

# Plantas acumuladoras de níquel en Brasil: Nuevos registros.

Rosalina Berazaín Iturralde\* y Tarciso S. Filgueiras\*\*

\*Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana

\*\*Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil

## RESUMEN

Los suelos de serpentina presentan altas concentraciones de metales pesados como el níquel; algunas plantas tienen la posibilidad de acumularlo en los tejidos, ellas son llamadas plantas acumuladoras si tienen entre 100 y 1000 µg/g de níquel en materia seca e hiperacumuladoras con más de 1000 µg/g. En este trabajo fueron realizadas pruebas preliminares en la naturaleza (en formaciones vegetales de "Cerrado", "Campo Sujo", "Mata ciliar" y "Brejo") en Niquelândia, Estado de Goiás, en el planalto central de Brasil, utilizando un test semi-cuantitativo con papel indicador (impregnado en dimetilglioxina a 10% en solución de etanol). Fueron confirmados seis **taxa** reportados anteriormente, y 16 nuevos **taxa** son registrados. Se destacan el grupo de las Monocotiledóneas con varias especies acumuladoras, hecho no común en otras regiones de serpentina. Los Tipos Biológicos mejor representados son las hierbas y los subarbustos.

**Palabras clave:** serpentina, plantas acumuladoras, níquel, Niquelândia, Brasil, Cerrado, Campo Sujo, Mata ciliar, Brejo

## ABSTRACT

The serpentine soils have a high concentration of heavy metals as nickel; some plants are able to accumulate it in their tissues; thus they are called accumulator plants if they have among 100-1000 µg/g in basis of dry matter, and hyperaccumulators if they have more than 1000 µg/g. In this paper preliminary tests were made in the field ("Cerrado", "Campo Sujo", "Mata ciliar" and "Brejo" formations), in Niquelândia, Goiás state, using a semi-quantitative test with indicator paper (impregnated in dimethylglyoxine in 10% in ethanol solution). A confirmation of six of the previous **taxa** report was made, and a new 16 **taxa** are given. The group of monocots are remarkable having a few accumulator species, this is uncommon in other serpentine regions. The more abundant biological types are the grasses and the small shrubs.

**Key words:** serpentine, accumulators plants, nickel, Niquelândia, Brazil, Cerrado, Campo Sujo, Mata ciliar, Brejo

## INTRODUCCIÓN

Los suelos derivados de las rocas ultramáficas, llamados de "serpentina" presentan una flora muy especial con altos porcentajes de endemismo. Estos suelos se caracterizan por poseer altas concentraciones de metales pesados como Ni, Co, Cr y bajas cantidades de nutrientes (N, P, K), la relación Ca/Mg <1, el pH es entre 6 y 7, y en general ellos son poco útiles en la agricultura, el uso principal de estos suelos es la minería. En América Tropical son encontrados en Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, y Brasil (Brooks, 1987, Berazain, 1999).

Una respuesta a la presencia de níquel en el sustrato por algunas plantas es la posibilidad de acumular este elemento en sus tejidos, en este caso, ellas son llamadas plantas acumuladoras (entre 100 y 1000 µg/g en materia seca) e hiperacumuladoras (>1000 µg/g en materia seca) según la magnitud del valor acumulado. Como comparación ver los valores en la tabla I.

Las plantas acumuladoras e hiperacumuladoras de níquel han sido encontradas preferencialmente en las zonas tropicales (Brooks, 1987; Reeves, 1992). En Brasil han sido registrados (Brooks *et al.*, 1990; Brooks *et al.*, 1992) los siguientes **taxa** (Tabla II).

Los autores antes citados destacan aspectos interesantes como:

—El primer registro de una Pteridophyta hiperacumuladora de níquel: *Adiantum* sp.

—Monocotiledóneas con altos valores (hiperacumuladoras) como *Vellozia* sp 2, es raro en este grupo de plantas.

Dada la riqueza florística de las regiones de serpentina en Brasil, es muy probable una mayor cantidad de estas especies, por esta razón fueron realizadas pruebas preliminares en la naturaleza en la región de Macedo, Municipio de Niquelândia, Estado de Goiás, en la región del planalto central de Brasil.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las localidades visitadas se encuentran entre los 5 y 20 km al norte de la ciudad de Niquelândia (14° 18'S-48 °, 23'W) y de Macedo, (región de Macedo Velho) en el mes de junio de 1999, (estación seca) esta área del planalto central pertenece al complejo máfico e ultramáfico de Niquelândia, el suelo de tipo laterita bien rojo posee entre el 0,25% y 1,5% de níquel (ver una descripción más completa en Brooks *et al.*, 1990).

