenido de las nutrientes en la fronda con la concentración en el suelo.

BIBLIOGRAFÍA

BULJOVICIC, J. 1994. Nährstoffgehalte in den Blättern von *Plinia salticola* L. (Myrtaceae) und *Elaeagia auriculata* Hemsl. (Rubiaceae) sowie im Boden eines prämontanen Regenwaldes in Costa Rica; Diplomarbeit, Abteilung Ökologie, Fakultät für Biologie, Universität Bielefeld

FÖLSTER, H., SALAS, G. DE LAS & KHANNA, P. 1976. A tropical evergreen forest site with perched water table, Magdalena Valley, Colombia; Biomass and bioelement inventory of primary and secondary vegetation; *Icologia Plantarum* 11 (4): 297-320

GOMEZ, L.D. 1991. Cyatheaaceae y Dicksoniaceae (Pteridophyta) In: Janzen D.H. (ed): Historia natural de Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

GRUBB, P.J. & EDWARDS, P.J. 1982. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in

NEW GUINEA III. The distribution of mineral elements in above-ground material; *Journal of Ecology* 70: 623-648

KREBS, J.A. 1974. Chemical characteristics of the surface soil of three forests in San Carlos, Costa Rica; *Turrialba* 24: 382-386

MARTINI, J.A. 1970. Caracterización del estado nutricional de los principales andosoles de Costa Rica, mediante la técnica del elemento faltante en el invernadero; *Turrialba* 20 (1): 72-84

NISMAN, C. 1965. Estudio taxonómica y ecológico de los helechos arborescentes

(Cyatheaceae y Dicksoniaceae) de Costa Rica; Tesis, Universidad de Costa Rica.

SNEDAKER, S.C. & GAMBLE J.F. 1969. Compositional analysis of selected second-growth species from lowland Guatemala and Panama; *BioScience* 19: 536-538

WALLAND, A. & KINZEL, H. 1966. Über die Zusammensetzung der Zellsäfte bei Archegoniaten; *Flora* 156: 579-633

WEBER, C. 1994. Mineralstoffverhältnisse bei Baumfarnen in einem prämontanen Regenwald Costa Ricas; Diplomarbeit, Universität Oldenburg & Abteilung Ökologie, Fakultät für Biologie, Universität Bielefeld