

FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS UTILIZANDO ESPECIES NATIVAS: CRITERIOS DE SELECCIÓN Y ESTUDIO DE SU CAPACIDAD DE BIOACUMULACIÓN

Gonzalez, Matias Alberto¹; Bernardo, Valeria¹; Garita, Sebastián¹; Arango, Cecilia¹; Plaza Cazón, Josefina²; Wahnan Laura¹, Ruscitti, Marcela^{1,3}

1 Instituto de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (INFIVE-CCT-La Plata), Diagonal 113, CP 1900, La Plata, Argentina.

2 Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales (CINDEFI-CCT-La Plata), Calle 50 227, CP 1900 La Plata, Argentina.

3 Departamento de Ciencias Básicas y Experimentales, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, Roque Sáenz Peña 456, CP 6000 Junín, Argentina.

magonzalez921994@gmail.com

PALABRAS CLAVE: Fitorremediación, especies nativas, metales pesados.

En las últimas décadas, la contaminación ambiental se ha vuelto un problema de preocupación mundial. Los metales pesados (MP) son los contaminantes más complejos para remediar ya que, por su naturaleza no biodegradable, suelen acumularse fácilmente en tejidos y organismos vivos perdurando durante mucho tiempo en el medio ambiente, además de que no suelen ser detectables fácilmente. Las principales fuentes de MP son de origen antropogénico, por ejemplo: relaves de minería, desechos industriales y urbanos, curtiembres, excesiva utilización de fertilizantes químicos y pesticidas, lodos de depuración, y derrame de productos petroquímicos. Algunos MP, como el Zn(II) y el Cu(II), tienen importantes funciones biológicas siendo esenciales para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas, sin embargo en altas concentraciones resultan fitotóxicos.

Las tecnologías de remediación convencionales físico-químicas para el tratamiento de suelos contaminados con MP son costosas y tienen elevados requerimientos de energía y tecnología, además de que provocan un alto grado de disturbio en el ambiente. Como alternativa, la fitorremediación se considera una técnica emergente, amigable con el ambiente y económicamente eficiente para estabilizar y/o eliminar los MP basada en la capacidad de las plantas para tolerar, extraer y bioacumular MP en su biomasa. La selección de especies no se fundamenta únicamente en esta capacidad; otras características buscadas son la capacidad de recuperar servicios ecosistémicos o la obtención de un producto que permita obtener un rédito económico durante la remediación. Las especies nativas toman notoriedad en la selección de especies por estar adaptadas a las condiciones ambientales locales y cumplir con estas características.

Con el objetivo de estudiar la capacidad de tolerancia y bioacumulación de 6 especies nativas: 3 arbóreas-arbustivas (*Sesbania punicea*, *S. virgata* y *Erythrina crista-galli*) y 3 herbáceas (*Canna indica*, *Lippia alba* y *Tagetes minuta*) se realizó un ensayo, en condiciones controladas de invernáculo en macetas con sustrato tierra-arena (2:1). Luego de 2 meses de crecimiento para las especies herbáceas y 6 para las arbóreas-arbustivas, se aplicaron, vía inundación, 2 concentraciones de Zn(II) (ZnI 1000 y ZnII 3000 ppm) y Cu(II) (CuI 500 y CuII 1500 ppm) más un control (Zn0 y Cu0). A los 21 días se determinaron los siguientes parámetros: supervivencia mediante el conteo de individuos muertos, biomasa en

peso seco (PS) mediante secado en estufa a 60°C hasta peso constante, contenido de Zn(II) y Cu(II) mediante digestión ácida húmeda abierta y posterior cuantificación con espectroscopía de absorción atómica, y se confeccionaron índices de traslocación (IT) (cociente entre la acumulación en la parte aérea y la raíz) y tolerancia (ITl) (cociente entre el PS del tratamiento y el del testigo) (Tabla 1).

Todas las especies presentaron 100% de supervivencia en todas las concentraciones de ambos MP ensayados. El PS disminuyó con las concentraciones crecientes de ambos MP, exceptuando *S. punicea* en 1000 ppm Zn(II) que presentó un leve incremento (aproximado al 10% con respecto al testigo). La acumulación de MP fue variada; los valores máximos de Zn(II) en biomasa se obtuvieron para *T. minuta* (8724,98 mg.kg⁻¹) y para *S. punicea* (2511,67 mg.kg⁻¹) respectivamente, mientras que para Cu(II) los valores máximos se obtuvieron para *T. minuta* (2767,5 mg.kg⁻¹) y *S. virgata* (3064,27 mg.kg⁻¹). La mayoría de las especies mostró una mayor acumulación en las raíces, definida por el IT con valores menores a 1. Sin embargo *T. minuta* acumuló en mayor proporción en la parte aérea en la concentración de 3000 ppm Zn(II) alcanzando un IT de 2,46; similar comportamiento se observó para *E. crista-galli* en las concentraciones de 1000 ppm y 2000 ppm Zn(II) con IT de 2,1 y 1,3 respectivamente. Exceptuando *C. indica*, *L. alba* y *S. punicea*, el resto de las especies presentaron ITl mayores al 60% para todas las concentraciones de ambos MP, indicando que el crecimiento no fue afectado. *C. indica* presentó ITl menores al 60% en todas las concentraciones de Zn(II) y con 1000 y 1500 ppm Cu(II), *L. alba* con 3000 ppm Zn(II) y 1000 y 1500 ppm Cu(II) y *S. punicea* con 3000 ppm Cu(II).