La vegetación de esta región está representada por los siguientes tipos: "Cerrados", "Campos Sujos", "Campos Limpos", "Brejos" y "Matas Ciliares" (Eiten, 1983), siendo los tres primeros los más abundantes.

TABLA I

Valores normales y de acumulación de níquel en los suelos y en las plantas (Berazaín, 1999).

Concentraciones	Valor en µg/g de níquel (materia seca)
Plantas	
Plantas en suelo normal	0.5-10
Plantas no acumuladoras en suelo de serpentina	5-100
Plantas acumuladoras en suelo de serpentina	100-1000
Plantas hiperacumuladoras en suelo de serpentina	> 1000
Suelos	
Suelo normal	10-50
Suelo de serpentina	500-5000

TABLA II

Taxa registrados como plantas acumuladoras e hiperacumuladoras de Níquel en Brasil, (Brooks et al., 1990, Brooks et al., 1992).

Familia	Especie	Concentración
Acanthaceae	<i>Justicia lanstyiakii</i>	Hiperacumuladora
	<i>Lophostachys villosa</i>	Hiperacumuladora
	<i>Ruellia geminiflora</i>	Hiperacumuladora
Amaranthaceae	<i>Pfaffia</i> sp.	Hiperacumuladora
Asteraceae	<i>Chromolaena</i> sp.	Hiperacumuladora
Boraginaceae	<i>Heliotropium</i> sp.	Hiperacumuladora
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscopus ? bahianus</i>	Hiperacumuladora (1)
	<i>Euphorbia</i> sp.	Hiperacumuladora
	No identificada	Hiperacumuladora
Rubiaceae	<i>Mitracarpus</i> sp.	Hiperacumuladora
Scrophulariaceae	<i>Esterhazyia</i> sp.	Hiperacumuladora
Turneraceae	<i>Turnera subnuda</i>	Hiperacumuladora
	<i>Turnera</i> sp. 1	Hiperacumuladora
	<i>Turnera</i> sp. 2	Hiperacumuladora
	<i>Turnera</i> sp. 3	Hiperacumuladora
Velloziaceae	<i>Vellozia</i> sp.1	Acumuladora
	<i>Vellozia</i> sp 2	Hiperacumuladora
Verbenaceae	<i>Lippia</i> sp.	Hiperacumuladora
Pteridophyta	<i>Adiantum</i> sp.	Hiperacumuladora
	No identificada	Hiperacumuladora

(1) Sobre todo en el látex

El "Cerrado" con aspecto de sabana arbolada, está bien caracterizado por los árboles bajos, torcidos y recurvados, de corteza gruesa, suberificada, con marcas de fuego, esclerófilos, el estrato herbáceo es muy denso con gramíneas y otras herbáceas (Fig.1, ANEXO 1).

El "Campo Sujo" (Campo Sucio) presenta un aspecto de sabana más abierta, está caracterizado por arbustos bajos, dispersos dentro de un denso estrato de herbáceas que cubre el suelo, con gramíneas, subarbustos de tallo fino, y otras herbáceas, así como palmas acaules. Se destacan las especies del género *Vellozia* que tipifican el paisaje (Fig. 2, ANEXO 2).

Los "Campos Limpos" (Campos Limpios) son comunidades que presentan un denso estrato de gramíneas y otras herbáceas, con pocos arbustos y subarbustos de tallo fino que no se destacan por encima de las herbáceas.

La "Mata Ciliar" tiene el aspecto de un bosque de galería, se encuentra a lo largo de un pequeño curso de agua, con altos árboles y palmas (*Mauritia* sp.) formando un dosel más o menos cerrado, los arbustos están dispersos, entre las herbáceas y algunos helechos. Esta área presenta evidentes marcas de la acción humana, con troncos cortados, marcas de fuego, etc.



Fig. 1. Cerrado, al norte de Niquelândia, Goiás, Brasil.



Fig. 2. Campo Sujo (Campo Sucedo), al norte de Niquelândia, Goiás, Brasil.

