



4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Especies identificadas

En total se identificaron once especies, de las cuales en nueve fue posible determinar la familia, el género y la especie, y en las dos restantes no fue posible determinar la especie ya que no se pudo colectar la flor y el fruto. La Tabla 5 muestra las especies identificadas.

Tabla 5. Especies identificadas en las presas de jales.

Muestras	Familia	Género	Especie	Autor
JS 001C JS 009B	Solanaceae	Nicotina	glauca	Graham
JS 002C JS 012B JS 019A JS 021A	Asteraceae	Flaveria	pubescens	Rydb.
JS 003C JS 013B JS 017 A	Anacardiaceae	Schinus	molle	L.
JS 004C JS 015A	Casuarinaceae	Casuarina	Sp.	
JS 005C JS 016A JS 018A JS 022A	Bignoniaceae	Tecoma	stans	(L.) Kunth
JS 006C JS 011B JS 025A	Leguminosae	Prosopis	Sp.	
JS 007C JS 010B JS 023A	Poaceae	Cenchrus	ciliaris	L.
JS 008C JS 014B	Scrophulariaceae	Maurandia	antirrhiniflora	Humb.& Bonpl. ex Willd
JS 020A	Euphorbiaceae	Ricinus	cummunis	L.



JS 024A JS 026A	Cactaceae	Opuntia	lasiacantha	Pfeiffer
JS 027A	Cactaceae	Opuntia	tomentosa	Salm-Dyck

A : presa 1; B: presa 2; C: presa 3

4.2 Concentración de metales y metaloides en las plantas

La Tabla 6 muestra las concentraciones de los cinco elementos en cada parte de la planta. Las abreviaciones utilizadas son las siguientes:

R: raíz; T: tallo; Rm: rama; H: hoja; F: flor; d: duplicado; Rep: repetición

Tabla 6. Concentración total de metales en las partes de la planta.

Presa	Clave	Concentración en mg/kg					Especie
		As	Cu	Cd	Pb	Zn	
3	JS 001-R	3.64	7.70	6.10	41.38	164.90	Nicotina glauca
	JS 001-Rd	3.54	*	5.66	28.61	163.92	
	JS 001-T	1.88	5.71	3.74	13.19	256.84	
	JS 001-Rm	14.57	4.56	16.86	22.21	375.84	
	JS 001-H	30.99	36.08	37.08	41.65	665.01	
	JS 001-F	9.26	18.82	13.54	41.72	164.31	
2	JS 009-R	8.06	10.48	8.48	58.47	259.43	Nicotina glauca
	JS 009-Rd	8.05	9.16	8.67	54.58	254.98	
	JS 009-T	8.49	0.00	10.28	14.68	224.64	
	JS 009-Rm	42.91	14.39	47.48	44.48	905.64	
	JS 009-H	46.13	51.45	51.05	44.47	622.13	
2	JS 009-F	18.00	41.82	17.65	63.78	332.93	Nicotina glauca



3	JS 002-R	3.54	*	4.98	23.51	114.54
	JS 002-T	3.23	*	6.78	21.63	206.30
	JS 002-H	12.16	*	11.06	105.64	363.76
	JS 002-F	3.84	0.64	10.15	26.59	95.04
2	JS 012-R	1.40	16.39	2.90	61.98	73.17
	JS 012-Rd	1.66	16.87	3.39	78.34	79.44
	JS 012-Rm	0.69	2.79	3.29	32.24	43.91
	JS 012-H	4.31	30.13	6.68	73.82	140.66
	JS 012-F	1.98	18.56	4.39	57.98	72.06
	JS 012-F Rep	1.93	18.87	4.59	46.92	80.27
	JS 012-F Rep	1.73	15.58	4.39	22.56	70.09
	JS 12-F d Rep	1.79	15.59	4.70	26.58	75.05
1	JS 019-R	4.54	25.36	3.99	51.52	219.65
	JS 019 Rd	4.91	28.50	3.99	43.74	223.20
	JS 019-Rm	2.32	12.97	3.49	67.84	103.75
	JS 019-H	15.06	88.32	11.58	133.73	579.84
	JS 019-F	4.29	37.22	5.79	70.35	586.71
	JS 019-F Rep	4.25	30.61	5.50	45.12	188.08
	JS 019-F d Rep	4.71	29.04	7.12	47.92	198.95
1	JS 021-R	4.29	11.08	2.40	42.42	129.77
	JS 021-Rd	3.20	10.18	2.10	38.32	119.74
	JS 021-T	2.82	5.20	4.60	36.67	46.66
	JS 021-H	9.00	30.21	9.80	55.42	164.07
	JS 021-F	9.92	40.17	9.09	79.94	301.76

