



## INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA

### CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE PELO Y TEJIDOS DE DOS ESPECIES DE MURCIÉLAGOS (*Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis*)

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el título de:

**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

PRESENTAN:

Natalia de Jesús Sánchez Antonio  
Olivia Gómez Martínez







# INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA

## CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE PELO Y TEJIDOS DE DOS ESPECIES DE MURCIÉLAGOS (*Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis*)

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el título de:

**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

PRESENTAN:

Natalia de Jesús Sánchez Antonio  
Olivia Gómez Martínez



---

Ex-hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca  
Noviembre de 2020

La presente tesis profesional titulada: **Concentración de metales pesados en muestras de pelo y tejidos de dos especies de murciélagos (*Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis*)**, realizada bajo la dirección del comité de asesores indicada, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el título de:

## LICENCIADA EN BIOLOGÍA

DIRECTORA:

DRA. ROSA MARÍA GÓMEZ UGALDE



---

ASESORA:

M.C. JUDITH RUÍZ LUNA



---

ASESORA:

M.C. MARÍA ISABEL PÉREZ LEÓN



---

Ex-hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. Noviembre de 2020.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por el apoyo, paciencia y cariño que me brindaron durante el proceso de este proyecto y en cada momento de mi vida.

Agradezco a nuestros asesores, a la **Dra. Rosa María Gómez Ugalde**, directora del proyecto, por permitirme ser parte de este trabajo de investigación, asesorarme y guiarme en mi formación académica; a la **M. C. Judith Ruiz Luna**, por la asesoría en el trabajo del laboratorio, consejos y enseñanzas en el transcurso de este; también a nuestra siguiente asesora, la **M. C. María Isabel Pérez León** por atendernos cada que necesitábamos de su apoyo.

De igual manera, agradezco al **Dr. Vicente A. Velazco Velazco** por su asesoría en el análisis estadístico y la guía en la interpretación de resultados, por su apoyo y ánimos para terminar este proyecto. También agradezco a la **Lic. Biol. Raquel González García** por auxiliarnos en el trabajo de laboratorio, por su ayuda, apoyo y compañía en el transcurso de este.

Mi agradecimiento y cariño para las personas mencionadas y a mis queridos amigos, por la convivencia y buenos momentos compartidos.

## DEDICATORIA

*A mis padres Natalia Antonio Miguel y Jesús Sánchez Gaytán, porque también es esfuerzo de ellos.*

*A mi hermana Maritza Yesenia Sánchez Antonio porque me ha dado el ejemplo de ser perseverante.*

*A mis tíos y primos por su apoyo sin importar lo lejos que están y los años sin poder volver a verlos.*

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente expresar mi gratitud a Dios, por ser la luz incondicional que ha guiado mi camino bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas.

Al Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO) por permitirnos adquirir nuestra educación profesional en sus instalaciones y principalmente a cada uno de los profesores que nos impartieron sus conocimientos durante nuestra formación profesional.

A nuestra directora, de este proyecto de Tesis, **Dra. Rosa María Gómez Ugalde** por su profesionalismo, por ser una excelente profesora y transmitirnos sus conocimientos, y su apoyo incondicional en el análisis de las muestras.

A nuestra asesora interna **M.C. Judith Ruíz Luna**, por ser una excelente profesora, pero sobre todo por su paciencia, en todo momento nos brindó su apoyo incondicional guiándonos durante el desarrollo de este proyecto.

A nuestra asesora externa **M.C. María Isabel Pérez León**, quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en la investigación.

Al **Dr. Vicente A. Velazco Velazco**, por apoyarnos con los modelos estadísticos y siempre motivándonos para este proyecto.

A nuestro amigo **Raúl Osmar José**, que nos apoyó a quedarnos hasta tarde para seguir realizando los análisis de las muestras en el Laboratorio de Diagnóstico Ambiental.

No queriendo dejar de mencionar a nadie de los que participaron en el éxito de este proyecto, agradezco a todas aquellas personas, que con el mínimo granito de arena contribuyeron a la realización de este trabajo a todos ellos, **GRACIAS...**

## **DEDICATORIAS**

Dedico este trabajo principalmente a mis padres Roque Gómez Martínez y Juana Martínez González por su amor, paciencia, esfuerzo, trabajo y sacrificios en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hija. A pesar de todas las circunstancias vividas, doy gracias a Dios por permitirme vivir este momento a su lado.

A mis hermanos María del Carmen Gómez Martínez, Marco Antonio Gómez Martínez, Juana Delia Gómez Martínez y Alma Rosita Gómez Martínez, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mi una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DEL ANEXO.....	ix
RESUMEN.....	xi
SUMMARY.....	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis.....	3
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Características principales de la especie <i>Desmodus rotundus</i> .....	4
2.1.1 Hábitos alimenticios.....	5
2.1.2 Distribución.....	5
2.2 Características principales de la especie <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	6
2.2.1 Hábitos alimenticios.....	7
2.2.2 Distribución.....	7
2.3 Definición y características principales de los metales pesados.....	8
2.4 Rol de los metales en procesos biológicos.....	9
2.4.1 Calcio.....	10
2.4.2 Fosforo.....	11
2.4.3 Sodio.....	12
2.4.4 Potasio.....	13
2.4.5 Magnesio.....	14
2.4.6 Zinc.....	15
2.4.7 Cobre.....	16
2.4.8 Manganeso.....	16
2.4.9 Cadmio.....	17
2.4.10 Plomo.....	18

2.5 Bioindicadores.....	19
2.6 Biomonitores.....	20
2.7 Digestión de muestras biológicas.....	21
2.8 Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA).....	22
2.8.1 Principios de la EAA.....	23
2.8.2 Atomizadores.....	24
2.8.2.1 Atomizador de flama.....	25
2.8.2.2 Atomizadores electrotérmicos.....	26
2.9 Espectrofotometría Ultravioleta-Visible (EU-Vis).....	28
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1 Área de estudio.....	30
3.2 Metodología.....	30
3.2.1 Preparación de muestras.....	32
3.2.2 Proceso de digestión.....	33
3.2.3 Determinación de metales.....	34
3.2.3.1 Determinación de los metales por EEA....	35
3.2.3.2 Determinación de fósforo por EU-Vis.....	38
3.3 Análisis estadístico.....	38
CAPÍTULO IV. Resultados y discusión.....	41
4.1 Concentraciones, análisis estadístico y discusión de los metales Ca, P, Na, K y Mg.....	42
4.1.1 Análisis estadístico.....	45
4.1.2 Calcio (Ca).....	56
4.1.3 Fósforo (P).....	57
4.1.4 Sodio (Na).....	59
4.1.5 Potasio (K).....	60
4.1.6 Magnesio (Mg).....	64
4.2 Concentraciones, análisis estadístico y discusión de los metales Zn, Cu y Mn.....	63
4.2.1 Análisis estadístico.....	66
4.2.2 Zinc (Zn).....	78
4.2.3 Cobre (Cu).....	81
4.2.4 Manganeso (Mn).....	84
4.3 Concentraciones, análisis estadístico y discusión de los metales Cd y Pb.....	86
4.3.1 Análisis estadístico.....	89
4.3.2 Cadmio (Cd).....	100
4.3.3 Plomo (Pb).....	102
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
5.1 Conclusiones.....	107
5.2 Recomendaciones.....	110

CAPÍTULO VI. LITERATURA CITADA.....	112
6.1 Referencias bibliográficas.....	112
6.2 Referencias virtuales.....	123
 CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	 126

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Cantidad de muestras analizadas correspondientes a hueso, pelo y órganos (riñón e hígado), de dos especies de murciélagos <i>D. rotundus</i> y <i>T. brasiliensis</i> .....	31
2	Programación del Espectrofotómetro de Absorción Atómica para la lectura de los elementos Zn, Ca, Na, K y Mg en Flama y Cd, Pb, Cu y Mn en horno de grafito.....	36
3	Datos de calibración para la lectura de los elementos en Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Thermo Scientific).....	37
4	Niveles de los factores evaluados en el análisis estadístico por tipo de muestra en cada especie y número de tratamientos resultantes.....	39
5	Promedios de las concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg, error típico, valor mínimo y máximo, encontrados en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón de <i>Tadarida brasiliensis</i> y <i>Desmodus rotundus</i> .....	42
6	Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de hueso de <i>D. rotundus</i> , machos (M) y hembras (H), procedentes de once localidades del estado de Oaxaca.....	45
7	Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de hueso de <i>T. brasiliensis</i> , machos (M) y hembras (H), procedentes de seis localidades del estado de Oaxaca.....	47
8	Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en las muestras de pelo de la especie <i>D. rotundus</i> , machos (M) y hembras (H), procedentes de once localidades del estado de Oaxaca.....	49
9	Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en las muestras de pelo de la especie <i>T. brasiliensis</i> , machos (M) y hembras (H), procedentes de cuatro localidades del estado de Oaxaca.....	51
10	Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en hígado y riñón de <i>D. rotundus</i> , en machos (M) y hembras (H), procedentes de la comunidad de San Antonio Ocotlán, Oaxaca.....	53
11	Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en hígado y riñón de <i>T. brasiliensis</i> , procedentes de dos localidades del estado de Oaxaca.....	55
12	Promedio de las concentraciones de Zn, Cu y Mn, error típico y valor mínimo y máximo en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón de <i>Tadarida brasiliensis</i> y <i>Desmodus rotundus</i> .....	63

13	Concentración de Zn, Cu y Mn en muestras de hueso de <i>D. rotundus</i> , machos (M) y hembras (H), procedentes de once localidades del estado de Oaxaca.....	66
14	Concentraciones de Zn, Cu y Mn en muestras de hueso de <i>T. brasiliensis</i> , machos (M) y hembras (H), de seis localidades de procedencia del estado de Oaxaca.....	68
15	Concentraciones de Zn, Cu y Mn en muestras de pelo de <i>D. rotundus</i> , machos (M) y hembras (H), procedentes de diez localidades del estado de Oaxaca.....	70
16	Concentraciones de Zn (ppm), Cu y Mn (ppb) en muestras de pelo de <i>T. brasiliensis</i> , machos (M) y hembras (H), procedentes de cuatro localidades del estado de Oaxaca.....	73
17	Concentraciones de Zn, Cu y Mn en muestras de hígado y riñón de <i>Desmodus rotundus</i> , machos (M) y hembras (H), pertenecientes de San Antonio Ocotlán, Oaxaca.....	74
18	Concentraciones de Zn, Cu y Mn en muestras de hígado y riñón de <i>T. brasiliensis</i> , procedentes de dos localidades del estado de Oaxaca.....	76
19	Concentraciones de zinc (Zn) en muestras de otras especies de murciélagos registrados en diferentes estudios.....	79
20	Concentraciones de cobre (Cu) en muestras de otras especies de murciélagos registrados en diferentes estudios.....	82
21	Promedio de las concentraciones de Cd y Pb, error típico y valores mínimo y máximo en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón de <i>Tadarida brasiliensis</i> y <i>Desmodus rotundus</i> .....	87
22	Concentraciones de Cd y Pb en muestras de hueso de <i>D. rotundus</i> , machos (M) y hembras (H), procedentes de once localidades del estado de Oaxaca.....	89
23	Concentraciones de Cd y Pb en muestras de hueso de <i>T. brasiliensis</i> , machos (M) y hembras (H), procedentes de seis localidades del estado de Oaxaca.....	91
24	Concentración de Cd y Pb en muestras de pelo de <i>D. rotundus</i> , machos (M) y hembras (H), procedentes de once comunidades del estado de Oaxaca.....	93
25	Concentraciones de Cd y Pb en muestras de pelo de <i>T. brasiliensis</i> , en machos (M) y hembras (H), de cuatro localidades de procedencia del estado de Oaxaca.....	96
26	Concentraciones de Cd y Pb en muestras de hígado y riñón de <i>D. rotundus</i> , machos (M) y hembras (H), provenientes de la localidad de San Antonio Ocotlán, Oaxaca.....	98
27	Concentraciones de Cd y Pb en muestras de hígado y riñón de <i>T. brasiliensis</i> procedentes de dos localidades del estado de Oaxaca.....	99

28	Concentraciones de cadmio (Cd) en diferentes especies de murciélagos registrados en diferentes estudios.....	101
29	Concentraciones de plomo (Pb) en diferentes especies de murciélagos registrados en diferentes estudios.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Componentes del atomizador de llama.....	26
2	Componentes del horno de grafito.....	27
3	Esquema del funcionamiento de la espectroscopia UV-Visible.....	29
4	Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca Thermo Scientific© series ICE 3000 (A) y Espectrofotómetro UV-Visible marca GBC modelo Cintra (B).....	35
5	Rango de concentración y media cuantificados de Ca, P, Na, K y Mg ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón, de las especies de murciélagos <i>Desmodus rotundus</i> y <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	44
6	Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de hueso de <i>D. rotundus</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	46
7	Concentración de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de hueso de <i>T. brasiliensis</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	48
8	Promedio de las concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg, en muestras de pelo de <i>D. rotundus</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	50
9	Promedio de las concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de pelo de <i>T. brasiliensis</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	52
10	Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de hígado y riñón de <i>D. rotundus</i> , apilados por sexos y órganos.....	54
11	Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de hígado y riñón de <i>T. brasiliensis</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	55
12	Rango de concentración y media de Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón en las dos especies de murciélagos <i>Desmodus rotundus</i> y <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	64
13	Rango de concentración y media cuantificadas de Cu y Mn en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón de las especies de murciélagos <i>Desmodus rotundus</i> y <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	65
14	Concentración de Cu, Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), en muestras de hueso de <i>D. rotundus</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	67

15	Concentraciones de, Cu, Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) y en muestras de hueso de <i>T. brasiliensis</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	69
16	Concentraciones de, Cu, Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) en muestras de pelo de <i>D. rotundus</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	72
17	Concentraciones de Cu, Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) en muestras de pelo de <i>T. brasiliensis</i> provenientes de cuatro comunidades del estado de Oaxaca.....	73
18	Concentración de Cu, Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) de las muestras de hígado y riñón de la especie <i>D. rotundus</i> provenientes de San Antonio Ocotlán, Oaxaca.....	75
19	Concentraciones de Cu, Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), en muestras de hígado y riñón de <i>T. brasiliensis</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	77
20	Rango de concentración y media cuantificadas de Cd y Pb en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón de las especies de murciélagos <i>Desmodus rotundus</i> y <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	88
21	Concentración de Cd y Pb en muestras de hueso de <i>D. rotundus</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	90
22	Concentraciones de Cd y Pb en muestras de hueso de <i>T. brasiliensis</i> provenientes de seis localidades del estado de Oaxaca.....	92
23	Concentración de Cd y Pb en muestras de pelo de <i>D. rotundus</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	95
24	Concentración de Cd y Pb en muestras de pelo de <i>T. brasiliensis</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	96
25	Concentraciones de Cd y Pb en hígado y riñón de <i>D. rotundus</i> procedentes de San Antonio Ocotlán Oaxaca.....	98
26	Concentraciones de Cd y Pb en muestras de hígado y riñón de <i>T. brasiliensis</i> por localidad de colecta del estado de Oaxaca.....	99

## ÍNDICE DEL ANEXO

Anexo		Página
1	Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de hueso de la especie <i>Desmodus rotundus</i> .....	126
2	Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de hueso de la especie <i>Desmodus rotundus</i> .....	128
3	Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de hueso de la especie <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	130
4	Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de hueso de la especie <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	132
5	Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de pelo de la especie <i>Desmodus rotundus</i> .....	134
6	Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de pelo de la especie <i>Desmodus rotundus</i> .....	136
7	Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de pelo de la especie <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	138
8	Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de pelo de la especie <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	139

9	Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de hígado de la especie <i>Desmodus rotundus</i> .....	140
10	Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de hígado de la especie <i>Desmodus rotundus</i> .....	141
11	Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de hígado de la especie <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	142
12	Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de hígado de la especie <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	142
13	Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de riñón de la especie <i>Desmodus rotundus</i> .....	143
14	Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de riñón de la especie <i>Desmodus rotundus</i> .....	144
15	Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de riñón de la especie <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	145
16	Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de riñón de la especie <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	145
17	Tasa de recuperación (R) y RSD% de las concentraciones de metales traza en muestra de pelo humano (ERM®-DB001) con valores de certificación (Media $\pm$ Desviación estándar) y valores determinados en este estudio para la muestra.....	146

## Resumen

La contaminación por metales es un problema ambiental que afecta a diferentes ecosistemas, por lo que el análisis de estos en especies biomonitadoras dan idea de la calidad ambiental y la dinámica de los metales en las redes tróficas. En este estudio se realizó el análisis de diez elementos (Ca, P, Na, K, Mg, Zn, Cu, Mn, Cd, Pb) en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón de individuos machos y hembras de dos especies de murciélago (*Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis*) con localidades de colecta distintos del estado de Oaxaca. Las muestras fueron procesadas en digestión ácida con HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub> y analizadas por Espectrofotometría de Absorción Atómica de flama y horno de grafito, con excepción del P, el cual se cuantificó por Espectrofotometría Ultravioleta-Visible. Se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) por elemento, especie y tejido, encontrando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las concentraciones por localidad de colecta principalmente, sexo y tipo de órganos. Fueron registrados niveles altos de metales de interés como Zn, Cu, Cd y Pb en algunos individuos de las dos especies, resultando más elevados que los registrados en otros estudios. Los datos obtenidos de esta investigación sugieren posible toxicidad por metales, principalmente por Zn donde se registró más de 1000 ppm en muestras de pelo e hígado de las dos especies. Generalmente, estos resultados muestran la acumulación de metales en diferentes tejidos de murciélagos, los cuales podrán ser utilizados como datos de línea base para evaluaciones sobre la calidad de los hábitats de las especies de estudio.