Los “Brejos” son pequeñas áreas con influencia del agua de los manantiales, es una vegetación de herbáceas como gramíneas, *Xyris*, *Drosera*, *Bulbostylis*, etc. y el interesante género endémico *Ophiochloa hydroolithica*.

El método utilizado en la naturaleza fue una prueba semicuantitativa con el empleo de papel indicador impregnado con dimetilglioxina a 10 % en solución de etanol; este papel se humedece en agua y se

presiona sobre las hojas de las plantas, partiendo las mismas, si el papel se mancha de rojo (reacción positiva) indica la presencia de níquel en los tejidos foliares.

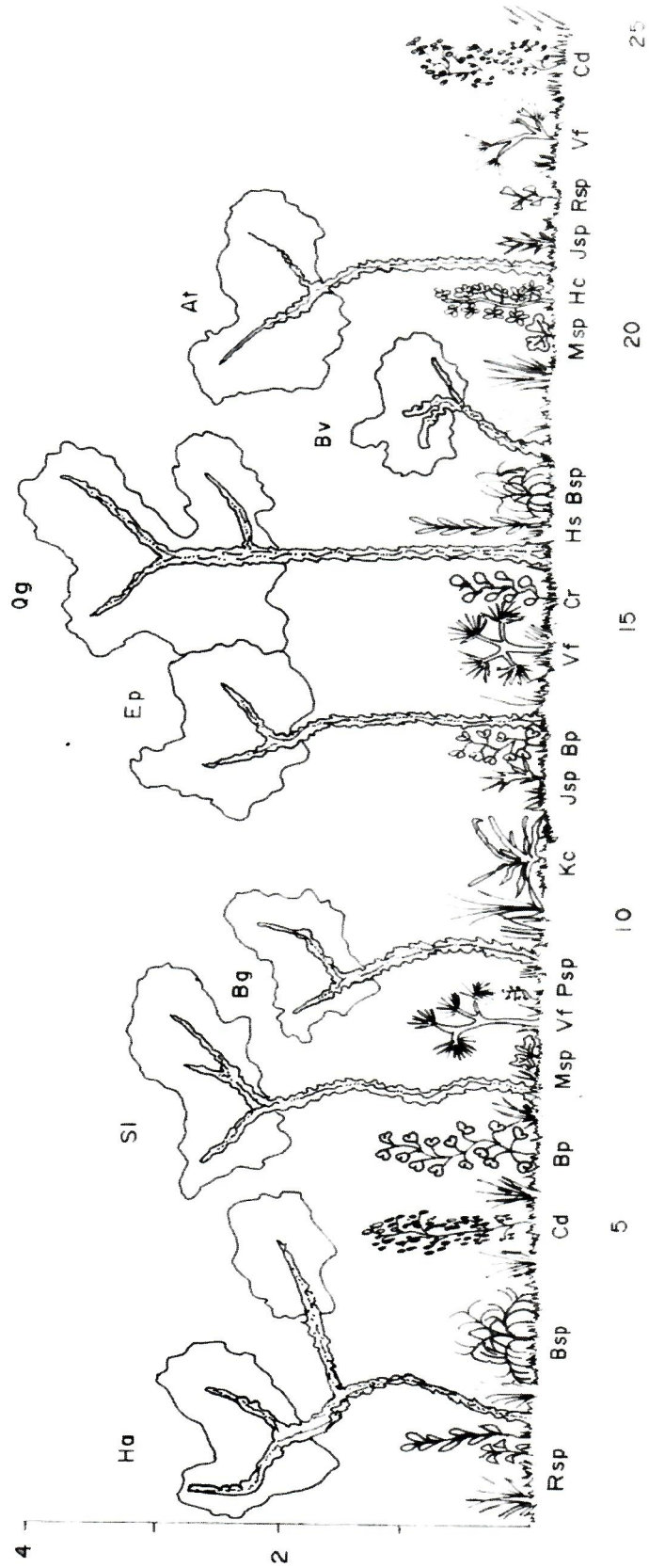
Fueron muestreadas al menos una planta de los siguientes géneros y familias (Tabla III).

A pesar de la gran abundancia de leguminosas no fueron muestreadas por no haber sido registradas en la literatura ninguna reacción positiva, es posible que la simbiosis con

**TABLA III**

Géneros y familias muestreadas en la naturaleza. (\*) Familias y géneros registrados con reacción positiva en los trópicos americanos (Brooks *et al.*, 1990; Brooks *et al.*, 1992; Reeves, 1992, Reeves *et al.*, 1999, Berazaín 1999).