**Flaveria
pubescens**



ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1	JS 021-F Rep	12.34	28.09	11.10	46.78	384.85	Flaveria pubescens
3	JS 003-R	2.26	12.29	5.30	26.98	69.86	Schinus molle
	JS 003-T	0.64	14.39	3.50	0.00	45.17	
	JS 003-Rm	1.87	4.48	4.98	5.88	187.36	
	JS 003-H	11.29	4.79	3.90	7.79	54.04	
	JS 003-F	0.81	2.20	4.10	22.60	35.10	
2	JS 013-T	0.00	1.59	1.49	23.02	13.16	
	JS 013-Rm	0.46	4.30	2.10	25.89	27.29	
	JS 013-H	0.18	3.80	1.80	33.16	27.57	
1	JS 017-Rm	2.95	16.09	5.50	39.08	81.87	
	JS 017-H	0.61	16.50	2.60	51.39	72.79	
3	JS 004-R	0.49	0.00	4.38	18.43	35.87	Casuarina Sp
	JS 004-T	0.21	0.00	2.58	4.60	11.67	
	JS 004-Rm	1.55	0.50	5.99	20.47	40.74	
	JS 004-H	0.57	2.37	2.68	10.45	52.02	
	JS 004-Hd	0.55	4.68	5.78	18.02	98.98	
1	JS 015-R	1.64	6.17	3.38	37.62	106.49	
	JS 015-T	0.10	0.80	2.70	19.97	19.17	
	JS 015-Rm	1.75	8.99	3.90	79.01	74.21	
	JS 015-H	0.87	20.57	2.70	57.32	127.82	
	JS 015-Hd	0.90	20.14	2.69	57.43	125.62	
3	JS 005-R	0.00	25.98	9.65	39.01	394.11	Tecoma stans
	JS 005-T	3.71	16.64	20.42	27.99	552.19	
	JS 005-Rm	2.01	12.76	6.68	5.48	165.50	
	JS 005-H	1.29	9.66	5.97	14.54	164.28	



ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1	JS 016-R	3.63	9.89	5.20	59.86	138.92		
1	JS 016-Rd	3.94	10.49	5.49	54.15	162.84	Tecoma stans	
	JS 016-T	2.88	0.90	4.99	30.96	171.79		
	JS 016-Rm	22.48	14.29	25.37	58.44	564.44		
	JS 016-H	30.13	52.73	32.80	73.27	927.03		
1	JS 018-T	0.36	0.00	2.29	25.61	14.45		
	JS 018-Rm	0.89	10.30	3.10	26.29	47.68		
	JS 018-H	1.17	11.00	3.00	40.49	77.58		
1	JS 022-R	8.47	18.06	2.09	58.26	182.56		
	JS 022-Rm	3.14	19.28	2.21	62.85	119.22		
	JS 022-H	8.06	32.73	2.79	92.60	239.47		
3	JS 006-R	2.56	87.83	3.30	87.23	159.87		Prosopis Sp.
	JS 006-T	1.02	0.80	5.99	7.09	57.80		
	JS 006-Td	1.15	4.09	6.49	15.48	60.20		
	JS 006-Rm	2.96	0.00	4.80	11.50	169.93		
	JS 006-H	3.28	21.84	8.18	53.96	57.75		
2	JS 011-T	0.20	1.89	2.29	32.11	21.84		
	JS 011-Rm	1.01	8.60	3.10	25.99	108.96		
	JS 011-H	1.38	22.38	3.20	36.27	156.87		
1	JS 025-R	0.85	1.20	0.00	26.30	71.10		
	JS 025-T	2.05	8.58	1.00	49.90	115.77		
	JS 025-Rm	3.01	15.89	2.10	34.19	129.95		
	JS 025-H	2.45	20.25	1.40	59.35	159.59		
3	JS 007-R	2.70	0.00	4.38	48.02	143.45	Cenchrus ciliaris	
	JS 007-H	3.45	4.69	4.89	32.46	251.70		



ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2	JS 010-R	8.13	18.61	9.21	55.24	317.25	
	JS 010-H	3.71	11.40	4.00	47.38	280.89	
2	JS 010-H Rep	2.42	5.40	3.40	4.65	230.95	Cenchrus ciliaris
1	JS 023-R	3.07	5.50	2.10	38.10	148.00	
	JS 023-H	1.14	6.57	1.00	51.49	189.24	
3	JS 008-R	3.37	15.78	4.49	98.58	184.78	
	JS 008-T	3.32	16.05	5.58	62.19	108.63	
	JS 008-H	5.18	20.68	7.02	28.43	205.56	
2	JS 014-R	2.20	4.47	7.02	108.24	114.30	
	JS 014-Rm	0.74	3.12	3.90	61.43	76.05	
	JS 014-H	2.63	19.91	4.94	47.67	183.14	
1	JS 020-R	0.49	11.19	0.90	21.28	133.89	Ricinus cummunis
	JS 020-T	0.48	2.80	0.70	37.58	38.88	
	JS 020-Rm	0.28	9.16	1.49	19.92	75.48	
	JS 020-H	0.50	9.89	1.50	22.27	72.90	
	JS 024-R	12.54	13.77	11.68	36.13	413.17	Opuntia lasiacantha
	JS 024-H	0.33	0.00	0.30	23.96	67.98	
	A-T	0.00	0.00	0.00	7.39	30.27	Aguacate Lugo
	A-Td	0.00	0.00	1.30	12.98	32.35	
	A-Rm	0.00	0.40	1.50	0.00	38.35	
	A-Rm d	0.00	0.60	1.60	7.09	36.36	
	A-H	0.00	4.99	1.70	15.06	25.64	
	A-Hd	0.00	4.39	1.50	14.17	24.55	
	ML-R	0.03	0.00	1.70	17.19	209.83	Maíz Lugo
	ML-T	0.00	0.00	1.20	11.59	200.84	

	ML-H	0.00	5.99	1.30	21.47	44.23	
--	------	------	------	------	-------	-------	--

* No se realizó.