## Summary

The metals pollution is a problem that affect to different ecosystems where to are exposition, through the middle of metals analysis in biomonitors organims, can be known about environmental quality and the metals dynamics in the trofic chain. In this study analysed ten elements (Ca, P, Na, K, Mg, Zn, Cu, Mn, Cd, Pb) in bone, hair, liver and kidney of male and female of two bat species (*Desmodus rotundus* and *Tadarida brasiliensis*) from differents communities of Oaxaca. The samples was processed in acid digestion with HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub> and was analyzed with flame and graphite furnace Atomic Absorption Spectrometry, to exception phosphorus that was analized with UV-Vis Spectrometry. The Tukey test ( $\alpha \leq 0.05$ ) was applied in each element, specie and sample, significant differences were find in metals concentrations among communities mainly, sex and organs kind. High levels was registered of interest metals for this study as Zn, Cu, Cd and Pb in the two species, this levels were higher than those reported else studies, specially for Zn, which were over 1000 ppm in hair and liver, suggest likely metal toxicity. Overall, these results showed the metals accumulation in different bat tissues that can be used as base to evaluation about hábitats quality of study species.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Dentro del campo de la toxicología, está la ecotoxicología, encargada de evidenciar los problemas a causa de la presencia de sustancias químicas en el ambiente y su efecto en los seres vivos. La presencia de los llamados “metales pesados” en los ecosistemas constituye un problema serio por su elevada persistencia medioambiental como por su alta toxicidad para los organismos vivos (Hermoso de Mendoza *et al.*, 2008). Algunos de estos metales como el Ca, P, Zn y Na, son elementos esenciales y su deficiencia puede provocar problemas en el buen funcionamiento del sistema, sin embargo a altas concentraciones implican riesgos de toxicidad. En cambio, los metales no esenciales como el Hg, Pb y Cd, no tienen funciones fisiológicas reconocidas y su presencia será riesgo potencial para sus consumidores (Cuevas y Walter, 2004). La exposición de la fauna a altos niveles de estos metales, presenta un riesgo para su bienestar fisiológico, ya que, pueden almacenarse en su organismo dando lugar a la bioacumulación y biomagnificación (Baquerizo,

2016). Para la evaluación de las concentraciones de estos metales y estudios similares, se hace uso de biomonitores, los cuales determinan cuantitativamente las respuestas bióticas ante el estrés ambiental (Holt y Miller, 2011). Los murciélagos por su gran diversidad y su amplia distribución, se le atribuye un alto nivel de interacción en los ecosistemas, pudiendo cumplir un papel importante como biomonitores para la determinación de niveles de contaminación (Williams *et al.*, 2010).

## 1.1 Objetivos

### Objetivo general

Determinar la concentración de metales pesados presentes en muestras de pelo y tejidos de dos especies de murciélagos (*Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis*) provenientes de diferentes localidades del estado de Oaxaca.

### Objetivos específicos

Cuantificar la concentración de zinc, plomo, manganeso, cobre y cadmio en muestras de pelo y tejidos de *Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis* por EAA.

Cuantificar la concentración de los minerales calcio, sodio, magnesio, fosforo y potasio en muestras de pelo y tejidos de *Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis* por EAA y EUV.

Aplicar la prueba de medias en las concentraciones de cada elemento analizado en las dos especies de estudio por tipo de muestra.

Estimar diferencias significativas existentes entre los factores procedencia, sexo y tipo de órgano, en cada metal y especie de estudio por tipo de muestra.

## **1.2 Hipótesis**

Se estima que en el análisis estadístico se encontrarán diferencias significativas en las concentraciones de los metales entre los factores evaluados en las dos especies de estudio.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1 Características principales de la especie *Desmodus rotundus***

En general, la especie *Desmodus rotundus* se caracteriza por ser un murciélago de tamaño mediano, las medidas para los adultos van desde 69-90 mm de longitud de la cabeza y cuerpo, 52-63 mm de antebrazo, 16-20 mm la longitud del pulgar y presenta un peso entre 25-40 g. Siendo las hembras más grandes y más pesadas que los machos (Greenhall *et al.*, 1983). Presenta pelaje corto grisáceo en el dorso, flancos rojizos y el pecho y vientre gris blanquecino. Sus incisivos inferiores son bilobados. El periodo de reproducción es entre junio y septiembre pariendo una sola cría (Galaz y Yáñez, 2006).

### 2.1.1 Hábitos alimenticios

Los murciélagos hematófagos están especializados en un solo tipo de alimento, por lo que poseen características adaptadas para el consumo de sangre. Disponen de sensores de calor, pequeñas cavidades aisladas térmicamente, situadas en el hocico, que le ayudan a detectar puntos más calientes, donde los vasos sanguíneos están próximos a la superficie de la piel, teniendo así una mordedura acertada (Correa *et al.*, 2015).

*Desmodus rotundus*, a comparación de otras especies hematófagas, es menos especializado y se alimenta lo mismo de sangre de reptiles, aves y mamíferos (Villa-Ramírez, 1976). Se sabe también que es el único murciélago que se alimenta de sangre de ganado doméstico (Moya *et al.*, 2015). Esta disponibilidad de alimento podría explicar, en parte, su gran distribución y abundancia.

### 2.1.2 Distribución

*Desmodus rotundus* es el murciélago vampiro más abundante de México, Centro y Sudamérica. Su distribución geográfica se extiende por las tierras bajas, húmedas y cálidas desde el paralelo 27° latitud norte en México hasta el

paralelo 33° latitud sur, extendiéndose a Sudamérica a lo largo de la costa del Pacífico en Chile y a la costa del Atlántico en Uruguay, alcanzando la punta del extremo sur de Brasil (Villa-Ramírez, 1976).

## **2.2 Características principales de la especie *Tadarida brasiliensis***

Murciélago de tamaño corporal mediano (longitud total: 90-109 mm; longitud del antebrazo 38-48 mm; peso: 9-15 g). Pelaje corto y sedoso, de color pardo más oscuro en el dorso ligeramente más pálido en el vientre (Muñoz *et al.*, 2003). Rostro estrecho, cráneo con zona facial ancha y aplastado dorsal ventralmente. Orejas anchas y separadas en su parte media por un espacio diminuto, no sobrepasan la punta de su hocico cuando son extendidas hacia adelante (Rodríguez-SanPedro y Allendes, 2015). La boca presenta hendidura amplia y dientes bien desarrollados con los incisivos superiores convergentes en las puntas y en el labio superior arrugado. Cola proporcionalmente larga (29-44 mm) que sobresale del uropatagio, siendo este un carácter que distingue a la familia Molossidae. Sus alas son extremadamente largas y angostas que le permiten un vuelo rápido, pero de baja maniobrabilidad (Martínez y Lee, 2013).

### 2.2.1 Hábitos alimenticios

*Tadarida brasiliensis* es una especie insectívora, que se alimenta principalmente de hemípteros, homópteros, neurópteros, coleópteros, lepidópteros nocturnos e himenópteros (Martínez y Lee, 2013). Se ha descrito que una colonia de maternidad de *T. brasiliensis* con un promedio de un millón de individuos, consume en una noche 8.4 toneladas de insectos, muchos de los cuales llegan a ser plagas para la agricultura (Villa y Cockrum, 1962).

### 2.2.2 Distribución

*Tadarida brasiliensis* murciélago de cola libre, presenta una amplia distribución en todo el Continente Americano, desde el sur de los Estados Unidos, extendiéndose a través de México, Centroamérica y Sudamérica, exceptuando las cuencas Amazónica y del Orinoco, hasta Chile y el extremo sur de Argentina (Villa y Cockrum, 1962). Siendo la especie de molósido con la distribución más austral hasta ahora conocida a nivel mundial (Keeley y Keeley, 2004). Aunque se trata de una especie común y abundante en las regiones tropicales y subtropicales, la distribución sur de *T. brasiliensis* (en ambientes más templados) es poco conocida, sobre la parte más austral de Chile y Argentina (Patagonia) donde sólo se tienen registros aislados y ocasionales (Martínez y Lee, 2013).

Es una especie migratoria, las poblaciones del centro-sur de los Estados Unidos migran a finales de febrero y marzo desde México a Texas, Arizona, Nuevo México y Oklahoma donde se refugian en cuevas y dan luz a sus crías, para luego, a finales de agosto y septiembre, migrar con sus crías nuevamente a México y Centroamérica (Villa y Cockrum, 1962).

### **2.3 Definición y características principales de los metales pesados**

Desde el punto de vista químico, García *et al.*, (2002), definen a los metales pesados como aquellos elementos metálicos cuyo peso específico es mayor a  $5 \text{ g cm}^{-3}$  o con número atómico superior a 20; los cuales pueden ser tóxicos en concentraciones bajas. Algunos otros autores prefieren utilizar la denominación de metales traza, donde se engloban todos los elementos presentes a concentraciones no detectables por técnicas de análisis clásicas, por lo que se considera elementos traza a aquellos detectables en un rango de concentración de 100 a  $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$  se reserva el término ultra traza a niveles comprendidos entre  $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$  y  $10 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$  (Sánchez, 2003).

Duffus (2002) en su reporte técnico para la IUPAC, indica que el término “metal pesado” ha sido mal empleado, ya que para el autor, la tendencia de agrupar ciertos metales y sus compuestos juntos para la evaluación de la toxicidad, puede ser impreciso, pues cada elemento metálico posee características

fisicoquímicas diferentes que determinan sus propiedades biológicas y toxicológicas. Concluye en que la clasificación de los metales debe basarse en la tabla periódica química, donde, se describe la estructura atómica de los elementos metálicos, del cual, dependen las diferentes propiedades de los mismos. Una de las propuestas para la clasificación de los metales es por su acidez de Lewis, el cual permite predecir tanto los ligandos preferidos como los de tendencia general en las propiedades de los complejos metálicos.

#### **2.4 Rol de los metales en procesos biológicos**

Los metales, en función de los niveles a los cuales se detecten, pueden llegar a ser tóxicos. La mayoría son de fuentes naturales; sin embargo, existen otros procesos de origen antropogénico, como las actividades industriales, agrícolas, mineras y ganaderas que pueden ser considerados como fuentes de metales pesados (Ferré-Huguet *et al.*, 2007).

Así como lo plantea Rodríguez (2017), los microelementos esenciales, cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se), vanadio (V) y zinc (Zn), se requieren en unos miligramos o microgramos por día y al pasar cierto umbral de concentración, se vuelven tóxicos, tal es el caso del Se y Zn, los cuales tienen límites muy próximos entre

la dosis requerida y la tóxica. Por otro lado, los macroelementos, tales como calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na) y azufre (S), son necesarios a 100 mg o más por día. Los metales no esenciales o sin función biológica conocida, cuya presencia en determinadas cantidades en los seres vivos lleva a disfunciones en los organismos, son: antimonio (Sb), arsénico (As), berilio (Be), cadmio (Cd), estroncio (Sr), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y titanio (Ti).

Los “metales pesados” pueden encontrarse de manera natural en el ambiente en concentraciones que generalmente no afectan las diferentes formas de vida; sin embargo, estos metales no logran ser degradados y pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos y ser lixiviados (Londoño-Franco *et al.*, 2016). Los metales por ser no degradables, una vez volcados al medio ambiente, pueden distribuirse entre el aire, agua, suelo a veces cambiando su estado de oxidación, o incorporándose a los seres vivos (Vullo, 2003).

#### 2.4.1 Calcio

El calcio es un metal esencial involucrado en numerosos procesos biológicos, por lo que se requiere un nivel constante de este en los organismos vivos, interviene en la permeabilidad de membranas, excitabilidad y conducción

nerviosa, contracción muscular, actividad enzimática, formación de hueso y diente (Fernández *et al.*, 2011). Aproximadamente el 99% del calcio se encuentra en los huesos y en dientes, el 1% restante en la sangre (del Pilar *et al.*, 2012). Es el mineral más abundante en el cuerpo, está involucrado en muchos procesos fisiológicos y patológicos. De acuerdo con Pu *et al.*, (2016). Una regulación disfuncional del calcio podría ocasionar una serie de enfermedades, como cálculos renales, infarto de miocardio.

#### 2.4.2 Fosforo

Los fosfatos es la familia mejor conocida de los compuestos del fósforo, teniendo diversas aplicaciones. Normalmente la ingesta adecuada de este elemento a seres vivos es beneficiosa, sin embargo, demasiado fosfato puede provocar daños a los riñones y provocar osteoporosis (Gómez-Aldavari, 2014). Estudios más recientes (Brown y Razzaque, 2018), indican que el alto consumo de fosfato da lugar a crecimiento de tumores de pulmón y piel.

El fósforo es un ion bien tolerado y, por ello, los animales pueden permitirse amplias fluctuaciones en los niveles de fosforo circulante, el cual se encuentra contenido en moléculas de alto valor biológico (ADN, ARN, ATP, fosfolípidos, compuestos ricos en energía y proteínas fosforiladas) (Adeola *et al.*, 2005). En

forma de fosfatos, 85% se encuentra en tejido óseo, el 15% restante se encuentra entre los fluidos extracelulares y los tejidos blandos. El fósforo interviene junto con el Ca en huesos y dientes, por lo que se encuentran relacionados, junto con el Mg. Los requerimientos de Ca y P son en cantidades semejantes, sin embargo, compiten en la absorción intestinal (Tresguerres *et al.*, 2005).

### 2.4.3 Sodio

El sodio es parte de los nutrientes esenciales para prácticamente todas las formas de vida. Puede encontrarse siendo parte de compuestos de carbonato de sodio, sulfato de sodio, bicarbonato de sodio, fosfato de sodio, hidróxido de sodio (NRC, 2005). El sodio y el cloro son estudiados juntos por la similitud de sus funciones y necesidades en el organismo animal. El cloruro de sodio se distribuye en la naturaleza, ya sea en el mar, otras aguas salinas y en depósitos secos de roca salina (Underwood y Suttle, 2003).

El Na es el principal catión en el líquido extracelular, es aportado en su totalidad por la ingesta y su homeostasia (Valdés *et al.*, 2010). Constituye el 93% del total de iones en el torrente sanguíneo (Monroy y Ávila, 2015), regulando el volumen plasmático y el equilibrio de ácido-base, participa en el mantenimiento

de la presión osmótica de los fluidos corporales, entre otras funciones fisiológicas. La excreción ocurre principalmente en el riñón y por el sudor (Soetan *et al.*, 2010). El riesgo de desequilibrio osmótico causado por deficiencias o excesos dietéticos de sodio, potasio y cloro incluyen la activación del sistema renina-angiotensinal I y II, que, junto con la vasopresina, regulan la secreción de aldosterona, el volumen de líquido extracelular (LEC) y la presión sanguínea mediante ajustes apropiados en el equilibrio hídrico y la sensación de sed (Lida y Clive, 2002).

#### 2.4.4 Potasio

El potasio es reconocido como nutriente esencial para los procesos biológicos de los seres vivos. Es el tercer elemento más abundante en el cuerpo del animal superado solamente por el calcio (Ca) y por el fósforo (P) (Soto y Manzanares, 2015). Las concentraciones de K en las células son de 20 a 30 veces más altas que las concentraciones de sodio (Na) (Bell *et al.*, 1995).

El 98% del total del potasio se localiza en las células musculares y el 1-2% del total corporal reside fuera de la célula. Facilita la conducción nerviosa y la contracción del músculo liso y esquelético, incluido el corazón. Una concentración elevada de potasio es esencial para el mantenimiento de diversas funciones celulares como: crecimiento, síntesis de proteínas y ADN,

funcionamiento de muchos sistemas enzimáticos, control de volumen celular y mantenimiento del equilibrio ácido-base. La principal ruta de absorción del potasio en el organismo es la intestinal (Tejada, 2008), y es mediado por diferentes hormonas como la insulina, la aldosterona, la catecolamina y el cortisol (Valdés *et al.*, 2010).

#### 2.4.5 Magnesio

El magnesio, otro de los macro elementos esenciales, encargado de diferentes funciones intracelulares, cerca del 99% del magnesio se localiza en el hueso, músculos y tejidos blandos no musculares. El 1% restante pertenece al magnesio extracelular (De Francisco y Rodríguez, 2013). El Mg con el Ca, mantienen una relación, respecto a su proporción, de acuerdo a Underwood y Suttle (2003), las concentraciones de ambos elementos se deben mantener en una proporción de Ca:Mg=50:1.

La toxicidad por magnesio se asocia con estados severos como falla hepática o renal. Así también el déficit del elemento provoca y mantiene la osteoporosis (Londoño, 2013).