Familias	Géneros
Acanthaceae (*)	<i>Justicia</i>
Apocynaceae	<i>Allamanda</i>
Amaranthaceae	<i>Gomphrena</i>
Arecaceae	<i>Acanthococos, Bactris, Butia</i>
Asteraceae (*)	<i>Vernonia</i>
Boraginaceae (*)	<i>Heliotropium (*)</i>
Bromeliaceae	<i>Dyckia</i>
Burseraceae	<i>Protium</i>
Clusiaceae (*)	<i>Kielmeyera</i>
Convolvulaceae	<i>Evolvulus</i>
Cyperaceae	<i>Bulbostylis</i>
Euphorbiaceae (*)	<i>Chamaecyse?, Cnidoscolus (*), Croton, Manihot, Phyllanthus(*)</i>
Labiatae	<i>Hyptis</i>
Lauraceae	<i>Cassytha</i>
Melatomataceae	<i>Miconia</i>
Myrtaceae (*)	<i>Eugenia, Myrcia</i>
Ochnaceae (*)	<i>Ouratea (*)</i>
Poaceae	<i>Metasetum, Ophiochloa</i>
Rubiaceae (*)	<i>Mitracarpus?.</i>
Sterculiaceae	<i>Helicteres</i>
Turneraceae (*)	<i>Turnera (*)</i>
Velloziaceae (*)	<i>Vellozia (*)</i>
Pteridophyta:	<i>Anemia</i>



**ANEXO 1.** Perfil de la vegetación de Cerrado. Leyenda: **At:** *Aspidosperma tomentosum*, **Bg:** *Brosimum gaudichaudii*, **Bp:** *Bauhinia pulchella*, **Bsp:** *Butia* sp., **Bv:** *Byrsonima verbascifolia*, **Cd:** *Calliandra dysantha*, **Cr:** *Cochlospermum regium*, **Ep:** *Eriotheca pubescens*, **Ha:** *Heteropteris arborea*, **Hc:** *Hymenaea courbari* var. *signocarpa*, **Hs:** *Helicteris sacarolha*, **Jsp:** *Justicia* sp., **Kc:** *Kielmeyera coriacea*, **Msp:** *Manihot* sp., **Psp:** *Phyllanthus* sp., **Qg:** *Qualea grandiflora*, **Rsp:** *Ruellia* sp., **SI:** *Solanum lycocarpum*, **Vf:** *Vellozia flavicans*. Nota: las gramíneas altas son: *Panicum cervicatum* y *Paspalum erianthum*; las gramíneas bajas son: *Aristida setifolia*, *Axonopus chrysoblepharis* y *Trachypogon spicatus*. (Escala en metros).

**TABLA IV**

**Taxa** encontrados con reacción positiva en la naturaleza: Grado de intensidad del color rojo en el papel indicador : 1-débil, 2-fuerte.

Familia	Especies	Grado reacción	Tipo vegetación	Tipo Biológico (hábito)
Asteraceae	<i>Vernonia sp.</i>	2	Cerrado	Sub-arbusto
Arecaceae	<i>Bactris sp.</i>	1	Mata ciliar	Palma
Bromeliaceae	<i>Dyckia sp1</i>	1	Campo sujo	Hierba
				Rosulada
	<i>Dyckia sp2</i>	1	Campo sujo	Hierba rosulada
Clusiaceae	<i>Kielmeyera rubiflora</i>	1	Cerrado	Arbusto
Convolvulaceae	<i>Evolvulus sp.</i>	2	Cerrado	Arbusto
Cyperaceae	<i>Bulbostylis sp.</i>	1	Brejo	Hierba cespitosa
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus sp.</i>	2	Cerrado	Subarbusto
	<i>Croton sp1</i>	1	Cerrado	Arbusto bajo
	<i>Croton sp2</i>	1	Cerrado	Hierba
	<i>Chamaecyse ? sp.</i>	2	Campo sujo	Hierba postrada
	<i>Manihot sp.</i>	2	Cerrado	Subarbusto
	<i>Phyllanthus sp.</i>	2	Cerrado	Subarbusto
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.</i>	2	Mata ciliar	Arbusto
	<i>Myrcia sp.</i>	1	Cerrado	Subarbusto
Ochnaceae	<i>Ouratea sp.</i>	1	Cerrado	Subarbusto
Poaceae	<i>Mesosetum loliforme</i>	1	Cerrado	Hierba estolonifera
	<i>Ophiochloa hydrolithica</i>	1	Brejo	Hierba cespitosa
Turneraceae	<i>Turnera sp1</i>	1	Cerrado	Subarbusto
	<i>Turnera sp2</i>	1	Cerrado	Subarbusto
Velloziaceae	<i>Vellozia sp1</i>	1	Campo sujo	Arbusto
	<i>Vellozia sp2</i>	1	Campo sujo	Arbusto