4.3 Discusión de resultados

A continuación en las Figuras 23 a 32, se presenta una imagen de cada especie para observar su tamaño y estructura, como referencia para relacionarlas con la concentración de metales y metaloides que logran acumular.



Figura. 23
Nicotina glauca



Figura 24. *Flaveria Pubescens.*

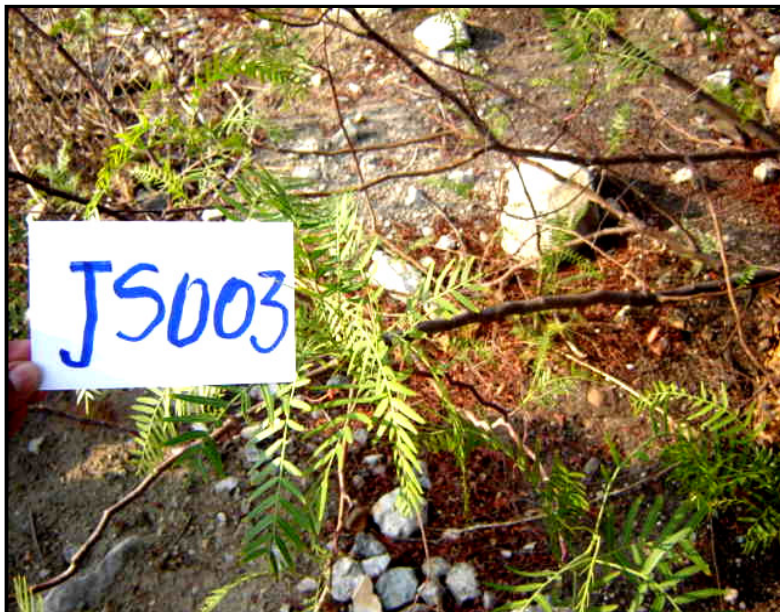


Figura 25. *Schinus Molle.*



Figura 26.
Casuarina Sp.



Figura 27.
Tecomastans.



Figura 28.
Prosopis Sp.



Figura 29.
Cenchrus ciliaris.



Figura 30. *Maurandia antirrhiniflora*.

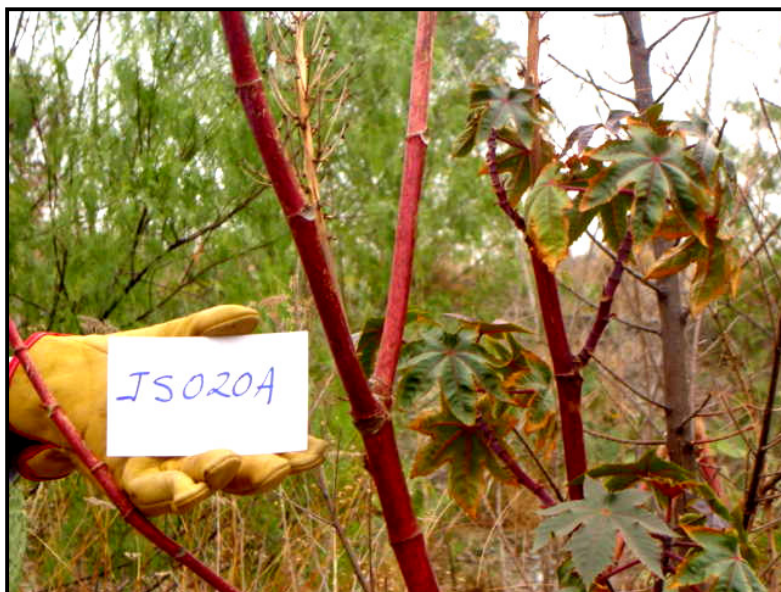


Figura 31. *Ricinus cummunis*.



Figura 32.
Opuntia lasiacantha

La Figura 33 que a continuación se presenta, fue elaborada con el contenido total de metales y metaloides promediados para cada especie obtenidos de los análisis de laboratorio. Se observa el contenido total de los cinco elementos en cada especie en toda su estructura, donde se aprecia que la *Nicotina glauca*, *Flaveria pubescens* y *Tecoma stans* son las especies con mayor contenido de elementos metálicos, sin embargo es claro que el Zn es el más abundante en todas las especies en comparación con los demás elementos pero no es un metal que presente riesgo, ya que no está regulado en las normas NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.