#### 2.4.6 Zinc

El zinc es un oligoelemento esencial con una serie de funciones en los procesos metabólicos, uno de los más abundantes y sujeto a la regulación homeostática del organismo (Clark y Shore, 2001; Hermoso de Mendoza *et al.*, 2008). El Zn ingresa al aire, al agua y al suelo como resultado de procesos naturales y actividades humanas (minería, purificación de minerales de Zn, Pb y Cd, producción de acero, quema de carbón y de desechos). Ingresar al cuerpo a través de la inhalación accidental y al tracto digestivo por ingerir alimentos y agua que lo contiene. El Zn se almacena en todo el cuerpo, principalmente en sangre y hueso, donde puede permanecer durante días después de la exposición. Normalmente es expulsado en orina y heces (ATSDR, 2005).

El Zn es un elemento esencial que se necesita en pequeñas cantidades (ATSDR, 2005), sin embargo, la deficiencia de zinc retrasa el desarrollo neurológico y causa defectos de nacimiento (Jiménez, 2017). Las intoxicaciones agudas pueden causar gastroenteritis, defectos de mineralización en los huesos.

#### 2.4.7 Cobre

El cobre es un elemento esencial para los mamíferos, entre las funciones celulares más conocidas es la que ejerce sobre la eritropoyesis. Interviene en las funciones de ciertas enzimas, como en la ferroxidasa, encargada de transportar hierro para la formación de hemoglobina, en las enzimas responsables de la síntesis de colágeno del hueso y en las oxido-reductasas (García *et al.*, 2006). Sin embargo, este metal a elevadas concentraciones llega a causar efectos toxicológicos, provocando problemas respiratorios, gastrointestinales, hemáticos y nerviosos (Hermoso de Mendoza *et al.*, 2008). Principalmente, el hígado funciona como el tejido de reserva de cobre en el organismo (Chiappe, 2001).

#### 2.4.8 Manganeso

El manganeso es un elemento esencial que se obtiene de los alimentos y agua, se absorbe a través del tracto gastrointestinal y después se transporta a los órganos, particularmente en el hígado, el páncreas y la pituitaria, donde se concentra rápidamente. Sin embargo, la sobreexplotación ambiental u ocupacional al Mn es perjudicial para la salud (Li & Yang, 2018). El Mn es el metal menos tóxico de los elementos esenciales, desempeña funciones

biológicas en el organismo, tanto estructural (en el tejido conectivo y huesos), como enzimático (cofactor de enzimas indispensables para el crecimiento, metabolismo de carbohidratos y lípidos) (Hermoso de Mendoza *et al.*, 2008). Las concentraciones elevadas de este elemento llegan a afectar, principalmente, las vías respiratorias y el cerebro (Gómez-Miguel y Sotés, 2014).

#### 2.4.9 Cadmio

El cadmio es un elemento que no tiene alguna función biológica conocida, por lo que sus valores encontrados en tejidos son un reflejo del ambiente, la exposición de cadmio puede originarse por respiración o ingestión (Iyengar y Wolttlez, 1988; Cooke y Johnson, 1996). La similitud química con el Zn, da lugar a que pueda sustituirlo en funciones biológicas, lo que puede ocasionar alteraciones de los procesos metabólicos (Jiménez, 2017). En cuanto a su toxicidad, el riñón será el órgano con mayor exposición a largo plazo, siendo la corteza renal donde los niveles llegarán a ser más elevados (Kolf-Clauw *et al.*, 2007). La intoxicación por Cd induce disfunción tubular del riñón, lo que conduce a la pérdida de Ca y de proteínas de bajo peso molecular y finalmente a la osteomalacia (ablandamiento de los huesos) (Jiménez, 2017).

#### 2.4.10 Plomo

El plomo fue uno de los primeros metales conocidos por el hombre. En la naturaleza aparece formando parte de minerales y rocas (Hermoso de Mendoza *et al.*, 2008). Actualmente su presencia medioambiental es notoria por la utilización industrial del plomo, lo cual ha llevado su dispersión por el mundo, proveniente de diferentes fuentes antropogénicas industriales y domésticas, dando lugar a la toxicidad en los seres vivos por varios mecanismos posibles (Pérez, 2013).

Los efectos tóxicos en mamíferos, ocasionados por plomo, pueden manifestarse en diversos órganos, siendo el cerebro y el riñón los objetivos principales, después de ser absorbidos por estos tejidos, se redistribuirá hacia el tejido óseo, en donde se almacena de forma más difícilmente reversible. La toxicidad de este elemento, conocida en animales vertebrados como saturnismo, puede ocasionar en acción competitiva con el calcio, acción neurotóxica y acción cáustica y necrosante del tubo digestivo a altas dosis (Kolf-Clauw *et al.*, 2007).

## 2.5 Bioindicadores

El uso de bioindicadores ayuda a detectar alteraciones en los ecosistemas tales como explotación excesiva, contaminación o cambio climático, así también, permite establecer fuentes de afectación y señalar rutas de acción (Ortiz-Gallarza y Ortega-Rubio, 2014).

Para García *et al.* (2017), la elección de un bioindicador dependerá de las condiciones físicas, químicas y biológicas de cada organismo, pues esto refleja el nivel de tolerancia ante las presiones que puede soportar un organismo. Holt y Miller (2011) sugieren que, independientemente de la región geográfica, el tipo de alteración, el entorno o el organismo, los buenos indicadores comparten características tales como:

- Capacidad como indicador; proporciona una respuesta medible (sensitiva al estrés ambiental, sin experimentar mortalidad ni acumular contaminantes directos de su entorno), esta respuesta refleja la reacción de la población, comunidad y ecosistema, en proporción al grado de contaminación o degradación.

- Abundante y común; la especie indicadora debe ser común con una gran distribución, con densidad de población local adecuada (no especies raras) y estable ante la variabilidad climática y ambiental moderada.
- Bien estudiado; la ecología e historia de vida del organismo debe ser de amplio entendimiento, que se encuentre bien documentado taxonómicamente y económicamente accesible.

## 2.6 Biomonitores

Diferente a los bioindicadores que evalúan cualitativamente las respuestas bióticas al estrés ambiental, los biomonitores determinan cuantitativamente la respuesta (Holt y Miller, 2011).

Entre las características deseables de un biomonitor, están: a) estar expuestos a acumular altos niveles del contaminante; b) tener una forma de vida sedentaria o con migración corta dentro del área de estudio; c) presentar amplia abundancia y distribución; d) fácil de muestrear, transportar y manipular; e) presentar una buena relación dosis-respuesta; f) las muestras deben ser transportables sin impedimentos legales; entre otras características similares a las de un bioindicador (Páez-Osuna y Osuna-Martínez, 2011).

## 2.7 Digestión de muestras biológicas

Para la determinación de metales en espectrofotometría, previamente son utilizadas las técnicas de digestión con el fin de reducir la interferencia de materia orgánica y llevar a que el metal asociado adopte una forma cuya concentración pueda ser determinada satisfactoriamente (García *et al.*, 2006).

La digestión de muestras puede realizarse por vía húmeda o digestión ácida, y vía seca. La digestión por vía seca consta en incinerar la muestra en hornomuffla convencional a menos de 600°C (Mendoza *et al.*, 2014), permite tratar muestras voluminosas, sin embargo, puede atribuirse errores por volatilización de elementos y por retención en las paredes de los recipientes (Friman y González, 1982).

El método de digestión húmeda consiste en la descomposición por ácidos solos o mezclados, el cual se lleva a cabo en vasos de teflón sobre bloques de aluminio o en placas respectivamente calientes, o en vasos de precipitado sobre plancha de calentamiento (Mendoza *et al.*, 2014).

Las soluciones ácidas más mencionadas para la técnica de digestión es el ácido nítrico, ácido sulfúrico, ácido perclórico y ácido clorhídrico, las cuales

pueden ir mezcladas según las propiedades de la muestra para una digestión completa. García *et al.* (2006), nos dicen que la selección de la técnica de digestión, así como el uso de una u otra dilución ácida, dependerá del criterio del investigador.

## **2.8 Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA)**

La espectroscopia de absorción atómica (EAA) es una técnica sensible y específica debido a que las líneas de absorción atómica son considerablemente estrechas (de 0.002 a 0.005 nm) y las energías de transición electrónica son únicas para cada elemento (Gallegos *et al.*, 2012).

Los pasos de tratamiento previo en el procedimiento analítico, como la preconcentración de un analito o su separación de los componentes de la matriz, son frecuentemente necesarios, ya que este proceso aumenta la sensibilidad del método (Tokalioğlu *et al.*, 2017).

### 2.8.1 Principios de la EAA

La base de la espectrofotometría de absorción y su uso en el análisis cuantitativo, están dados por la relación conocida como ley Lambert-Beer, que establece que la absorbancia de una solución es directamente proporcional a la concentración del analito en esa solución, siendo la longitud de onda de absorción específica para cada analito (De Esparza, 2009).

Básicamente la AA está constituida de una fuente de radiación monocromática o policromática, un atomizador para producir los átomos excitados de la sustancia a analizar; un monocromador para seleccionar la longitud de onda de la radiación característica de cada elemento a analizar; un detector sensible a la radiación emitida y un procesador de la señal y de la lectura de salida (Gallegos *et al.*, 2012).

De acuerdo con PerKin Elmer (2012), la absorción atómica (AA) se produce cuándo un átomo del estado fundamental absorbe energía en forma de luz de una longitud de onda específica y se eleva a un estado excitado. La cantidad de energía luminosa absorbida en esta longitud de onda aumentará a medida que aumente el número de átomos del elemento seleccionado en la trayectoria de la luz. La relación entre la cantidad de luz absorbida y la concentración de analitos

presentes en estándares conocidos se puede usar para determinar concentraciones de muestra desconocidas al medir la cantidad de luz que absorben.

### 2.8.2 Atomizadores

La atomización es el proceso por el cual la muestra se convierte en un vapor atómico. En general los atomizadores se dividen en dos tipos (Gomis, 2008):

- Atomizadores continuos. En este tipo de atomizadores la muestra se introduce al atomizador a una velocidad constante y la señal espectral es constante con el tiempo. De acuerdo a Skoog *et al.* (2008), la muestra es introducida como una fina dispersión de pequeñas gotas, llamada aerosol. La introducción continua de muestra en una flama o plasma produce una población de átomos, moléculas e iones en estado estable.
- Atomizadores discretos. La muestra es introducida en una cantidad medida, como un bolo de líquido o de sólido. La de solvatación se lleva a cabo al aumentar la temperatura hasta un valor en el que ocurre la evaporación rápida del disolvente. la nube de vapor que se produce es transitoria por la pequeña cantidad de muestra que presenta. La señal

espectral alcanza un valor máximo y luego disminuye a cero, es decir, adquiere la forma de un pico bien definido. El atomizador discreto más común es el electrotérmico.

#### 2.8.2.1 Atomizador de flama

La fuente de energía para la producción de átomos libres es el calor, comúnmente en forma de una llama de aire/acetileno u óxido nitroso/acetileno. En este caso, teniendo en cuenta que es un tipo de atomizador continuo, la muestra es introducida como en un aerosol en la llama por el sistema de introducción de muestras que consiste en un nebulizador y una cámara de rociado. La cabeza del quemador está alineada de modo que el haz de luz pase a través de la llama, donde se absorbe la luz. Sin embargo, la principal limitación de este método es que, el sistema de quemador nebulizador es un dispositivo de muestreo relativamente ineficiente, pues solo una pequeña fracción de la muestra alcanza la llama, y la muestra atomizada pasa rápidamente a través de la trayectoria de la luz (Perkin Elmer, 2012).

## Atomizadores de llama

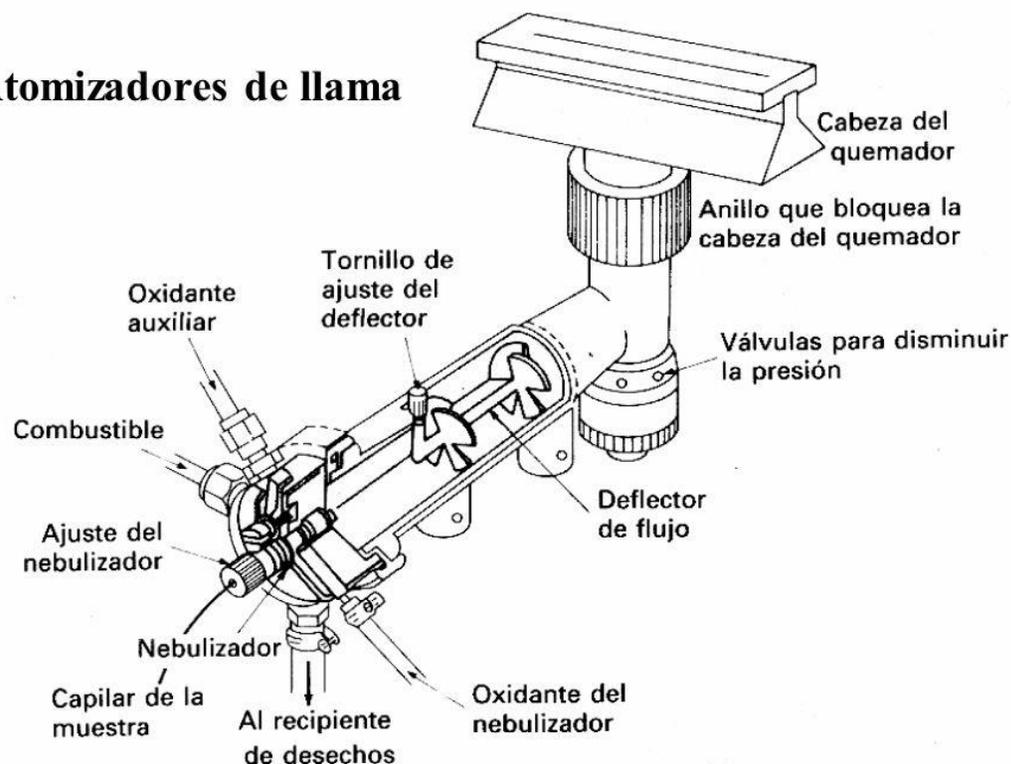


Figura 1. Componentes del atomizador de llama (Skoog *et al.*, 2008).

### 2.8.2.2 Atomizadores electrotérmicos

En este sistema, la atomización tiene lugar en un tubo cilíndrico de grafito abierto en ambos extremos y que tiene un orificio central para la introducción de la muestra mediante un inyector automático. Presenta un tubo intercambiable que se ajusta a un par de contactos eléctricos en los dos extremos del mismo. Estos contactos se mantienen dentro de un módulo refrigerado por agua. En este módulo circula una corriente externa que evita la entrada de aire exterior

para alcanzar la atomización de la muestra y otra corriente interna que fluye por entre los dos extremos del tubo y sale por el orificio central del compartimiento de muestra. Esta corriente no sólo elimina el aire sino también desaloja los vapores generados a partir de la matriz de la muestra durante las dos primeras etapas de calentamiento (Mañay *et al.*, 2009).

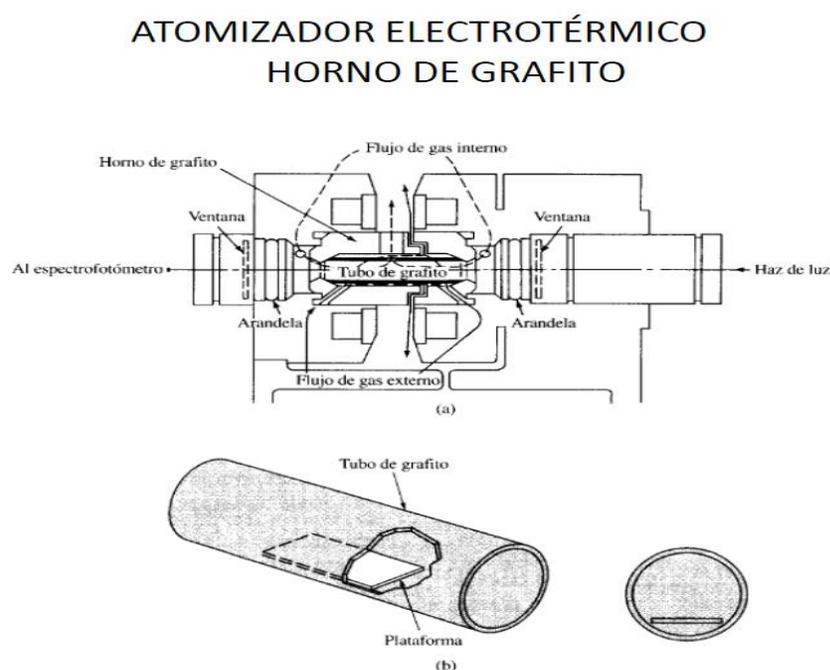


Figura 2. Componentes del horno de grafito (Skoog *et al.*, 2008).

En este tipo de atomizadores se evaporan unos cuantos mililitros de muestra, primero a una temperatura baja y luego a una temperatura más alta convirtiéndose en cenizas, esto en un tubo de grafito que se calienta eléctricamente, la corriente se incrementa con rapidez a varios cientos de

amperes, que hacen que la temperatura se eleve de 2000 a 3000°C; la atomización de la muestra ocurre en un periodo que va de unos cuantos milisegundos hasta algunos segundos. La absorción o fluorescencia del vapor atómico se mide entonces en la región inmediatamente por arriba de la superficie calentada (Skoog *et al.*, 2008).