**Fig. 3.** *Cnidoscolus sp.* (Euphorbiaceae), al norte de Niquelândia, Goiás, Brasil. La mancha roja en el papel indicador es señal de reacción positiva (presencia de níquel en los tejidos foliares).

bacterias nitrificantes no favorezca la acumulación del níquel, igualmente sucede con las familias con micorriza (Ericaceae, Polygonaceae), las cuales son muy frecuentes en las floras de serpentina tropical.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

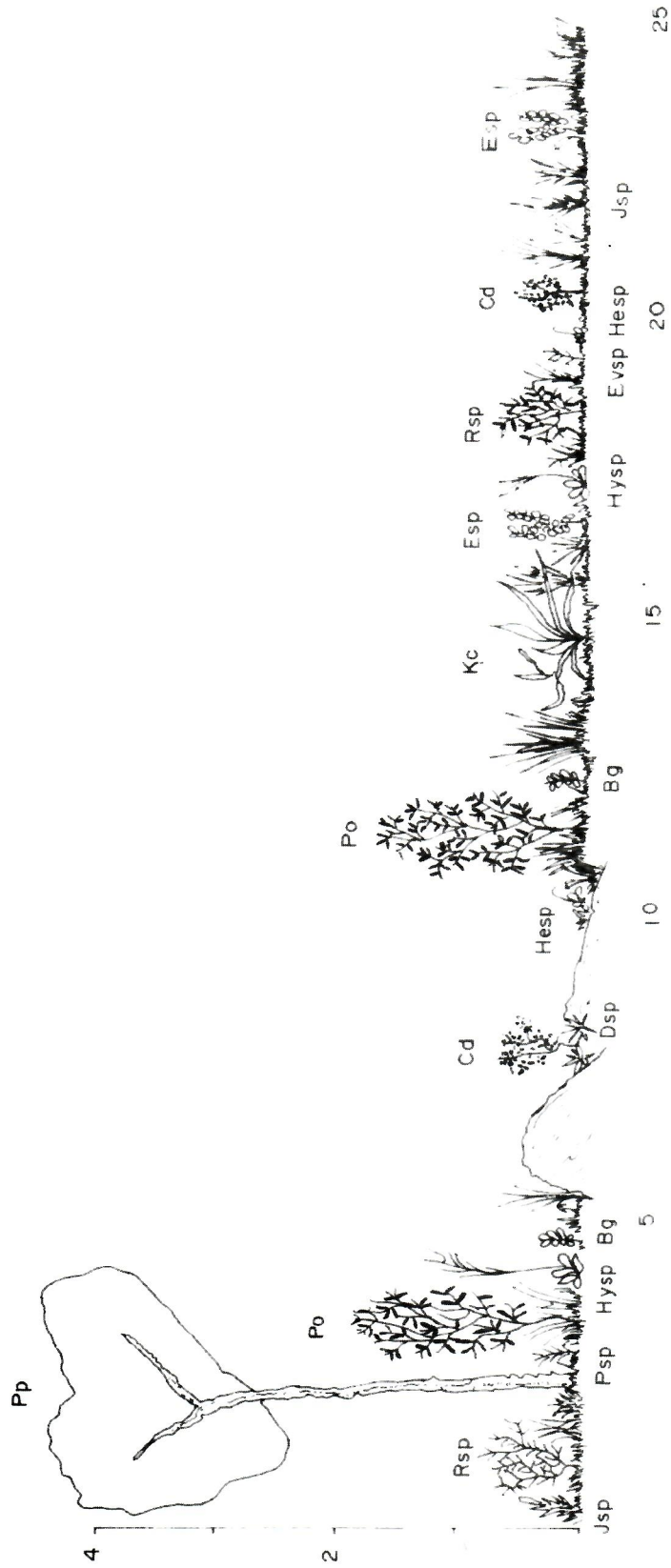
Fueron encontradas con reacción positiva las siguientes familias y géneros (Tabla IV).