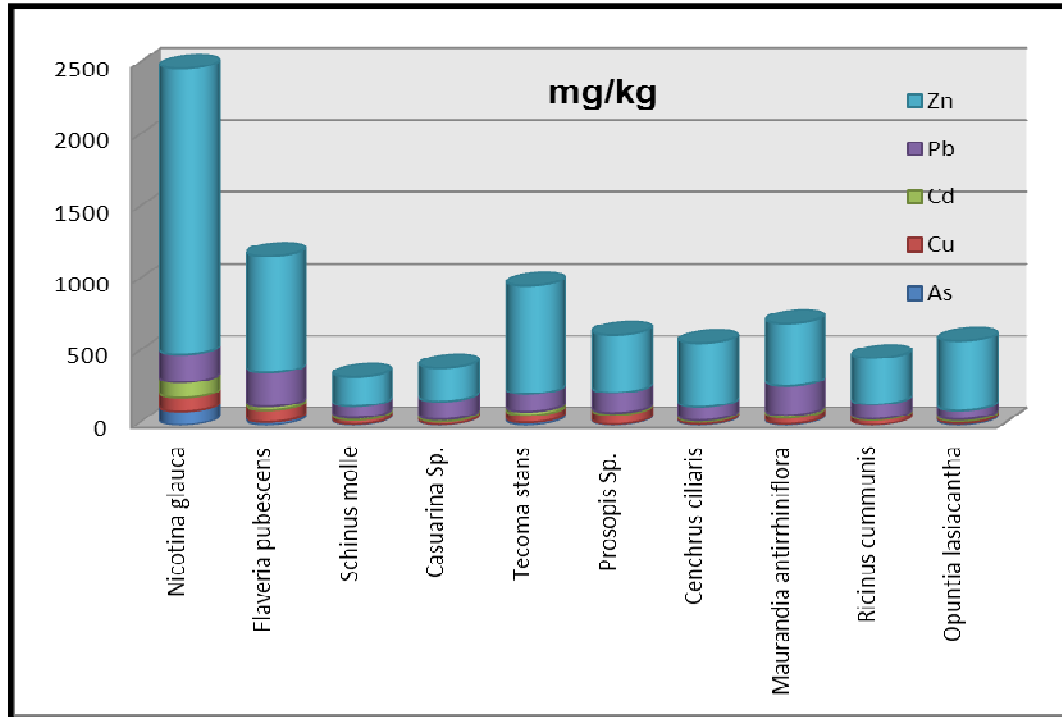


Figura 33. Concentración total acumulada de metales y metaloides.

En la Figura 34 se observa que las especies que concentran mayor cantidad de As son la *Nicotina glauca*, *Tecoma stans*, *Flaveria pubescens*, y *Opuntialasiacantha*. La diferencia de concentración entre las muestras 001 y 009 de la especie *Nicotina glauca* se debe a diferentes factores: concentración total de As en los jales, fracción soluble, generación de acidez de la presa, tamaño y edad de la planta, etc. La planta es alta, algunas muestras observadas en el campo son de más de 2 m, sus ramas son abundantes y delgadas, su follaje más bien escaso, la raíz delgada y no profundiza y su flor pequeña. La mayor concentración en esta especie se localiza en la parte aérea de la planta; es decir, en la estructura expuesta al viento, lo que indica que esta especie favorece el proceso llamado fitoextracción y puede ser podada para forzar su crecimiento y aumentar la extracción de elementos potencialmente tóxicos del suelo que recubre los jales.



La muestra 016 de la especie *Tecoma stans* acumuló As en cantidad semejante a la muestra 001 de *Nicotina glauca*; sin embargo, en las muestras 005, 018 y 022 las concentraciones fueron mucho menores por los mismos factores mencionados anteriormente, pero basta una muestra para establecer que esta especie es tolerante a los metales y metaloides y acumula en cantidades superiores a otras especies como la *Prosopis Sp.*, que en las tres muestras presenta baja concentración de As, o la *Schimus molle* que a pesar de ser una especie grande, su contenido es bajo. En el caso de la *Flaveriapubescens* se nota un comportamiento similar entre las cuatro muestras con concentraciones por encima de 20 mg/kg, excepto en la muestra 012. Esta especie es arbustiva con hojas pequeñas y flores abundantes, la mayor concentración se localizó en las hojas. La especie *Opuntia lasiacantha* resulta interesante, pues aunque se observan bajas concentraciones, esta especie de nopal presenta el proceso llamado fitoestabilización, pues el As es acumulado en la raíz, por lo cual puede ser utilizada con un doble propósito; para concentrar elementos y para brindar estabilidad física a la presa ya que su raíz es muy abundante y muy fuerte.