## **2.9 Espectrofotometría Ultravioleta Visible (EU-Vis)**

Este instrumento permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto con una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia. Se mide la transmitancia de la muestra que se expresa habitualmente como porcentaje, o bien la absorbancia. La espectroscopía UV-V utiliza la radiación del espectro electromagnético entre los 100 y los 800 nm, su efecto sobre la materia es producir transiciones electrónicas entre los orbitales atómicos y/o moleculares de la sustancia (De Esparza, 2009).

La base de la espectroscopia Visible y Ultravioleta consiste en medir la intensidad del color (o de la radiación absorbida en UV) a una longitud de onda específica comparándola con otras de concentración conocida (soluciones estándar) que contengan la misma especie absorbente (Skoog *et al.*, 1998).

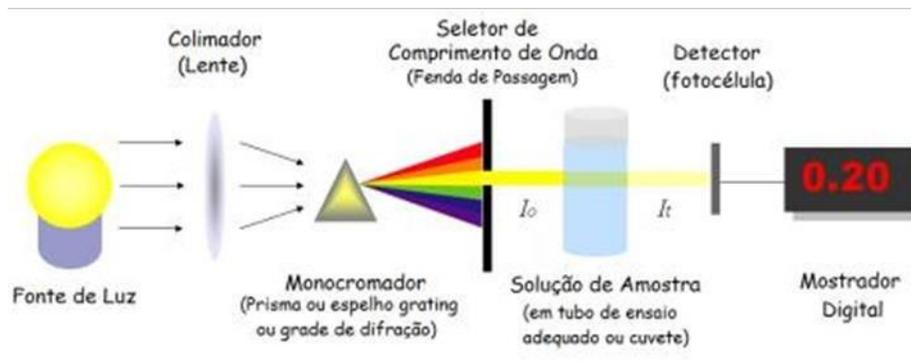


Figura 3. Esquema del funcionamiento de la espectroscopia UV-Visible (Lenz, 2011)

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Área de estudio**

El estudio se realizó en el Laboratorio de la Colección de Vertebrados y en el Laboratorio de Diagnóstico Ambiental del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), ubicado en la Agencia de Nazareno del municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, entre las coordenadas 17° 01' 16" latitud norte y 96° 45' 51" longitud oeste a 1 545 msnm.

#### **3.2 Metodología**

El análisis se realizó en 310 muestras, 200 y 110 correspondientes a dos especies de murciélagos, *Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis*,

respectivamente. De cada especie se obtuvieron muestras de hueso, pelo, riñón e hígado. En el Cuadro 1 se muestra el resumen del número de muestras que se analizaron en el estudio.

Cuadro 1. Cantidad de muestras analizadas correspondientes a hueso, pelo, riñón e hígado, de dos especies de murciélagos *D. rotundus* y *T. brasiliensis*.

<b>MUESTRA</b> \ <b>ESPECIE</b>	<i>Desmodus rotundus</i>	<i>Tadarida brasiliensis</i>
<b>HUESO</b>	72	61
<b>PELO</b>	66	34
<b>RIÑÓN</b>	31	6
<b>HÍGADO</b>	31	9
<b>TOTAL</b>	200	110

Cada muestra fue preparada pasando por técnicas de limpieza y digestión para su análisis en espectrofotometría, por la cual se determinaron diez elementos (Zn, Ca, Mg, Na, K, P, Cd, Pb, Cu y Mn). De igual manera, fue analizada una muestra certificada (Pelo humano ERM®-DB001), proveniente del Centro Común de Investigación (Joint Research Centre – Institute for Reference Materials and Measurements). De esta, se pesaron 200 mg con una repetición, las cuales fueron determinadas junto con las muestras del estudio.

### 3.2.1 Preparación de muestras.

El material experimental fue proporcionado por la Colección de Vertebrados del Instituto (ITVO), por lo que las muestras ya habían sido extraídas de los organismos y tratadas para ser conservadas. Para el análisis, los ejemplares fueron sometidos a técnicas para la limpieza de impurezas, según el tipo de muestra.

**Huesos.** El acondicionamiento de las muestras de hueso consistió en dejarlas reposar en alcohol etílico al 70% por 12 horas, al término de este tiempo, fueron lavadas con agua destilada y por último fueron llevadas a sequedad en una estufa de secado (MEMMERT GmbH + Co. Kg) a 60°C, en donde se dejaron por 72 h hasta un peso constante.

**Pelo.** El proceso de la limpieza del pelo se llevó a cabo siguiendo la metodología propuesta por Hickey *et al.* (2001). Consistió en tres lavados con acetona, después un lavado con Triton ® y agua destilada en una proporción (1:400), continuando con tres lavados de agua destilada y por último fue llevado a peso seco en una estufa de secado (MEMMERT GmbH + Co. Kg) a 60°C.

**Hígado y riñón.** Las muestras de los órganos habían sido conservadas en refrigeración, por lo que, para el análisis, fueron llevadas a sequedad en una estufa de secado (MEMMERT GmbH + Co. Kg) a 60°C hasta un peso constante.

Para el proceso de digestión se procuró utilizar no más de 0.5 g de la muestra (Manual de Procedimientos Analíticos para Análisis de Suelos y Plantas de laboratorio de fertilidad de Suelos), por lo que fueron pesadas en una balanza analítica (Sartorius modelo CP224 S), reportando el peso registrado.

### 3.2.2 Proceso de digestión

La digestión de las muestras se llevó a cabo por vía húmeda, en la cual se utilizó la solución ácida propuesta por Thomson y Walsh (1989), consistiendo en la mezcla de ácido nítrico y ácido perclórico en una relación 2:1.

Para este proceso fue utilizada una parrilla para digestión Kjendahl SEV-PRENDO modelo DIK-20, con capacidad para 20 tubos Kjendahl. La digestión del material experimental fue realizada por bloques, cada uno con dos blancos o testigos, a cada tubo se le añadió 6 ml de mezcla digestora (ácido nítrico-ácido perclórico, 2:1). Previamente a la digestión por calentamiento, las

muestras se dejaron reposar en la solución ácida a temperatura ambiente durante 12 h. Después, fueron colocadas en la parrilla donde se llevó el control de la temperatura, aumentándose gradualmente hasta llegar a los 220°C, procurando que la solución no llegara a sequedad y se mostrara clara.

El digerido se recuperó con agua destilada y se aforó a un volumen final de 15 ml, estos fueron almacenados a 4°C en frascos cerrados hasta su análisis en el espectrofotómetro (EAA y EUV).

### 3.2.3 Determinación de metales

La determinación de los metales fue realizada en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca Thermo Scientific© series ICE 3000 (Figura 4 A) y en un Espectrofotómetro UV-Visible marca GBC modelo Cintra 10 serie V2411 (Figura 4 B). Previo a la lectura, se prepararon curvas de calibración a partir de estándares de 1000 ppm marca AccuStandard®, específica para cada elemento.

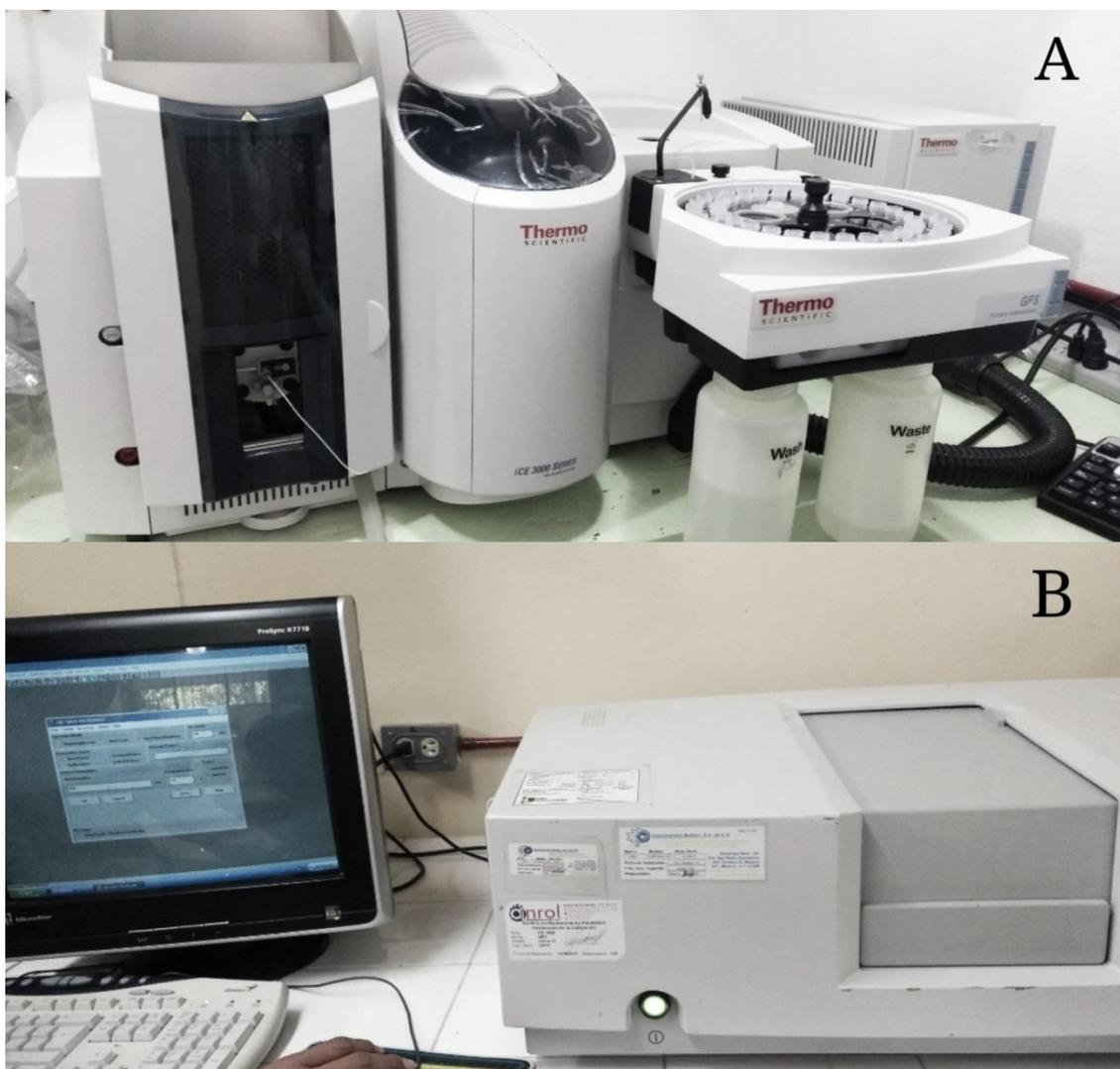


Figura 4. Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca Thermo Scientific® series ICE 3000 (A) y Espectrofotómetro UV-Visible marca GBC modelo Cintra (B).

### 3.2.3.1 Determinación de los metales por EAA.

El Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Thermo Scientific® series ICE 3000) se utilizó para la determinación de la concentración de los elementos Zn,

Ca, Na, K y Mg mediante un atomizador de llama, y los elementos Cd, Pb, Mn y Cu por un atomizador electrotérmico (horno de grafito con automuestreador GFS35). A continuación, se indica la programación utilizada para cada elemento leído en el espectrofotómetro de absorción atómica (Cuadro 2).

Cuadro 2. Programación del Espectrofotómetro de Absorción Atómica para la lectura de los elementos Zn, Ca, Na, K y Mg en Flama y Cd, Pb, Cu y Mn en horno de grafito.

<b>Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca Thermo Scientific® series ICE 3000</b>				
<b>Flama</b>	Oxidante-comburente: Aire/Acetileno		Lámpara: Cátodo hueco	
	Eliminación de interferencias: Ácido nítrico- agua destilada, 1:500 ml			
	Longitud de onda ( $\lambda$ )			
Zn (Zinc)	213.9 nm			
Ca (Calcio)	422.7 nm			
Na (Sodio)	589 nm			
K (Potasio)	766.5 nm			
Mg (Magnesio)	285.2 nm			
<b>Horno de grafito con automuestreador GFS35</b>	Gas de purga: Argón		Lámpara: Cátodo hueco	
	Eliminación de interferencias: Ácido nítrico- agua destilada, 1:500 ml			
	Volumen de trabajo: 20 $\mu\text{g L}^{-1}$			
	Rampa (Cd y Pb):			
	Secado.....	105°C	30	(°C/s) 10
	Pirolisis.....	800°C	20	150
	Atomización.....	1200°C	3	0
	Limpieza.....	2300°C	3	0
	Rampa (Cu y Mn):			
	Secado.....	100°C	30	(°C/s) 10
	Pirolisis.....	850°C	20	150
	Atomización.....	2100°C	3	0
	Limpieza.....	2500°C	3	0
		Longitud de onda ( $\lambda$ )		
Cd (Cadmio)	228.8 nm			
Pb (Plomo)	283.3 nm			
Cu (Cobre)	324.8 nm			
Mn (Manganeso)	279.5 nm			

Las curvas de calibración fueron hechas específicas para cada elemento, en el Cuadro 3, se muestra el rango de la curva correspondiente a cada uno y la sensibilidad mostrada por el estándar tope utilizado. Las muestras que

presentaban una concentración mayor que el estándar tope, fueron nuevamente diluidas a un factor de dilución conveniente. En el caso del horno de grafito, el automuestreador fue programado para la preparación automática de la curva a partir de un blanco ( $\text{HNO}^{-3}$ ) y un estándar maestro (estándar tope). De igual manera se programó para la corrección o dilución automática de las muestras según la curva de calibración.

Cuadro 3. Datos de calibración para la lectura de los elementos en Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Thermo Scientific).

<b>Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca Thermo Scientific® series ICE 3000</b>				
<b>Flama</b>		<b>Hueso</b>	<b>Pelo</b>	<b>Hígado y riñón</b>
<b>Zn</b>	<b>Rango std:</b>	0.5-5 mg L <sup>-1</sup>	0.3-5 mg L <sup>-1</sup>	0.3-5 mg L <sup>-1</sup>
	<b>Abs std:</b>	Std 5 mg L <sup>-1</sup> = 0.946	Std 5 mg L <sup>-1</sup> = 0.177	Std 5 mg L <sup>-1</sup> = 0.177
<b>Ca</b>	<b>Rango std:</b>	50-300 mg L <sup>-1</sup>	0.1-50 mg L <sup>-1</sup>	0.1-50 mg L <sup>-1</sup>
	<b>Abs std:</b>	Std 300 mg L <sup>-1</sup> = 1.054	Std 50 mg L <sup>-1</sup> = 1.026	Std 50 mg L <sup>-1</sup> = 1.026
<b>Na</b>	<b>Rango std:</b>	5-20 mg L <sup>-1</sup>	0.1-7.5 mg L <sup>-1</sup>	0.1-7.5 mg L <sup>-1</sup>
	<b>Abs std:</b>	Std 20 mg L <sup>-1</sup> = 1.048	Std 7.5 mg L <sup>-1</sup> = 1.120	Std 7.5 mg L <sup>-1</sup> = 1.120
<b>K</b>	<b>Rango std:</b>	0.5-5 mg L <sup>-1</sup>	0.25-10 mg L <sup>-1</sup>	0.25-10 mg L <sup>-1</sup>
	<b>Abs std:</b>	Std 5 mg L <sup>-1</sup> = 0.924	Std 10 mg L <sup>-1</sup> = 1.177	Std 10 mg L <sup>-1</sup> = 1.177
<b>Mg</b>	<b>Rango std:</b>	5-30 mg L <sup>-1</sup>	0.01-0.1 mg L <sup>-1</sup>	0.01-0.1 mg L <sup>-1</sup>
	<b>Abs std:</b>	Std 30 mg L <sup>-1</sup> = 0.631	Std 0.1 mg L <sup>-1</sup> = 0.974	Std 0.1 mg L <sup>-1</sup> = 0.974
<b>Horno de grafito (automuestreador GFS35)</b>		<b>Hueso</b>	<b>Pelo</b>	<b>Hígado y riñón</b>
<b>Cd</b>	<b>Rango std:</b>	0.2-5 µg L <sup>-1</sup>	0.5-5 µg L <sup>-1</sup>	0.5-3 µg L <sup>-1</sup>
	<b>Abs std:</b>	Std 5 µg L <sup>-1</sup> = 0.531	Std 5 µg L <sup>-1</sup> = 0.248	Std µg L <sup>-1</sup> = 0.919
<b>Pb</b>	<b>Rango std:</b>	10-100 µg L <sup>-1</sup>	2-10 µg L <sup>-1</sup>	1.5-10 µg L <sup>-1</sup>
	<b>Abs std:</b>	Std 100 µg L <sup>-1</sup> = 0.545	Std 10 µg L <sup>-1</sup> = 0.143	Std 10 µg L <sup>-1</sup> = 0.112
<b>Cu</b>	<b>Rango std:</b>	15-150 µg L <sup>-1</sup>	15-150 µg L <sup>-1</sup>	15-150 µg L <sup>-1</sup>
	<b>Abs std:</b>	Std 150 µg L <sup>-1</sup> = 2.009	Std 150 µg L <sup>-1</sup> = 2.043	Std 150 µg L <sup>-1</sup> = 1.173
<b>Mn</b>	<b>Rango std:</b>	1-50 µg L <sup>-1</sup>	0.5-3 µg L <sup>-1</sup>	3-20 µg L <sup>-1</sup>
	<b>Abs std:</b>	Std 50 µg L <sup>-1</sup> = 1.184	Std 3 µg L <sup>-1</sup> = 0.095	Std 20 µg L <sup>-1</sup> = 0.873

### 3.2.3.2 Determinación de fósforo por EU-Vis

El Espectrofotómetro UV-Visible marca GBC modelo Cintra 10 serie V2411 se utilizó para la lectura de fósforo. En primer lugar se preparó el reactivo vanadomolibdico (mezcla de molibdato de amonio 5%, ácido nítrico 1:2 y vanadato de amonio 5%, en la misma proporción), el cual se utilizó para la preparación de la curva y las muestras. La dilución para las muestras consistió en 1 ml de extracto (muestra directa) + 4 ml de reactivo vanadomolibdico + 20 ml de agua destilada, dando un total de 25 ml. La curva de calibración se hizo a partir de un estándar de 1000 ppm de P marca AccuStandard®, el cual tuvo un rango de concentración de 1-12 mg L<sup>-1</sup>. Por último, se prosiguió con la lectura en espectrofotómetro, a una longitud de onda de 470 nm.