En estos resultados pueden ser destacados los siguientes aspectos.

En la composición florística:

—Algunas Monocotiledóneas manifiestan una débil reacción positiva (Arecaceae, Bromeliaceae, Cyperaceae, Poaceae, Velloziaceae), en total ocho **taxa**; este comportamiento es notable, pues ha sido discutido que el sistema radicular de estas plantas no favorece la acumulación del elemento; es posible que la importancia de las monocotiledóneas en la fisionomía, ecología y biodiversidad del Cerrado, del Campo Sujo y del Campo Limpo en los suelos de serpentina, sea debido a una larga evolución **in situ** que ha permitido una adaptación y especialización al substrato, debido a eso la capacidad de tolerar y/o acumular algunos elementos minerales abundantes en el suelo como en este caso el níquel. Deben ser confirmados estos valores en análisis de laboratorio, (además de *Vellozia sp.* registrada por Brooks, *et al.*, 1990) pues serían los primeros registros de estas familias en América tropical, y solo en Brasil hasta el momento.

-Se ha confirmado con este método los resultados anteriores (Brooks *et al.*, 1990; Brooks *et al.*, 1992), sobre las especies (seis **taxa**) de los géneros *Cnidoscolus*,



ANEXO 2. Perfil de la vegetación de Campo Sujo (Campo Sujo). Leyenda: **Bg**: *Bidens gardneri*, **Cd**: *Calliandra dysantha*, **Dsp**: *Dyckia* sp., **Esp**: *Eugenia* sp., **Evsp**: *Evolvulus* sp., **Hesp**: *Heliotropium* sp., **Hysp**: *Hyptis* sp., **Jsp**: *Justicia* sp., **Kc**: *Kielmeyera coriacea*, **Po**: *Protium ovatum*, **Pp**: *Piptadenia peregrina*, **Psp**: *Polygala* sp., **Rsp**: *Randia* sp. Nota: entre las gramíneas: *Axonopus chrysoblepharis*, *Papalum pectinatum*, *Schizachyrium tenerum*, *Trachypogon spicatus*. (Escala en metros)

*Turnera* y *Vellozia*. Los demás **taxa** registrados anteriormente no fueron encontrados.

—La familia Euphorbiaceae se confirma como muy importante por la cantidad de especies con reacción positiva (seis especies) y con mayor fuerza en la respuesta; esta familia es una de las que presenta mayor cantidad de especies acumuladoras e hiperacumuladoras de níquel en los trópicos del mundo (Reeves *et al.*, 1996) (Fig. 3).

—Son registrados, por primera vez en Brasil, familias y géneros como Convolvulaceae (*Evolvulus*), Myrtaceae (*Eugenia*) y Ochnaceae (*Ouratea*) que poseen especies acumuladoras e hiperacumuladoras de níquel en América tropical.

—En total son registrados 16 nuevos **taxa**.

En la fisionomía de las plantas:

—En los Tipos Biológicos, los más representados son los subarbustos (ocho especies) y las herbáceas de varios tipos ( siete especies); son los componentes del estrato herbáceo donde está la mayor diversidad florística y morfológica; siguen los arbustos ( seis especies) también un grupo muy desarrollado en este tipo de vegetación, y solo una palma. Se puede relacionar el hecho que los Tipos Biológicos que presentan reacciones positivas más fuertes son aquellos mejor adaptados a resistir las características adversas del sustrato y del ambiente (oligotrofia mineral, fuego, entre otras). Similar comportamiento ocurre en Cuba con 130 especies hiperacumuladoras, (40% de las especies registradas en el Mundo), en este caso los Tipos Biológicos predominantes son los arbustos y árboles bajos, siendo éstos los Tipos Biológicos más abundantes de la flora de serpentina en ese país.

Este fenómeno puede interpretarse como una respuesta obtenida a lo largo del tiempo de la evolución en estos sustratos (en el caso de Cuba ha sido estimada en 10 a 30 millones de años la evolución de los suelos más antiguos). En los países fríos y templados se encuentran menor cantidad de estas especies, en ellos la evolución de la flora tiene un tiempo más corto pues fueron afectados por las glaciaciones del Pleistoceno, no así en las regiones tropicales (Reeves *et al.*, 1996).