Las concentraciones encontradas en la biomasa de estas especies superan los límites estimados en la literatura como fitotóxicos para especies vegetales en general (100-300 mg.kg⁻¹ PS para Zn(II) y 50-100 mg.kg⁻¹ PS para Cu(II), sin embargo su crecimiento no fue afectado en gran medida. La capacidad de acumular mayor cantidad en las raíces permite su utilización como fitoestabilizadoras, que no extraen los metales del suelo, pero los dejan no disponibles, reduciendo su peligrosidad. A su vez, la capacidad de acumular en la parte aérea vista por *T. minuta* y *E. crista-galli* permite la extracción de estos MP del suelo, funcionando como especies fitoextractoras. Se concluye que estas especies podrían ser utilizadas para programas de restauración y remediación como especies

fitoestabilizadoras y/o fitoacumuladoras para suelos contaminados con concentraciones moderadas de Zn(II) o Cu(II).

Tabla 1. Determinaciones realizadas en las especies nativas creciendo en las distintas concentraciones de Zn(II) y Cu(II).

	MP	PS Total (mg)	MP en hojas (mg kg ⁻¹)	MP en raíces (mg kg ⁻¹)	MP Total (mg kg ⁻¹)	ITI (%)	IT
<i>Canna indica</i>	Zn 0	2663,0	34,6	78,3	112,8	100%	0,44
	Zn I	1616,8	451,9	681,2	1133,0	61%	0,66
	Zn II	1249,3	2164	6561	8725	47%	0,33
	Cu 0	472,8	11,9	81,6	93,5	18%	0,15
	Cu I	2663,0	48,38	301,9	350,3	100%	0,16
	Cu II	2224,3	159,7	1272,4	1432,1	84%	0,13
<i>Lippia alba</i>	Zn 0	1306,0	117,1	35,3	152,4	49%	3,32
	Zn I	1067,8	307,06	601	908	40%	0,51
	Zn II	17021,8	559,4	1332,9	1892,3	100%	0,42
	Cu 0	15002,3	31,1	36,2	67,3	88%	0,86
	Cu I	11150,0	53,4	183,77	237,17	66%	0,29
	Cu II	9254,0	303,25	981,8	1285	54%	0,31
<i>Tagetes minuta</i>	Zn 0	17021,8	122,7	416,4	539,1	100%	0,29
	Zn I	12212,3	355,9	728,4	1084,3	72%	0,49
	Zn II	10274,6	5755,3	2340,9	8096,2	60%	2,46
	Cu 0	7471,8	19,4	36,3	55,7	44%	0,54
	Cu I	11685,0	38,2	771,9	810,1	100%	0,05
	Cu II	9679,6	223,5	2543,9	2767,5	83%	0,09
<i>Sesbania virgata</i>	Zn 0	7677,2	58,6	50,35	108,9	66%	1,16
	Zn I	7459,6	265,1	579,7	844,8	64%	0,46
	Zn II	11685,0	700,6	1278,6	1979,3	100%	0,55
	Cu 0	9153,8	16,2	27,29	43,5	78%	0,60
	Cu I	7624,4	28,2	1302,6	1330,8	65%	0,02
	Cu II	7684,8	306,02	2758,2	3064,3	66%	0,11
<i>Sesbania punicea</i>	Zn 0	25597,3	58	55,6	113,6	100%	1,04
	Zn I	21207,8	105,3	551,7	657	83%	0,19
	Zn II	19807,8	867	1644,6	2511,6	77%	0,53
	Cu 0	19703,8	1,56	17,8	19,36	77%	0,09
	Cu I	25597,3	29,7	575	604,7	100%	0,05
	Cu II	17729,0	35,89	597,68	633,57	69%	0,06
<i>Erythrina crista-galli</i>	Zn 0	17223,0	56,7	43,2	99,8	67%	1,31
	Zn I	16076,6	254,2	121	375,1	63%	2,10
	Zn II	20481,8	636,8	740,3	1377,1	100%	0,86
	Cu 0	22525,2	16,9	37,2	54,1	110%	0,45
	Cu I	18014,6	20,1	184,7	204,8	88%	0,11
	Cu II	18576,8	289,3	870,4	1159,7	91%	0,33