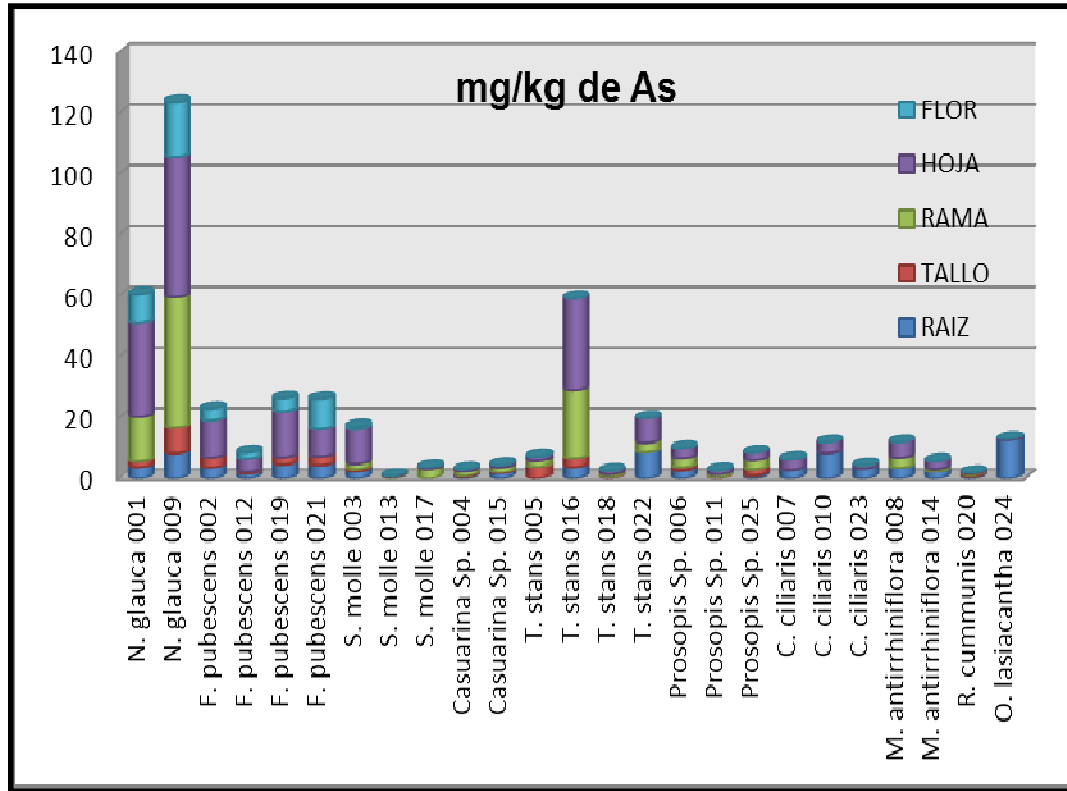


Figura 34. Concentración de arsénico y su distribución en la planta.

En la Figura 35 se aprecia que el Cu es concentrado en mayor grado que el As por la mayoría de las especies, nuevamente la *Nicotina glauca*, *Flaveria pubescens* y *Tecoma stans* son de las especies que muestran mayor concentración de Cu, como sucedió con el As, pero ahora se aprecia que también la *Prosopis Sp.*. En especial la muestra 006 es una buena acumuladora de este metal, comparable con la muestra 009 de *Nicotina glauca*, solo que la concentración se presenta por diferentes mecanismos; la *Nicotina* a través de la fitoextracción y la *Prosopis* por medio de la fitoestabilización. Debido a las características en la estructura de la *ProsopisSp.* puede ser utilizada para evitar la dispersión de los jales por efecto del viento y al mismo tiempo para estabilizar el Cu en el suelo.

La *Nicotina*, *Flaveria*, *Tecoma* y *Maurandia* concentran al Cu en mayor proporción en su estructura aérea, lo cual podría mejorar la extracción del metal en el suelo debido a que se puede podar. Se esperaba que las especies con estructura grande como la *S. molle*, *Casuarina Sp.* y *R. cummunis* presentaran mayor concentración que las especies pequeñas; pero

la gráfica revela que son las de menor contenido, igual que la *C. ciliaris* que es una variedad de pasto de gran follaje y la *O. lasiacantha* que es una variedad de nopal con raíces abundantes y fuertes.