## 3.3 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó a través del programa SAS University Edition System for Windows, específicamente, se evaluaron diferencias significativas en las concentraciones por elemento y especie en cada tipo de muestra, para esto, se aplicó la prueba de Tukey empleando el criterio de significancia de  $p \leq 0.05$ . Debido a que las repeticiones de los tratamientos eran distintas, la DSH (Diferencia Significativa Honesta) fue calculada manualmente. Los tratamientos

consistieron en la combinación de los factores procedencia\*sexo en el caso de las muestras de hueso y pelo, mientras que en las muestras de hígado y riñón los factores combinados para los tratamientos fueron sexo\*órgano y procedencia\*órgano, respectivo a cada especie (Cuadro 4).

Cuadro 4. Niveles de los factores evaluados en el análisis estadístico por tipo de muestra en cada especie y número de tratamientos resultantes.

Especie	Muestra	Factores	Niveles	Tratamientos
<i>Desmodus rotundus</i>	Hueso	Procedencia	-San Juan Guichicovi -Santa María Guienagati -Santa Catarina Lachatao -Santiago Nacaltepec -San Dionisio Ocotepc -San Antonio Ocotlán -San Pedro Pochutla -Santiago Tenango -Santa María Zacatepec -San Felipe Tejalapam -Sin registro	17
		Sexo	-Macho -Hembras	
	Pelo	Procedencia	-Santiago Tenango -San Juan Guichicovi -Santa Catarina Lachatao -Santiago Nacaltepec -San Antonio Ocotlán -San Pedro Cafetitlán -Santa María Zacatepec -Santa María Guienagati -San Felipe tejalapam -San Baltazar Guelavila -Sin registro	16
		Sexo	-Macho -Hembra	
	Órganos	Sexo	-Macho -Hembra	4
		Órgano	-Hígado -Riñón	
<i>Tadarida brasiliensis</i>	Hueso	Procedencia	-San Agustín Etla -Santiago Nacaltepec -Santa Cruz Xoxocotlán -Santa Catarina Lachatao -Santo Domingo Nuxaá -Santiago Tenango	9
		Sexo	-Macho -Hembra	

	Pelo	Procedencia	-San Agustín Etla -Santa Catarina Lachatao -Santiago Tenango -Santa Cruz Xoxocotlán	6
		Sexo	-Macho -Hembra	
	Órganos	Procedencia	-Santa Cruz Xoxocotlán -San Pedro Totolapam	4
		Órgano	-Hígado -Riñón	

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos se agruparon de acuerdo a su importancia en el organismo por su requerimiento en la alimentación y en actividades fisiológicas documentadas en algunas especies (NRC, 1980; FAO, 2002). Inicialmente, se presenta el grupo de los llamados macroelementos, representados por calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), potasio (K) y magnesio (Mg); siguiendo con los resultados de los microelementos, estos son zinc (Zn), cobre (Cu) y manganeso (Mn); por último, se agrupan los microelementos que no tienen una función esencial fisiológica registrada y que son considerados como contaminantes por sus manifestaciones tóxicas en el organismo (Underwood, 1977; NRC, 1980; FAO, 2002), de los cuales, se analizaron en este estudio cadmio (Cd) y plomo (Pb).

#### 4.1 Concentraciones, análisis estadístico y discusión de los metales Ca, P, Na, K y Mg.

Los promedios de las concentraciones de los macroelementos por tipo de muestra en cada especie son variados, sin embargo, tienen un orden parecido entre especies dependiendo del tejido que se trate. Por ejemplo, en las muestras de hueso, las medias encontradas mostraron a Ca>P>Na>K>Mg en las dos especies de estudio. En hígado y riñón la jerarquía según el promedio de los cinco macroelementos resultó K>Na>P>Ca>Mg en las dos especies, solamente en las muestras de pelo se dieron diferencias en esta jerarquía entre especies, en *T. brasiliensis* se encontró Na>K>Ca>Mg>P, mientras que en *D. rotundus* se encontró Ca>K>P>Na>Mg (Cuadro 5; los valores corresponden a los promedios cuantificados de cada macroelemento, por especie y muestras de estudio).

Cuadro 5. Promedios de las concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg, error típico, valor mínimo y máximo, encontrados en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón de *Tadarida brasiliensis* y *Desmodus rotundus*.

ESPECIE	n	Ca µg g <sup>-1</sup>	P µg g <sup>-1</sup>	Na µg g <sup>-1</sup>	K µg g <sup>-1</sup>	Mg µg g <sup>-1</sup>
<b>HUESO</b>						
<i>T. brasiliensis</i>	61	150856.77 ±3453.83 70572.96- 256042.86	131395.33 ±46640.72 39853.24- 2920288.61	7225.38 ±834.71 1450.28- 54550.65	2777.03 ±194.38 167.29- 6642.09	1357.92 ±96.23 <LD- 3641.76
<i>D. rotundus</i>	72	156796.48 ±2902.60 123809.65- 290146.16	97527.23 ±1960.75 50768.33- 186156.84	5251.29 ±125.71 2950.85- 10298.54	1863.98 ±86.65 167.76- 3860.63	1769.25 ±40 1117.90- 3011.45

PELO						
<i>T. brasiliensis</i>	34	172.74 ±92.14 <LD-2986.54	<LD	731.67 ±78.75 11.21- 1869.68	242.78 ±26.70 6.65- 594.25	2.18 ±0.46 <LD-10.52
<i>D. rotundus</i>	66	326.09 ±86.43 <LD-5394.79	89.09 ±21.89 <LD-854.29	60.96 ±11.59 <LD-513.62	92.54 ±13.75 <LD- 812.64	2.51 ±0.32 <LD-17.72
HÍGADO						
<i>T. brasiliensis</i>	9	37.35 ±21.08 <LD-150.77	2626.17 ±121.41 2016.60- 3012.08	2799.75 ±284.41 1978.72- 4285.48	7025.78 ±460.44 4759.71- 8932.73	31.72 ±15.33 4.20- 128.05
<i>D. rotundus</i>	31	163.63 ±15.23 20.31-442.34	2693.83 ±51.74 2203.09- 3574.52	3735.65 ±112.16 2136.31- 5075.92	10324.55 ±276.63 5784.49- 12607.35	13.56 ±1.18 <LD-26.68
RIÑÓN						
<i>T. brasiliensis</i>	6	49.89 ±25.50 <LD-145.51	2186.68 ±144.92 1823- 2643.07	3475 ±585.98 2351.10- 6294.62	9223.54 ±952.36 7352.73- 13813.06	4.24 ±4.24 <LD-25.47
<i>D. rotundus</i>	31	47.75 ±10.72 <LD-270.98	2224.86 ±140.21 <LD- 3738.43	3685.75 ±148.47 277.43- 5670.06	10490.15 ±456.88 629.78- 19114.46	4.74 ±0.98 <LD-14.70

n= número de muestras. <LD= bajo límite de detección.

El rango de las concentraciones, en algunos casos, estuvo lejos de la media aritmética, como en el caso de calcio y fósforo en las muestras de hueso y pelo, y en el potasio en hígado y riñón, donde el rango de variación fue más amplio (Figura 5).

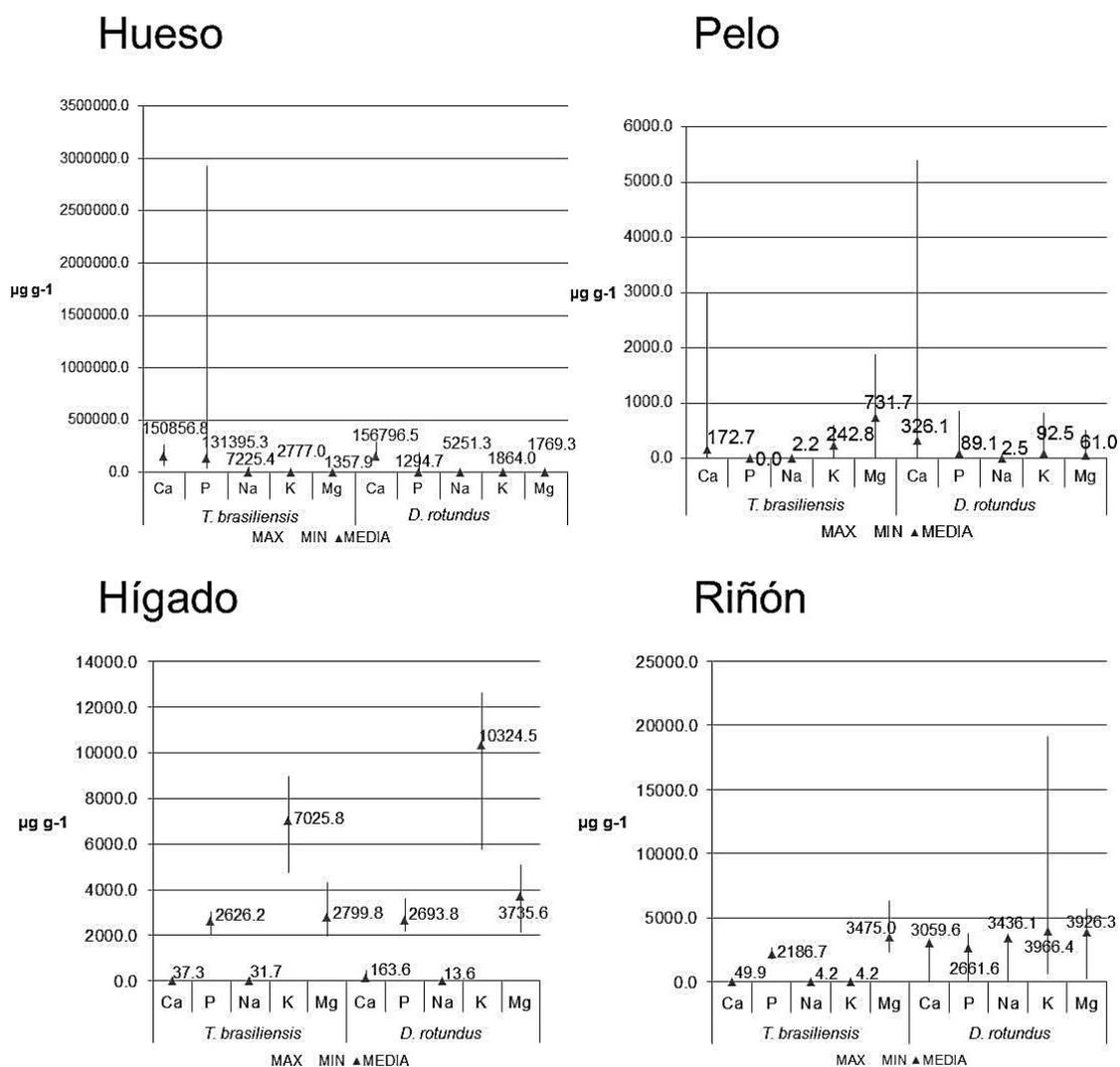


Figura 5. Rango de concentración y media cuantificados de Ca, P, Na, K y Mg ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón, de las especies de murciélagos *Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis*.

## 4.1.1 Análisis estadístico

- Hueso

Las concentraciones de los macroelementos analizados en las muestras de hueso de *Desmodus rotundus*, por localidades y sexo, se muestran en el Cuadro 6 y Figura 6. En los datos no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en ninguno de los cinco macroelementos.

Cuadro 6. Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de hueso de *D. rotundus*, machos (M) y hembras (H), procedentes de once localidades del estado de Oaxaca.

Procedencia (n)	Sexo	Ca $\mu\text{g g}^{-1}$	P $\mu\text{g g}^{-1}$	Na $\mu\text{g g}^{-1}$	K $\mu\text{g g}^{-1}$	Mg $\mu\text{g g}^{-1}$
San Antonio Ocotlán (31)	M	146699.84 a	97943.19 a	4822.17 a	1718.78 a	1842.69 a
	H	145777.22 a	93952.83 a	4951.79 a	1874.08 a	1681.92 a
San Felipe Tejalapam (7)	M	173633.02 a	105097.17 a	6199.99 a	1735.84 a	1757.78 a
	H	176922.43 a	76009.56 a	7163.89 a	2039.69 a	1734.22 a
Santa Catarina Lachatao (12)	M	169836.21 a	107908.56 a	5824.96 a	2073.57 a	1892.38 a
	H	156965.62 a	95535.25 a	5324.93 a	1931.45 a	1683.79 a
Santa María Zacatepec (7)	M	165573.25 a	86893.56 a	5276.37 a	1804.17 a	1544.52 a
	H	161596.01 a	96489.82 a	5571.11 a	2425.68 a	1948.78 a
Santiago Tenango (4)	H	173674.43 a	101890.25 a	5499.48 a	2004.6 a	1497.69 a
Santiago Nacaltepec (8)	M	156749.61 a	103087.34 a	5047.22 a	1193.59 a	1755.81 a
	H	152252.16 a	98458.74 a	5368.98 a	1805.14 a	1770.58 a
Santa María Guienagati (1)	M	228503.94 a	139481.56 a	6155.78 a	167.76 a	2192.37 a

San Juan Guichicovi (1)	M	157546.32 <b>a</b>	87367.45 <b>a</b>	5759.22 <b>a</b>	3105.13 <b>a</b>	1641.66 <b>a</b>
San Dionisio Ocotepec (1)	H	155748.9 <b>a</b>	105770.68 <b>a</b>	4816.95 <b>a</b>	2559.47 <b>a</b>	2260.26 <b>a</b>
San Pedro Pochutla (1)	H	162974.71 <b>a</b>	105899.51 <b>a</b>	5582.84 <b>a</b>	2249.71 <b>a</b>	1747.82 <b>a</b>
Sin registro (2)	M	144386.08 <b>a</b>	79786.15 <b>a</b>	5224.6 <b>a</b>	2570.42 <b>a</b>	1347.78 <b>a</b>
	H	156053.94 <b>a</b>	69377.48 <b>a</b>	2950.85 <b>a</b>	638.73 <b>a</b>	2713.69 <b>a</b>

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). n= número de muestras.

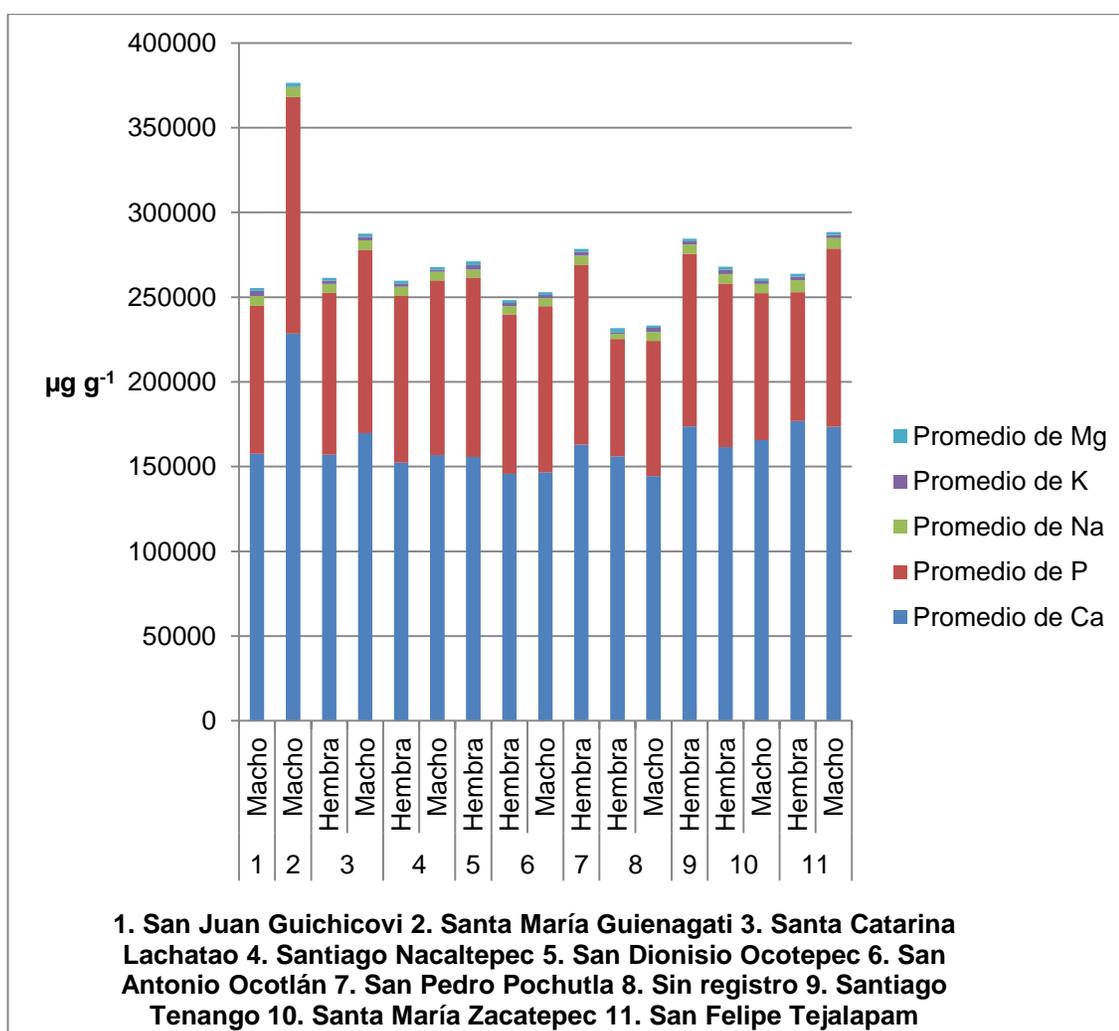


Figura 6. Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de hueso de *D. rotundus* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

Las concentraciones más altas pertenecieron a Ca y P, mientras que las más bajas resultaron en K y Mg, de acuerdo al análisis estadístico, no hubo diferencias significativas en las concentraciones de ninguno de estos cinco elementos analizados en hueso de *D. rotundus*, por tanto, no influyó la localidad de procedencia, ni el sexo de los individuos.