Es notable el hecho registrado en otros estudios sobre acumulación de elementos en Brasil como en las plantas del "Triângulo Mineiro" (Minas Gerais) por Goodland e Ferri (1979). En este caso son plantas acumuladoras muy especializadas en la vida del Cerrado como las especies de Vochysiaceae, capaces de acumular más de 10.000 ppm de aluminio en sus tejidos, además de otras especies de las familias Rubiaceae, Myrtaceae, y otras; en este caso se trata de árboles bajos y arbustos, que son los

Tipos Biológicos más abundantes en estas formaciones vegetales.

### CONCLUSIONES

Se registran 16 nuevas especies con presencia de níquel en sus tejidos y se corroboran seis **taxa** registrados anteriormente. Se presentan nuevos registros de familias de Monocotiledóneas, siendo esta región el único lugar donde se encuentra este fenómeno. Se presentan por primera vez para Brasil, géneros de familias que han sido registradas en otras regiones de América Tropical.

Los Tipos Biológicos predominantes encontrados son: subarbustos e hierbas, componentes del estrato herbáceo, el mejor representado y diverso en las formaciones vegetales del área, hay arbustos y árboles pequeños presentes. Todos presentan adaptaciones muy exitosas a las características del sustrato y otras condiciones del hábitat.

Estas plantas no deben ser consideradas como una curiosidad biológica, ellas pueden servir como plantas bioindicadoras de los minerales del suelo, y con potencial acción en procesos de "limpieza" en suelos contaminados.

Es urgente y necesaria la continuación de estos estudios en la región, aún más con la intensa y extensa explotación minera que destruye el suelo y las plantas, amenazando la rica diversidad vegetal existente y trabajar en la explotación racional de los recursos naturales.

### AGRADECIMIENTOS

Al Centro Universitario de Rio Preto (UNIRP), São José do Rio Preto Sao Paulo, Brasil, por el apoyo financiero, las Profesoras Dra. Valéria Stranghetti (UNIRP) y Dra. Dania Prieto (Facultad de Biología, Universidad de la Habana) por la revisión del trabajo y sus acertadas sugerencias.

### BIBLIOGRAFÍA

Berazaín R. 1999. Estudios en plantas acumuladoras e hiperacumuladoras de níquel en las serpentinias del Caribe. *Revista Jard. Bot. Nac. (La Habana)* 20 (1): 17-25.

Brooks RR. 1987. *Serpentine and its vegetation: a multidisciplinary approach*. Portland, Oregon: Dioscorides Press, 454 p.

Brooks RR, Reeves RD, Baker AJM, Rizzo JA, Diaz H. (BRASPEX), 1988. The Brazilian Serpentine Plant Expedition (BRASPEX). *National Geographic Research*, 6: 205-219, 1990.

Brooks RR, Reeves RD, Baker AJM. The serpentine vegetation of Goiás State, Brazil. En: Baker, AJM, Proctor J, Reeves RD, eds. *The vegetation of ultramafic (serpentine) soils*. Andover UK, Intercept Ltd., 1992, cap. 5: 67-81

Eiten G. 1983. Classificação da Vegetação do Brasil, CNPq. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 305 p.

Goodland R, Ferri M. 1977. Ecologia do Cerrado. São Paulo: Universidade de São Paulo, Livraria Itaitiaia, Editora Limitada, 193 p.

Reeves RD. The Hyperaccumulation of Nickel by Serpentine Plants. En: Baker AJM, Proctor J, Reeves RD, eds. The vegetation of ultramafic (serpentine) soils. Andover, U.K.:Intercept Ltd., 1992, cap. 20 : 253-277.

Reeves RD, Baker AJM, Borhidi A, Berazaín R, 1996. Nickel accumulating plants from the ancient serpentine soils of Cuba. *New Phytologist*, 133: 217-224.

Reeves RD, Baker AJM, Berazaín R, Borhidi A. 1999. Nickel Hyperaccumulation in the serpentine of Cuba. *Annals of Botany*, 83: 9-38.

**Recibido:** 23 de junio del 2001.

**Direcc. de los autores:** \*Jardín Botánico Nacional, Carretera "El Rocío" km 3 ½, Calabazar, Boyeros. CP. 19230, Ciudad de La Habana, Cuba. \*\* Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Caixa Postal 08770, 70200-200, Brasília, DF.Brasil.