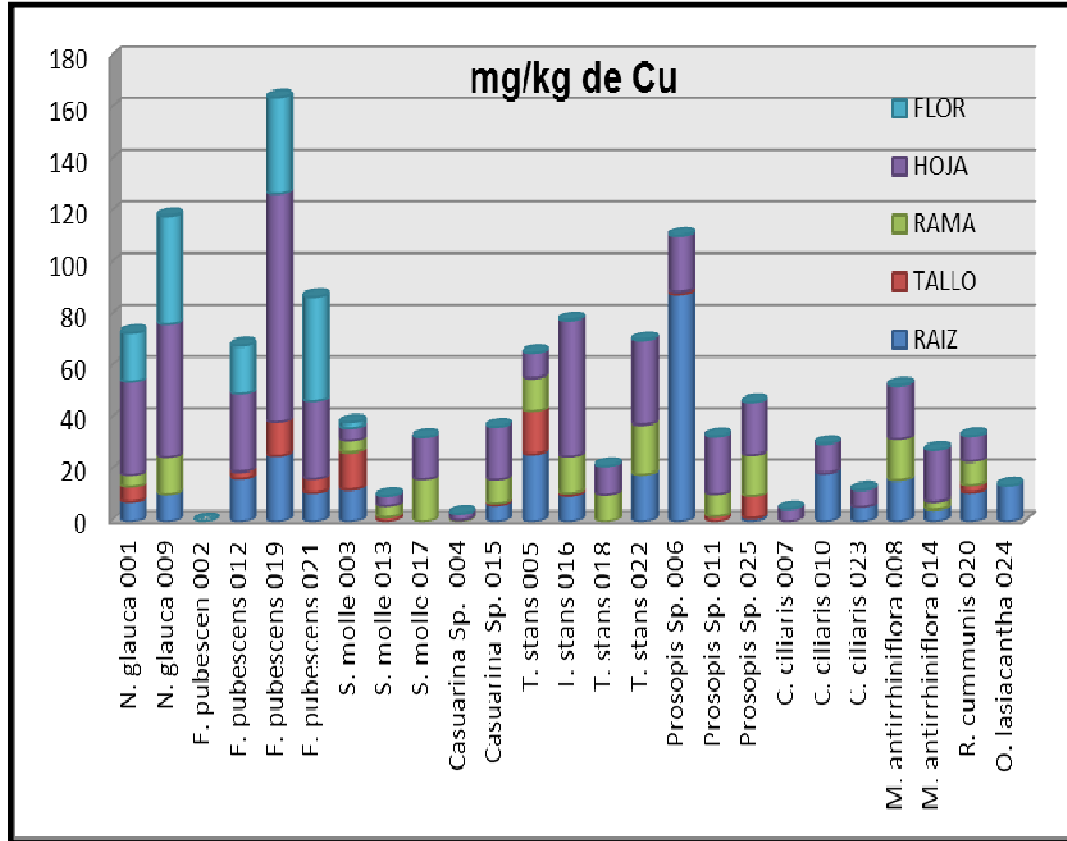


Figura 35. Concentración de cobre y su distribución en la planta.

En la Figura 36 el Cd es claramente acumulado en mayor proporción nuevamente por la *N.glauca* y la *T. stans*, seguidas de la *F. pubescens*, aunque con una clara diferencia respecto a las primeras. Es interesante observar que la *N. glauca* es alta, sus ramas son delgadas y su follaje escaso; las otras dos son especies arbustivas muy abundantes en la zona. Las tres especies presentan fitoextracción con cerca del 90% acumulado en su estructura aérea. Cabe mencionar que el Cd es el elemento de menor concentración en los jales y el resto de las especies, aunque no contienen más de 20 mg/kg pueden también ser útiles para la remediación del suelo. La *O. lasiacantha* aunque logró acumular poco menos de 12 mg/kg lo hizo

con un 100% en la raíz, es la única especie que presentó Fitoestabilización para este elemento.