En la especie *T. brasiliensis*, las concentraciones registradas para cada macroelemento, por lugar de procedencias y sexo, en las muestras de hueso, se presentan en el Cuadro 7 y Figura 7.

Cuadro 7. Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de hueso de *T. brasiliensis*, machos (M) y hembras (H), procedentes de seis localidades del estado de Oaxaca.

Procedencia (n)	Sexo	Ca $\mu\text{g g}^{-1}$	P $\mu\text{g g}^{-1}$	Na $\mu\text{g g}^{-1}$	K $\mu\text{g g}^{-1}$	Mg $\mu\text{g g}^{-1}$
Santa Cruz Xoxocotlán (47)	M	150715.2 a	82642.28 a	6700.48 b	2922.56 a	1224.45 a
	H	144417.95 a	231126.57 a	6128.77 b	3032.41 a	1293.17 a
Santa Catarina Lachatao (5)	M	160570.54 a	90533.1 a	6514.54 b	2150.17 a	1331.76 a
	H	124506.99 a	92658.48 a	8808.27 b	487.49 a	1330.31 a
Santiago Tenango (2)	M	144542.06 a	90841.79 a	8702.36 b	3016.37 a	1671.02 a
	H	154860.17 a	80082.16 a	54550.65 a	1945.58 a	1294.64 a
Santo Domingo Nuxaá (1)	H	180356.05 a	102684.15 a	4513.63 b	736.38 a	2542.17 a
San Agustín Etlá (2)	M	141884 a	78072.6 a	3779.84 b	1075.16 a	1519.10 a
Santiago Nacaltepec (4)	M	186011.15 a	105764.21 a	6050.45 b	3669.32 a	2194.15 a

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). n= número de muestras

En las concentraciones de sodio en hueso, se evidenció un valor significativamente alto ( $p < 0.0001$ ) en comparación a las demás concentraciones encontradas, este valor ( $54550.65 \mu\text{g g}^{-1}$ ), corresponde a una hembra de la comunidad de Santiago Tenango, Etlá, Oaxaca. En los otros macroelementos analizados, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. De modo similar a los resultados en hueso de *D. rotundus*, las concentraciones de Ca y P fueron las más elevadas en las muestras de hueso de *T. brasiliensis*.

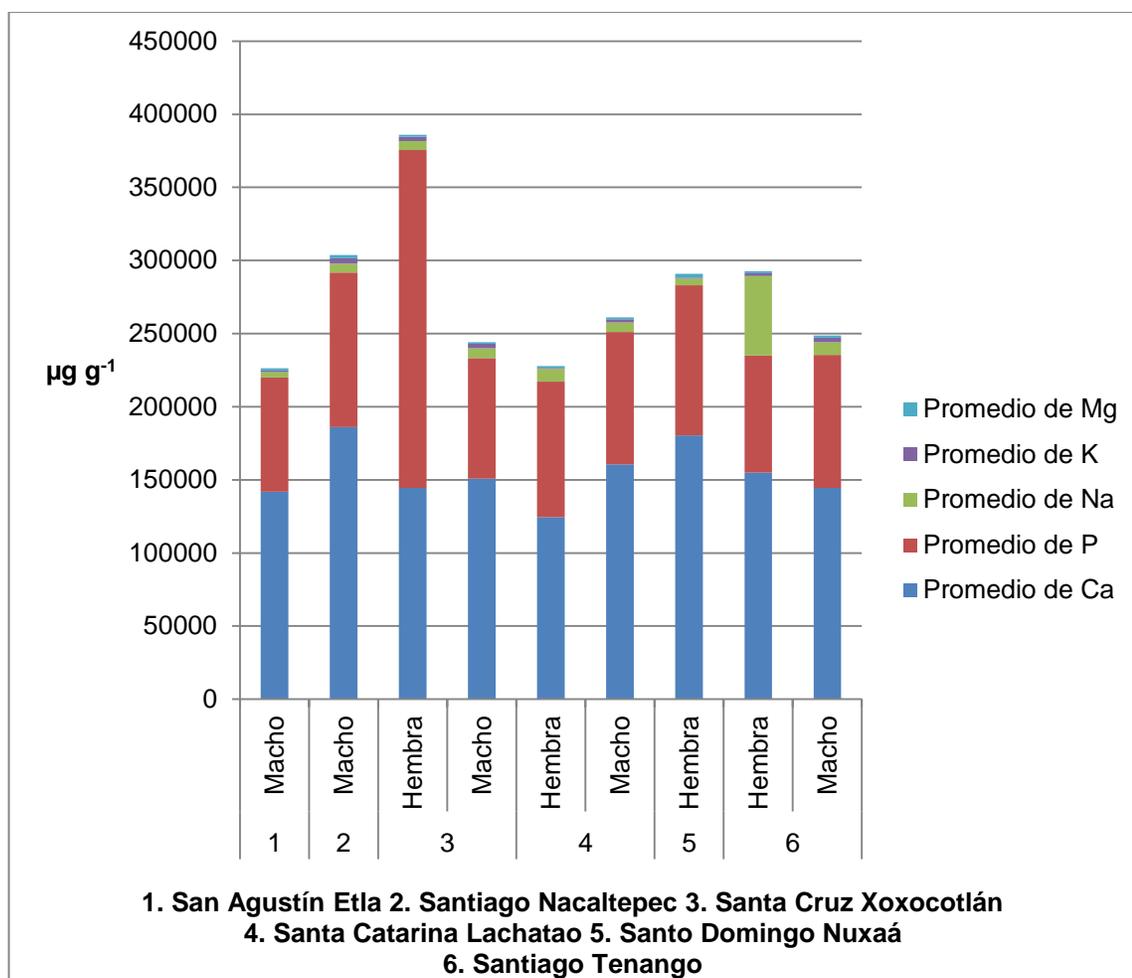


Figura 7. Concentración de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de hueso de *T. brasiliensis* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

- Pelo

Las concentraciones obtenidas de los cinco macroelementos analizados en muestras de pelo de la especie *D. rotundus*, por procedencia y sexo, se presenta en el Cuadro 8 y Figura 8.

Cuadro 8. Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en las muestras de pelo de la especie *D. rotundus*, machos (M) y hembras (H), procedentes de once localidades del estado de Oaxaca.

Procedencia (n)	Sexo	Ca $\mu\text{g g}^{-1}$	P $\mu\text{g g}^{-1}$	Na $\mu\text{g g}^{-1}$	K $\mu\text{g g}^{-1}$	Mg $\mu\text{g g}^{-1}$
San Felipe Tejalapam, Etna (6)	M	972.75 <b>a</b>	<LD	<LD	27.91 <b>a</b>	5.15 <b>a</b>
	H	883.62 <b>a</b>	<LD	<LD	18.32 <b>a</b>	3.14 <b>a</b>
Santa María Zacatepec (6)	M	<LD	<LD	61.66 <b>b</b>	48.53 <b>a</b>	0.59 <b>a</b>
	H	16.60 <b>a</b>	284.76 <b>a</b>	<LD	43.74 <b>a</b>	1.73 <b>a</b>
San Juan Guichicovi (1)	M	<LD	<LD	58.08 <b>b</b>	33.06 <b>a</b>	0.51 <b>a</b>
Santiago Tenango, Etna (4)	H	<LD	<LD	<LD	33.61 <b>a</b>	0.08 <b>a</b>
Santiago Nacaltepec (5)	M	<LD	<LD	25.40 <b>b</b>	53.01 <b>a</b>	1.47 <b>a</b>
	H	<LD	<LD	18.11 <b>b</b>	29.13 <b>a</b>	0.31 <b>a</b>
Santa Catarina Lachatao, Ixtlán (12)	M	266.17 <b>a</b>	63.62 <b>a</b>	42.34 <b>b</b>	42.04 <b>a</b>	2.35 <b>a</b>
	H	214.43 <b>a</b>	237.37 <b>a</b>	62.46 <b>b</b>	37.88 <b>a</b>	2.25 <b>a</b>
Santa María Guienagati, Tehuantepec (1)	M	344.30 <b>a</b>	<LD	15.87 <b>b</b>	15.71 <b>a</b>	1.94 <b>a</b>
San Antonio Ocotlán (31)	M	324.30 <b>a</b>	33.63 <b>a</b>	59.62 <b>b</b>	133.80 <b>a</b>	3.23 <b>a</b>
	H	542.04 <b>a</b>	157.35 <b>a</b>	92.51 <b>b</b>	166.07 <b>a</b>	3.53 <b>a</b>
San Baltazar Guelavila (1)	H	<LD	<LD	33.11 <b>b</b>	57.52 <b>a</b>	0.62 <b>a</b>

San Pedro Cafetitlán (1)	H	<LD	<LD	74.21 <b>ab</b>	42.55 <b>a</b>	0.80 <b>a</b>
Sin registro (1)	H	1261.89 <b>a</b>	<LD	477.42 <b>a</b>	69.21 <b>a</b>	6.88 <b>a</b>

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). n= número de muestras. <LD= Bajo el límite de detección.

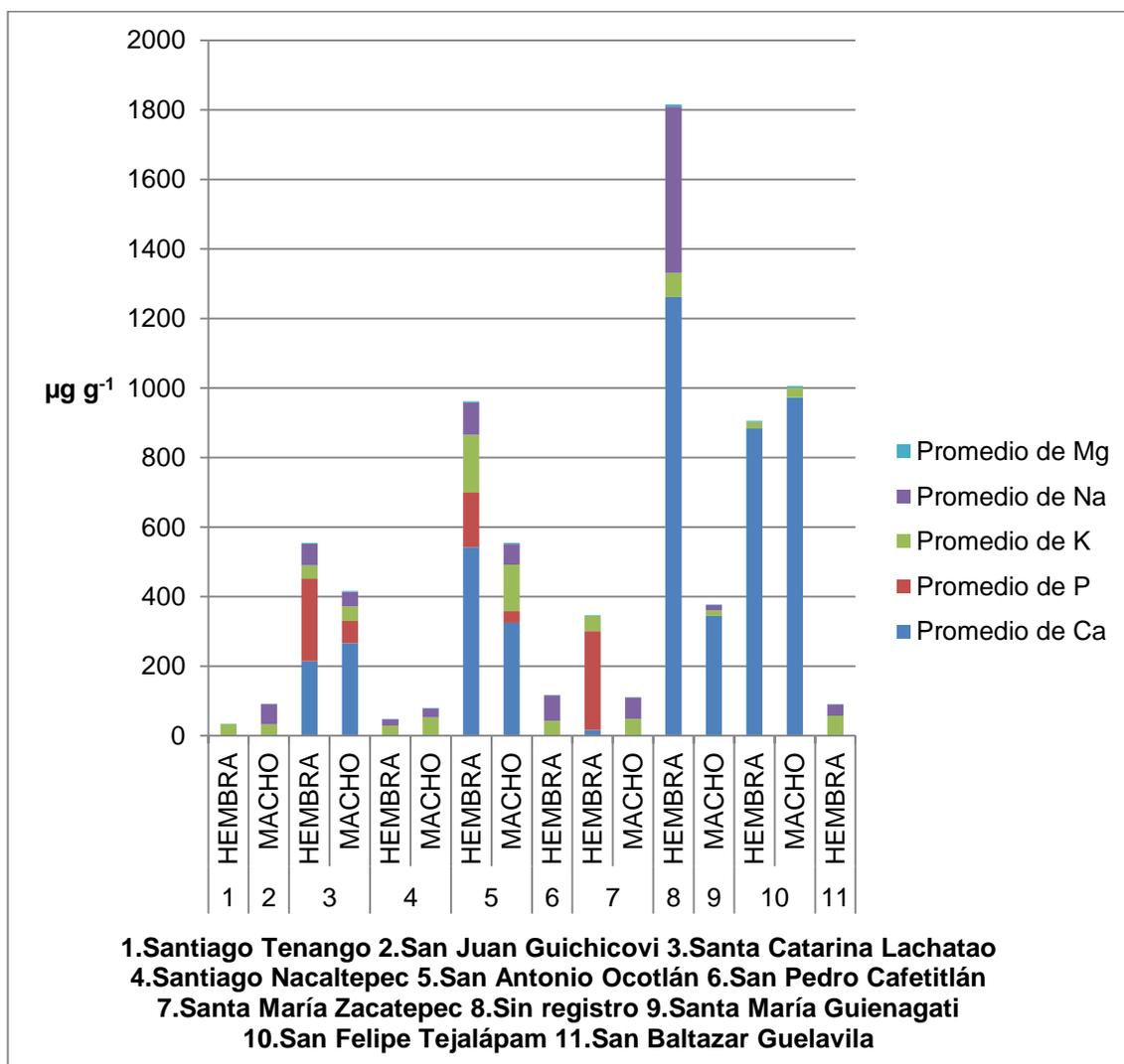


Figura 8. Promedio de las concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg, en muestras de pelo de *D. rotundus* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

Se registraron concentraciones bajo el límite de detección (<LD), de calcio, fósforo y sodio, la mayoría siendo de la misma muestra. Se registraron diferencias significativas ( $P=0.009$ ) entre los valores obtenidos de sodio, estas diferencias se dieron por localidad de procedencia de los individuos de *D. rotundus*, específicamente por la concentración de un individuo hembra procedente de una localidad desconocida y de otra hembra procedente de San Pedro Cafetitlán, con concentraciones de  $477.42 \mu\text{g g}^{-1}$  y  $74.21 \mu\text{g g}^{-1}$ , respectivamente, que fueron significativamente elevadas.

Igualmente, se presentan las concentraciones encontradas de estos cinco macroelementos en las muestras de pelo de la especie *Tadarida brasiliensis*, por localidad de procedencia y sexo, en el Cuadro 9 y Figura 9.

Cuadro 9. Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en las muestras de pelo de la especie *T. brasiliensis*, machos (M) y hembras (H), procedentes de cuatro localidades del estado de Oaxaca.

Procedencia (n)	Sexo	Ca $\mu\text{g g}^{-1}$	P $\mu\text{g g}^{-1}$	Na $\mu\text{g g}^{-1}$	K $\mu\text{g g}^{-1}$	Mg $\mu\text{g g}^{-1}$
Santa Cruz Xoxocotlán (29)	M	234.97 a	<LD	843.77 a	258.36 a	2.64 a
	H	102.48 a	<LD	618.86 a	204.20 a	1.80 a
Santa Catarina Lachatao, Ixtlán (2)	M	<LD	<LD	498.29 a	166.18 a	3.65 a
	H	347.30 a	<LD	551.87 a	220.96 a	3.07 a
Santiago Tenango (1)	H	<LD	<LD	404.25 a	217.01 a	<LD
San Agustín Etlá (2)	M	84.60 a	<LD	713.53 a	376.97 a	<LD

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). n= número de muestras. <LD= Bajo el límite de detección.

Fueron registradas concentraciones por debajo del límite de detección (<LD) de calcio, magnesio y, en todas las muestras, fósforo. El análisis estadístico no evidenció diferencias significativas en ninguno de los elementos en este tipo de muestra de *T. brasiliensis*.

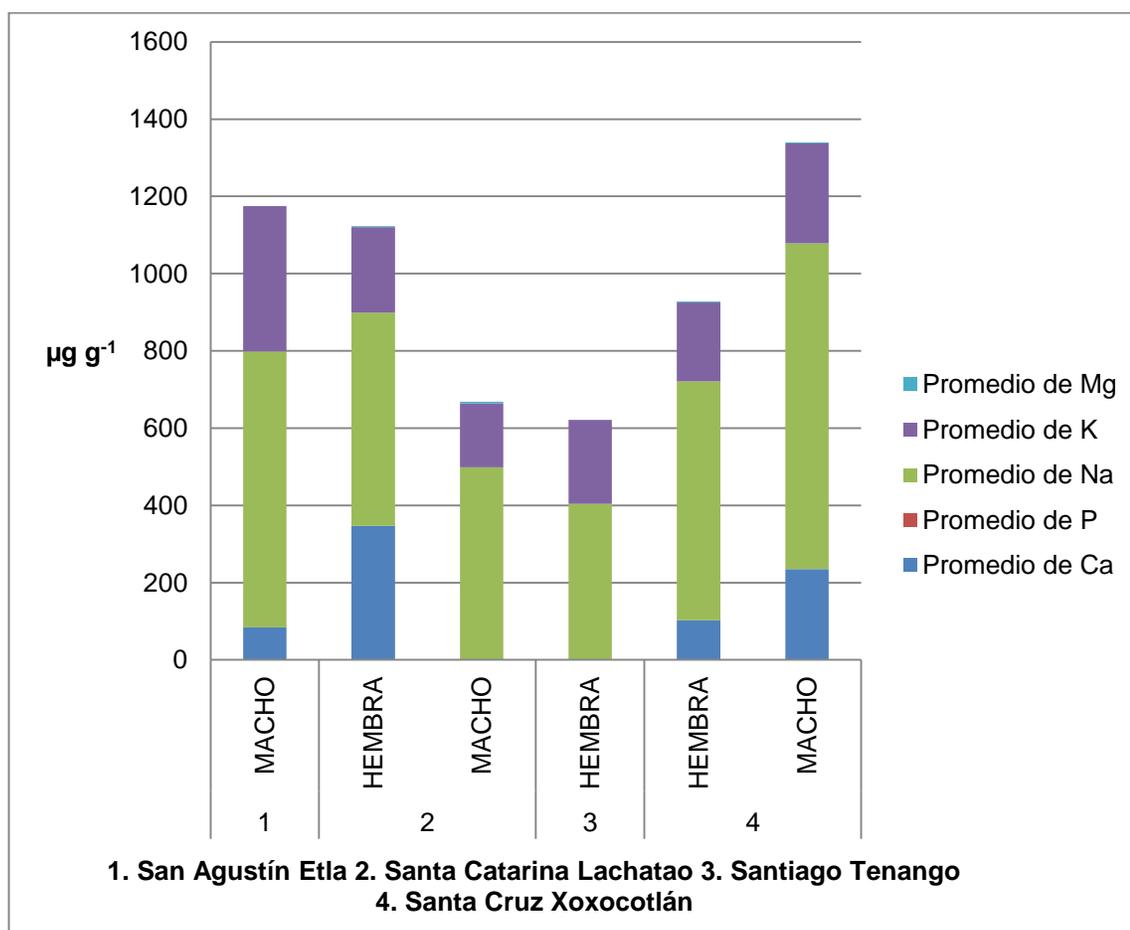


Figura 9. Promedio de las concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de pelo de *T. brasiliensis* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

- Hígado y riñón

Las concentraciones de los cinco macroelementos analizados en las muestras de órganos de *Desmodus rotundus*, se presentan en el Cuadro 10 y Figura 10, en este caso, se analizaron muestras de machos y hembras de la localidad de San Antonio Ocotlán, Oaxaca.

Cuadro 10. Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en hígado y riñón de *D. rotundus*, en machos (M) y hembras (H), procedentes de la comunidad de San Antonio Ocotlán, Oaxaca.

Órgano (n)	Sexo	Ca $\mu\text{g g}^{-1}$	P $\mu\text{g g}^{-1}$	Na $\mu\text{g g}^{-1}$	K $\mu\text{g g}^{-1}$	Mg $\mu\text{g g}^{-1}$
Hígado (31)	M	144.81 <b>ab</b>	2714.77 <b>a</b>	3687.32 <b>a</b>	10232.33 <b>a</b>	10.32 <b>b</b>
	H	175.52 <b>a</b>	2680.60 <b>ab</b>	3766.17 <b>a</b>	10382.79 <b>a</b>	15.56 <b>a</b>
Riñón (31)	M	56.75 <b>c</b>	2153.24 <b>c</b>	3791.31 <b>a</b>	10503.49 <b>a</b>	6.94 <b>bc</b>
	H	42.06 <b>c</b>	2270.10 <b>c</b>	3619.07 <b>a</b>	10481.73 <b>a</b>	3.36 <b>c</b>

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). n=número de muestras.

Se registraron diferencias significativas en las concentraciones de calcio, fósforo y magnesio ( $p < 0.0001$ ,  $p = 0.02$ ,  $p < 0.0001$ , respectivamente), en los tres casos, esta diferencia fue entre la concentración promedio de órganos, siendo significativamente más altas las concentraciones registradas en hígado. En Mg, además, se registró que la concentración promedio en hígado de hembras ( $15.56 \mu\text{g g}^{-1}$ ), fue significativamente ( $p < 0.05$ ) más alta que los demás valores. Por otro lado, en sodio y potasio no se demostró alguna diferencia marcada por

el análisis estadístico, sin embargo, fueron las concentraciones más altas obtenidas en este tipo de muestras, junto con fósforo y principalmente potasio.

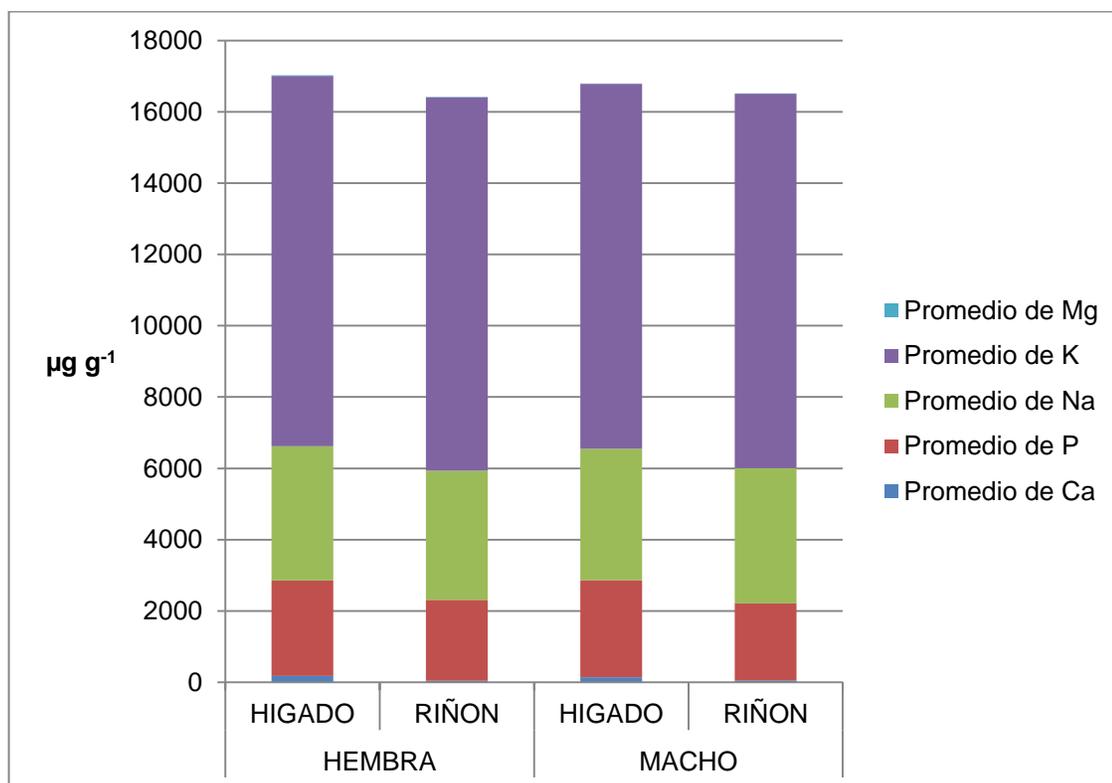


Figura 10. Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en muestras de hígado y riñón de *D. rotundus*, apilados por sexos y órganos.

En la especie *Tadarida brasiliensis*, las concentraciones de los macroelementos, por localidad de procedencia y tipo de órgano (hígado y riñón), analizados son expuestos en el Cuadro 11 y Figura 11, el análisis no mostró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en ninguno de los cinco metales en estos tipos de muestras.

Cuadro 11. Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en hígado y riñón de *T. brasiliensis*, procedentes de dos localidades del estado de Oaxaca.

Procedencia	Órgano (n)	Ca $\mu\text{g g}^{-1}$	P $\mu\text{g g}^{-1}$	Na $\mu\text{g g}^{-1}$	K $\mu\text{g g}^{-1}$	Mg $\mu\text{g g}^{-1}$
Santa Cruz Xoxocotlán	Hígado (8)	23.97 <b>a</b>	2702.37 <b>a</b>	2901.74 <b>a</b>	7045.85 <b>a</b>	32.46 <b>a</b>
	Riñón (5)	30.77 <b>a</b>	2259.30 <b>a</b>	3699.78 <b>a</b>	9472.50 <b>a</b>	<LD
San Pedro Totolapam	Hígado (1)	144.40 <b>a</b>	2016.60 <b>a</b>	1983.85 <b>a</b>	6865.18 <b>a</b>	25.81 <b>a</b>
	Riñón (1)	145.51 <b>a</b>	1823.55 <b>a</b>	2351.10 <b>a</b>	7978.74 <b>a</b>	25.47 <b>a</b>

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.005$ ). n=número de muestras. <LD=Bajo el límite de detección.

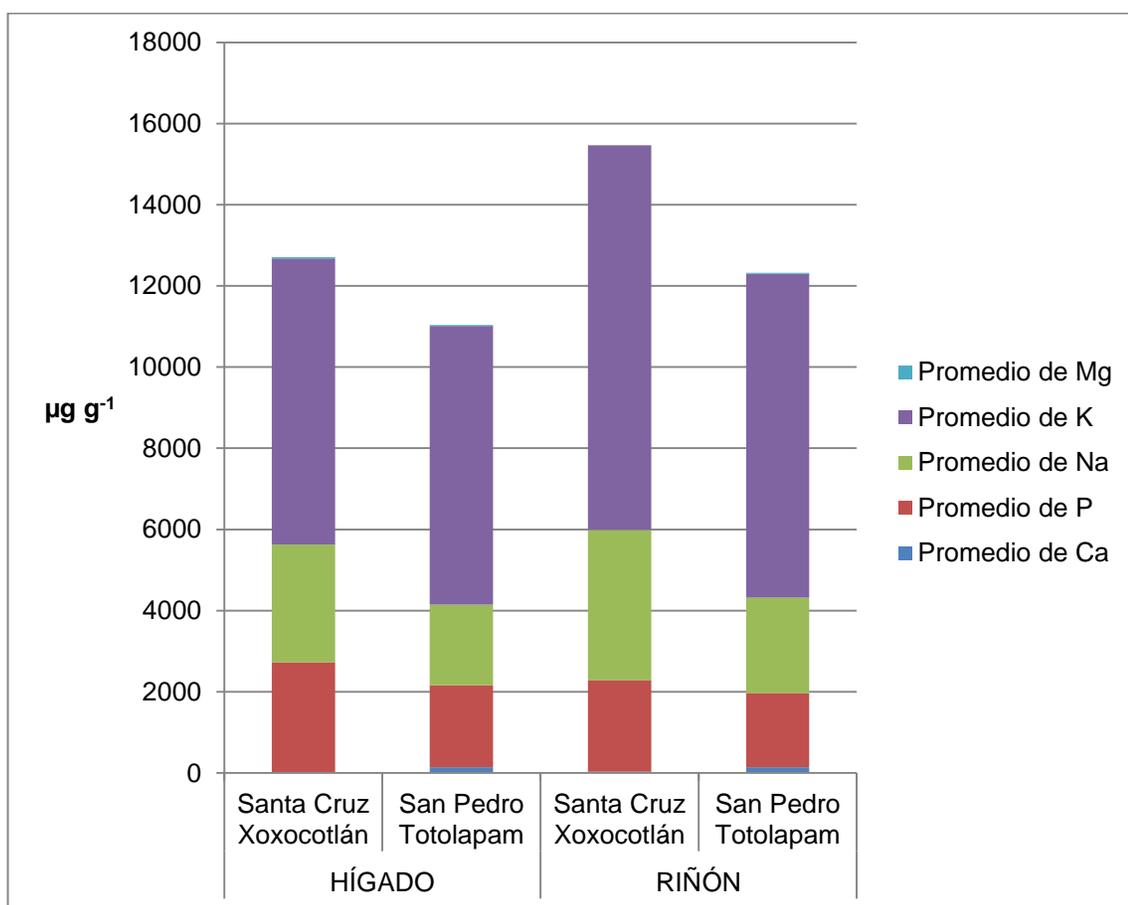


Figura 11. Concentraciones de Ca, P, Na, K y Mg en órganos de *T. brasiliensis* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

De modo similar a lo sucedido con las muestras de órganos de *D. rotundus*, en las muestras de *T. brasiliensis*, resultaron más elevadas las concentraciones de fósforo, sodio y mayoritariamente potasio. Los metales Ca y Mg fueron las concentraciones más bajas en estas muestras.

#### 4.1.2 Calcio (Ca)

Como era de esperarse, las concentraciones de Ca más elevadas fueron en hueso en las dos especies de estudio, siendo un elemento esencial asociado a importantes procesos biológicos, es uno de los minerales más abundantes en el organismo animal (Carcausto, 2017), sobre todo en tejidos óseos, ya que en él se encuentra el 98-99% del Ca y el 1-2% en tejidos no óseos (Tresguerres *et al.*, 2005). Después de lo cuantificado en hueso, aunque no tan elevado, en pelo se obtuvieron valores altos de Ca, a comparación de lo encontrado en hígado y riñón, principalmente en *D. rotundus*, donde también fue el macroelemento con mayor concentración.

De acuerdo a estudios realizados en pelo de monos, encontraron que las concentraciones de Ca resultaban más altos en hembras que en machos (Pérez, 2013; Sky-Peck y Joseph, 1983), teniendo en cuenta esto y, que si bien, en *D. rotundus*, se analizaron más muestras de hembras y sí obtuvieron un

promedio mayor al de los machos, en el análisis estadístico no se reportaron diferencias significativas entre ambos sexos. Por lo que, estas concentraciones, puede ser razón de lo mencionado por Wysocki y Klett (1971), quienes hacen la referencia de que los minerales, no solo calcio, pudieran incorporarse al pelo a través del sudor o el sebo, estos mismos autores, también reportaron, a partir de una dieta balanceada, mayor fijación de Ca que de P, en pelo de ponys.

En las concentraciones obtenidas de calcio en las diferentes muestras, resultaron en su mayoría, menores en la especie *T. brasiliensis*, lo que podría ser por la biodisponibilidad del elemento en la dieta de la especie, pues se sabe que en insectos, es poca la disposición de calcio (Patiño, 2019). Así bien, en un estudio realizado por Larsen y Sandstrom (1992a), donde analizaron tejidos y órganos de ratas como absorción de minerales y elementos traza, encontraron, en muestras óseas, que el contenido de calcio era directamente proporcional al absorbido.

#### 4.1.3 Fósforo (P)

Las concentraciones obtenidas de fósforo en hueso fueron el segundo elemento más abundante en este tipo de muestra en las dos especies, después de calcio, resultando  $131395.333 \mu\text{g g}^{-1}$  en *T. brasiliensis* y  $97527.23 \mu\text{g g}^{-1}$  en *D.*

*rotundus*. El fósforo y el calcio tienen funciones importantes en el tejido óseo, de acuerdo a Tresguerres *et al.* (2005), el P se presenta en una buena proporción en dicho tejido, por el papel fisiológico que cumple. Es necesario mencionar que, aunque no se analizaron relaciones entre los elementos, la concentración de uno puede influir en otro, así por ejemplo, de acuerdo con Klasing (1998), la proporción Ca:P en condiciones normales, en tejido óseo debe ser mantenida en 2:1.

Algo similar ocurre en pelo, que tomando de ejemplo el estudio realizado por Wysocki y Klett (1997), donde encontraron, mediante una dieta balanceada, mayor fijación de Ca que de P en pelo de ponys. Así pues, en las muestras de pelo de las dos especies analizadas, las concentraciones de fósforo estuvieron por debajo de las encontradas de calcio, aunque fueron de las concentraciones más bajas, junto con magnesio. También, los valores de fósforo en este tipo de muestra fueron las más bajas en comparación con los órganos, incluso en la especie *T. brasiliensis*, los valores cuantificados de fósforo estuvieron por debajo del límite de detección ( $1 \text{ mg L}^{-1}$ ) en pelo.

Mientras que en el cuerpo humano se reportan en total entre 600-650 g de fósforo en forma de fosfatos (Tresguerres *et al.*, 2005), un estudio realizado por Larsen y Sandström (1992a), donde usaron tejidos de ratas como indicadores de absorción de minerales, encontraron en muestras de fémur  $10.4 \text{ g kg}^{-1}$

(10400  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) de P, en este mismo estudio, reiteran la relación entre fósforo y calcio, pues mencionan que sus resultados de fósforo, fueron inversamente proporcionales a la absorción de Ca.