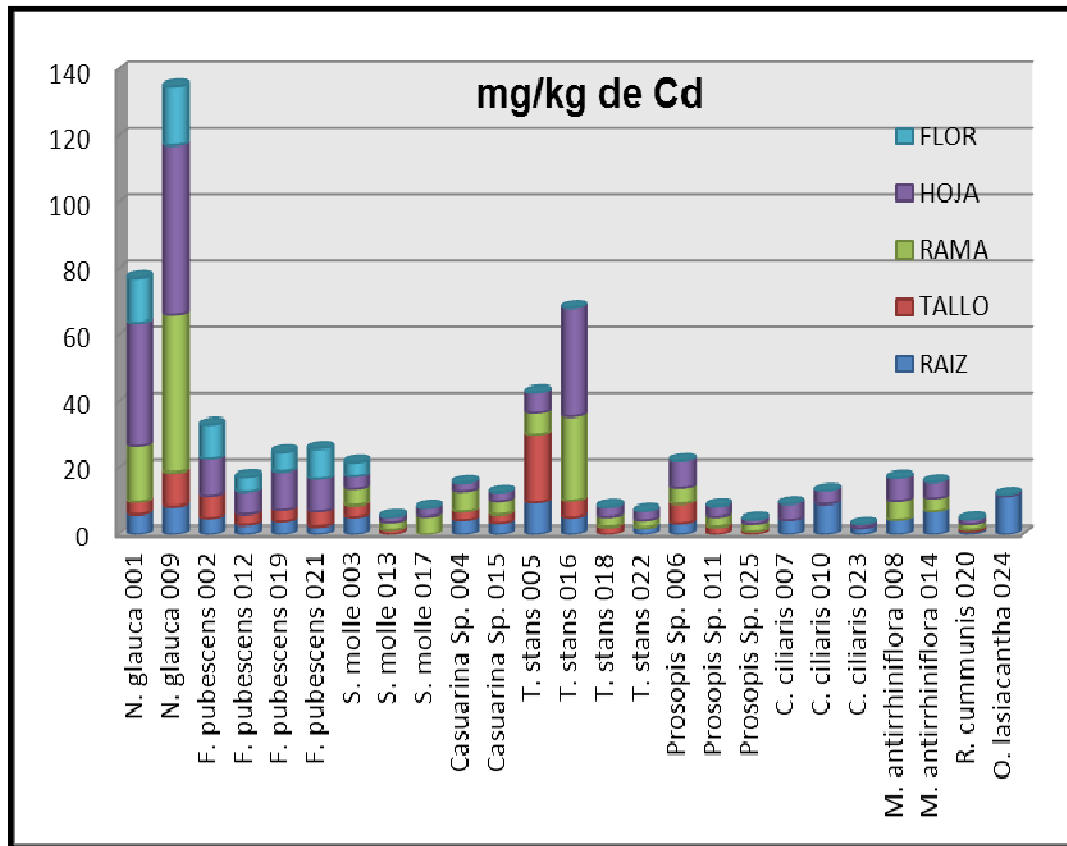


Figura 36. Concentración de cadmio y su distribución en la planta.

Son varias las especies que mostraron acumulación importante de Pb. En la Figura 37 se destaca la muestra 019 de la *F. pubescens* con más de 300 mg/kg, otras especies con contenidos en el rango de los 200 mg/kg fueron: *N. glauca*, *Casuarina Sp.*, *T. stans*, *Prosopis Sp.* y la *M. antirrhiniflora*. Destaca en esta última la concentración de plomo, principalmente porque se trata de una especie pequeña y que se destaca por su tolerancia al plomo a diferencia del resto de los metales. Ninguna especie concentró menos de 50 mg/kg, lo cual quiere decir que todas tienen buena tolerancia a este elemento. La mayoría de las muestras presentaron fitoextracción, solo la muestra 006 de *Prosopis Sp.*, las dos muestras de *M. antirrhiniflora*, la

muestra 010 de *C. ciliaris* y la muestra de *O. lasiacantha* concentraron al Pb en mayor porcentaje en la raíz.

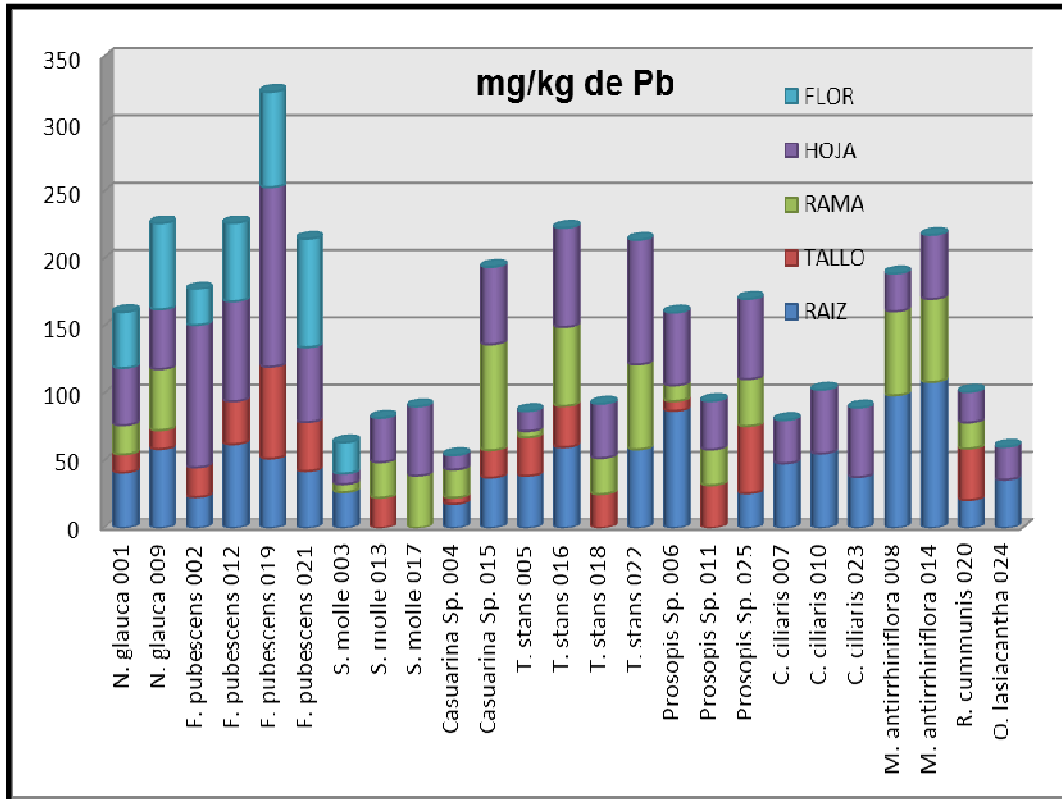


Figura 37. Concentración de plomo y su distribución en la planta.

El Zn es uno de los elementos de menor concentración en los jales, se encuentra por debajo del Pb y As, en la presa número 1 es el que presenta mayor fracción soluble. En la Figura 38 son tres las especies que mostraron mayor concentración de este elemento; la *N. glauca* en primer lugar, seguida de *T. stans* y *F. pubescens*. Estas tres especies son las que encabezan la lista de aquellas que mejor se han adaptado a la presencia de metales y metaloides, pues son de las especies nativas más abundantes en la zona, además son las que concentran en mayor proporción a todos los elementos estudiados en este trabajo. Otras que concentran menor cantidad de Zn en proporción a las primeras son: *Prosopis Sp.*, *C. ciliaris*, *M. antirrhiniflora*, *R.*

cummunis y *O. lasiacantha*, con concentraciones superiores a los 250 mg/kg; esto nos da una idea de la facilidad que tienen las plantas para absorber el Zn, pues las concentraciones más bajas de este elemento son superiores a las concentraciones más altas de los demás elementos. Es evidente que el mecanismo empleado por las plantas para la acumulación del Zn es la fitoextracción, ya que 23 muestras traslocaron los elementos a su estructura aérea, y solo la muestra 010 de *C. ciliaris* y la muestra de *O. lasiacantha* fijan el metal en mayor proporción hacia la raíz.

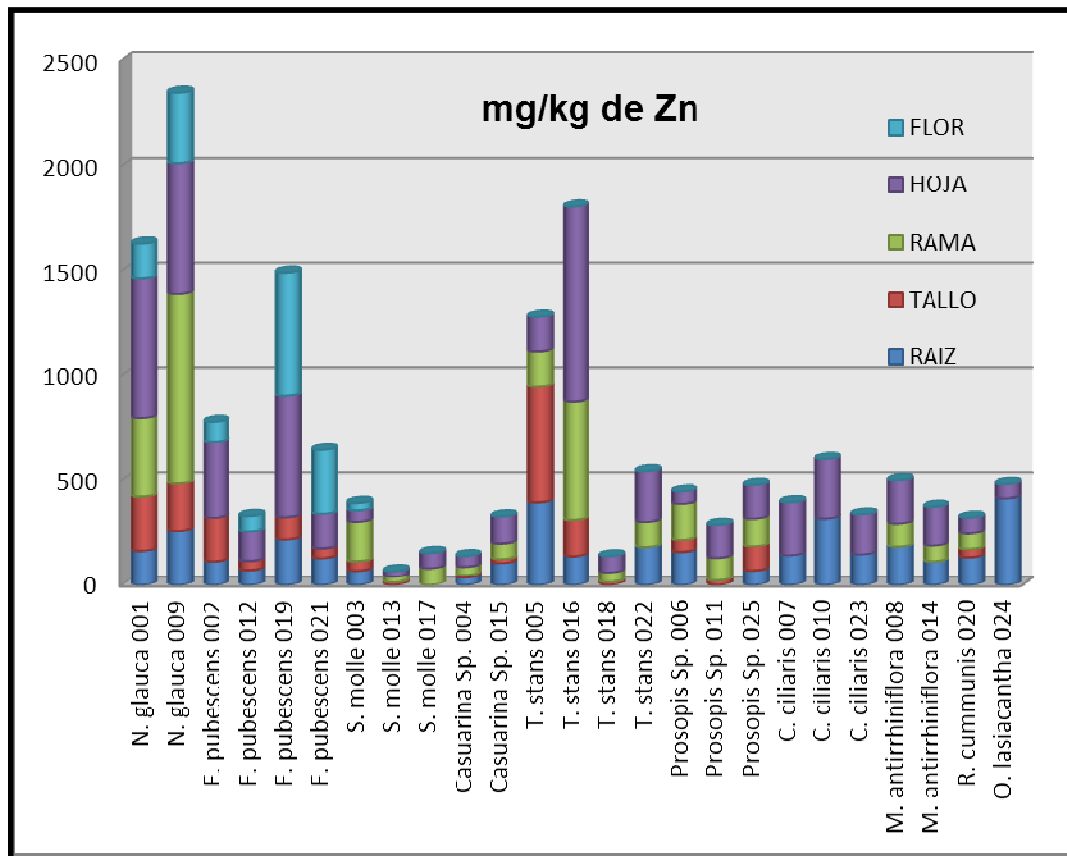


Figura 38. Concentración de zinc y su distribución en la planta.

Las muestras de aguacate y maíz reportadas en la Tabla 6, fueron analizadas con la misma metodología que las demás muestras. En general, las concentraciones en estas fueron bajas; el As no fue acumulado por ninguna muestra, el Cu en algunos casos reportó concentraciones por debajo de 6mg/kg, el Cd por debajo de 2 mg/kg. El Pb en general se



encontró en bajas concentraciones; solo la muestra de hoja de maíz alcanzó a rebasar los 20mg/kg. El Zn fue el elemento más concentrado, las muestras de raíz y tallo lo contenían en más de 200mg/kg.