Las concentraciones de los estudios antes mencionados resultan superiores a lo obtenido en este. Respecto a la diferencia significativa encontrada entre las concentraciones de P en riñón e hígado en este elemento en la especie *D. rotundus*, no se encontró algún estudio que reiterara este resultado.

#### 4.1.4 Sodio (Na)

De acuerdo a O'Dell y Sunde (1997), el sodio es principalmente contenido en el espacio extracelular y el 30% del sodio corporal está en el hueso, donde es intercambiado lentamente, así también, las concentraciones intracelulares de sodio varían de tejido a tejido. En caso de deficiencia de este elemento en animales, es manifestado obteniéndolo de otras fuentes, lamiendo rocas, madera, tierra, orina y huesos (Moniello *et al.*, 2005). Esta acción está documentada en mamíferos, principalmente en primavera, donde se le ha atribuido a una necesidad de sodio estacional, por la escasa disponibilidad de este metal, sobre todo en plantas (Risenhoover y Peterson, 1986).

Las concentraciones de sodio en el presente estudio fueron más elevadas en las muestras de hueso, resultando  $7225.38 \mu\text{g g}^{-1}$  para *T. brasiliensis* y para *D. rotundus*  $5251.29 \mu\text{g g}^{-1}$ . Mientras que las concentraciones más bajas se obtuvieron en pelo en las dos especies, con promedios de  $731.67 \mu\text{g g}^{-1}$  y  $60.96 \mu\text{g g}^{-1}$ , respectivamente. A diferencia del análisis realizado por Trillanes (2008), en tejidos de Teporingo (*Romerolagus diazi*), donde obtuvo concentraciones de sodio en pelo de 0.56%, el cual resultó ser más alto que los obtenidos en hueso (0.44%) y riñón (0.43%), siendo la concentración más baja en hígado (0.37%). En otro estudio, Moniello *et al.* (2005) cita a diferentes autores, los cuales reportan una concentración promedio de aproximadamente  $1.6 \text{ g kg}^{-1}$  en ovejas.

#### 4.1.5 Potasio (K)

Este elemento fue encontrado principalmente en las muestras de riñón e hígado en las dos especies, las concentraciones más altas se registraron en riñón con promedios de  $10490.15 \mu\text{g g}^{-1}$  en *D. rotundus* y  $9223.54 \mu\text{g g}^{-1}$  en *T. brasiliensis*. Los niveles más bajos fueron registrados en las muestras de pelo, con promedios de  $92.54 \mu\text{g g}^{-1}$  y  $242.78 \mu\text{g g}^{-1}$ , respectivamente. Similar a lo que ocurrió en un estudio realizado por Trillanes (2008), donde cuantificó potasio en tejidos de teporingo (*Romerolagus diazi*), este autor obtuvo un mayor

porcentaje de este elemento en las muestras de riñón (0.81%) e hígado (0.76%), así también, un porcentaje notablemente menor en hueso (0.08%) y pelo (0.01%).

El potasio es un macro elemento esencial y el catión intracelular más importante, El principal reservorio de este elemento, se encuentra en los músculos con el 75%, sin embargo, puede hallarse en pequeña cantidad en el hígado, aunque puede ser afectado por su fácil intercambio. Otra porción similar a la del hígado, pertenece a los huesos, difícilmente intercambiable. El riñón posee una gran capacidad para la excreción de K, pero ineficiente para la reabsorción de este mismo elemento (O'Dell y Sunde, 1997).

El sodio y el potasio, son otros de los elementos estrechamente ligados, principalmente por su interacción a nivel celular por su intercambio continuo por medio de la bomba Na/K, sin embargo, todos los tejidos blandos, son más ricos en potasio que en sodio (Underwood y Suttle, 2003).

#### 4.1.6 Magnesio (Mg)

El magnesio, siendo un elemento esencial en el organismo, del total intracelular, poco más de la mitad se concentra en los huesos y el resto en el músculo y

otros tejidos blandos (De Francisco y Rodríguez, 2013). Las concentraciones de Mg fueron notablemente más elevadas en las muestras de hueso que en los otros tejidos, obteniendo  $1357.92 \mu\text{g g}^{-1}$  en *T. brasiliensis* y  $1769.25 \mu\text{g g}^{-1}$  en *D. rotundus*, en contraste con las más bajas encontradas en pelo, que fueron de  $2.18 \mu\text{g g}^{-1}$  y  $2.51 \mu\text{g g}^{-1}$ , respectivamente.

De acuerdo a Hernández y Sastre (1999), hay una competencia de absorción entre el calcio y el magnesio, resultando que las concentraciones de Mg se ven afectadas por una absorción alta de calcio. Esta relación entre calcio y magnesio, es documentada por Underwood y Suttle (2003), señalando una proporción en animales de 50:1 entre estos dos metales. Larsen y Sandström (1992a) obtuvieron en sus análisis una correlación negativa entre las concentraciones de Mg y Ca en fémures de ratas, estos mismos autores, obtuvieron también una correlación positiva entre estos dos elementos, que variaba en presencia de altas concentraciones de Zn, haciendo difícil la absorción de Mg (Larsen y Sandström, 1992b).

Conviene recordar que en este estudio no se analizaron correlaciones entre los metales; sin embargo, es preciso tener en cuenta que los niveles de concentración de un elemento están relacionados también con otros y esto puede ser la razón de un exceso o deficiencia de los mismos.

## 4.2 Concentraciones, análisis estadístico y discusión de los metales Zn, Cu y Mn.

Las concentraciones de zinc (Zn), cobre (Cu) y manganeso (Mn) resultaron jerárquicamente similares en todos los tipos de muestras, siendo  $Zn > Cu > Mn$ , en las dos especies. De Zn, se obtuvieron promedios más elevados en pelo e hígado superando los 1000 ppm. En Cu, los promedios más altos fueron obtenidos en las muestras de pelo de *T. brasiliensis* ( $75918.73 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) y en hígado de *D. rotundus* ( $12325.68 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). En cuanto a Mn, las concentraciones más elevadas se encontraron en las muestras de hueso de las dos especies, en *T. brasiliensis* se obtuvo un promedio de  $2934.89 \mu\text{g kg}^{-1}$  y en *D. rotundus* de  $1702 \mu\text{g kg}^{-1}$  (Cuadro 12; los valores corresponden a los promedios calculados de cada microelemento por especie y muestras de estudio).

Cuadro 12. Promedio de las concentraciones de Zn, Cu y Mn, error típico y valor mínimo y máximo en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón de *Tadarida brasiliensis* y *Desmodus rotundus*.

ESPECIE	n	Zn $\mu\text{g g}^{-1}$	Cu $\mu\text{g kg}^{-1}$	Mn $\mu\text{g kg}^{-1}$
<b>HUESO</b>				
<i>T. brasiliensis</i>	61	239.73 $\pm 35.32$ 42.70-1848.77	22324.74 $\pm 2012.56$ <LD-66804.50	2934.89 $\pm 297.45$ <LD-10684.03
<i>D. rotundus</i>	72	216.44 $\pm 6.59$ 118.92-458.57	4947.18 $\pm 582.60$ <LD-28141.27	1702 $\pm 273.70$ 16.27-14506.31
<b>PELO</b>				
<i>T. brasiliensis</i>	34	1988.87 $\pm 224.34$ <LD-6275.35	75918.73 $\pm 23304.54$ <LD-803673.32	267.83 $\pm 234.81$ <LD-7961.43

<i>D. rotundus</i>	66	1254.35 ±194.36 <LD-6394.74	4351.41 ±1016.96 <LD-63291.69	232.75 ±44.56 <LD-1657.43
<b>HÍGADO</b>				
<i>T. brasiliensis</i>	9	1287.88 ±79.81 950.84-1716.45	10011.78 ±1911.31 6686.35-24499.22	2143.53 ±401.11 705.30-4201.59
<i>D. rotundus</i>	31	1155.29 ±50.07 738.42-1874.78	12325.68 ±682.49 3527.89-20368.22	269.31 ±29.06 <LD-656.83
<b>RIÑÓN</b>				
<i>T. brasiliensis</i>	6	411.17 ±171.98 <LD-1063.07	14513.24 ±3521.59 9867.59-32036.96	786.56 ±736.82 <LD-4464.80
<i>D. rotundus</i>	31	764.97 ±93.75 <LD-2493.24	10633.46 ±658.94 767.57-19110.07	163.91 ±62.76 <LD-1907.18

n= número de muestras. <LD= bajo límite de detección.

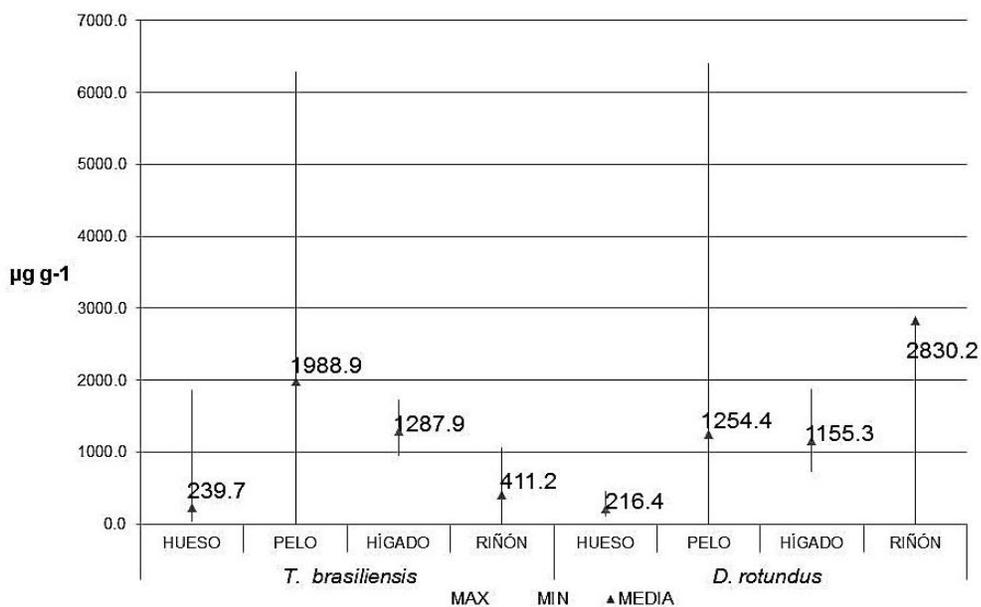


Figura 12. Rango de concentración y media de Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón en las dos especies de murciélagos *Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis*.

En cuanto a las medias respecto al rango de las concentraciones, se observó que el valor máximo encontrado de Zn en las dos especies fue significativamente elevada en comparación con el valor promedio (Figura 12), asimismo, ocurrió con los promedios encontrados de Cu y Mn, principalmente en pelo y riñón (Figura 13).

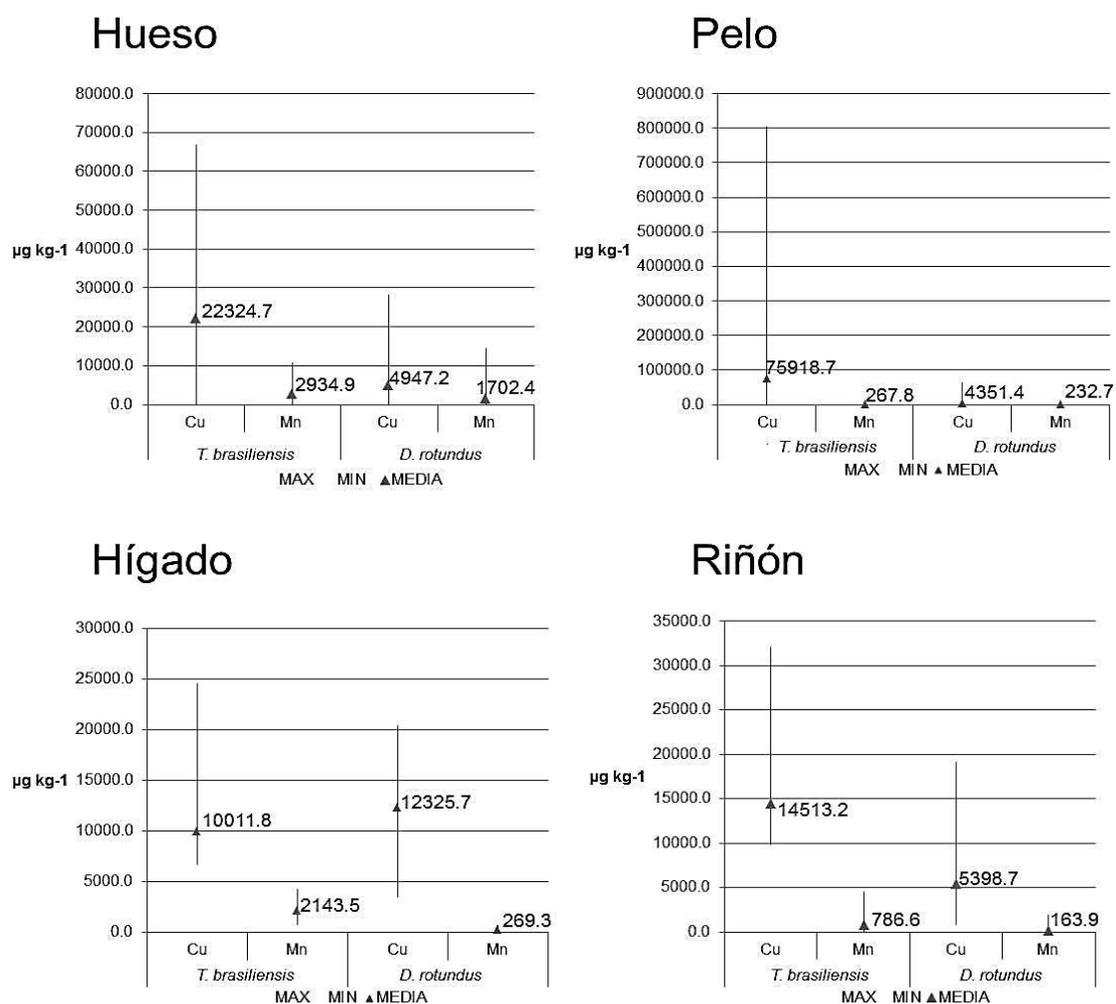


Figura 13. Rango de concentración y media cuantificadas de Cu y Mn en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón de las especies de murciélagos *Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis*.

## 4.2.1 Análisis estadístico

- Hueso

Las concentraciones de los microelementos encontrados en las muestras de hueso de *D. rotundus*, por localidades de procedencia y sexos, son expuestos en el Cuadro 13 y Figura 14.

Cuadro 13. Concentración de Zn, Cu y Mn en muestras de hueso de *D. rotundus*, machos (M) y hembras (H), procedentes de once localidades del estado de Oaxaca.

Procedencia (n)	Sexo	Zn $\mu\text{g g}^{-1}$	Cu $\mu\text{g kg}^{-1}$	Mn $\mu\text{g kg}^{-1}$
San Antonio Ocotlán (31)	M	216.18 <b>b</b>	1388.02 <b>fh</b>	271.79 <b>df</b>
	H	196.51 <b>b</b>	1724.78 <b>fh</b>	476.76 <b>def</b>
San Felipe Tejalapam (7)	M	189.79 <b>b</b>	3719.26 <b>efgh</b>	2303.35 <b>bcdef</b>
	H	264.31 <b>ab</b>	3699.29 <b>efgh</b>	2435.86 <b>bcdef</b>
Santa Catarina Lachatao (12)	M	199.25 <b>b</b>	8803.71 <b>bcde</b>	1742.41 <b>bcdef</b>
	H	194.71 <b>b</b>	5366.22 <b>efgh</b>	1612.28 <b>cdef</b>
Santa María Zacatepec (7)	M	186.40 <b>b</b>	11169.61 <b>bcd</b>	3557.54 <b>bcde</b>
	H	237.70 <b>b</b>	11367.06 <b>b</b>	4459.06 <b>abc</b>
Santiago Tenango (4)	H	226.42 <b>b</b>	11197.05 <b>bc</b>	2667.87 <b>bcdef</b>
Santiago Nacaltepec (8)	M	264.34 <b>b</b>	4373.98 <b>efgh</b>	1060.15 <b>cdef</b>
	H	186.40 <b>b</b>	3603.44 <b>efgh</b>	5418.63 <b>ab</b>
Santa María Guienagati (1)	M	282.72 <b>ab</b>	8123.11 <b>bcdef</b>	4025.80 <b>abcd</b>
San Juan Guichicovi (1)	M	175.57 <b>b</b>	329.18 <b>efgh</b>	1335.95 <b>bcdef</b>
San Dionisio Ocoatepec (1)	H	173.76 <b>b</b>	2652.66 <b>bcdefgh</b>	944.46 <b>bcdef</b>

San Pedro Pochutla (1)	H	214.90 <b>b</b>	4304.21 <b>cdefgh</b>	1107.82 <b>bcdef</b>
Sin registro (2)	M	212.07 <b>b</b>	2053.86 <b>efgh</b>	443.03 <b>bcdef</b>
	H	458.57 <b>a</b>	28141.27 <b>a</b>	11045.46 <b>a</b>

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.005$ ). n=número de muestras.

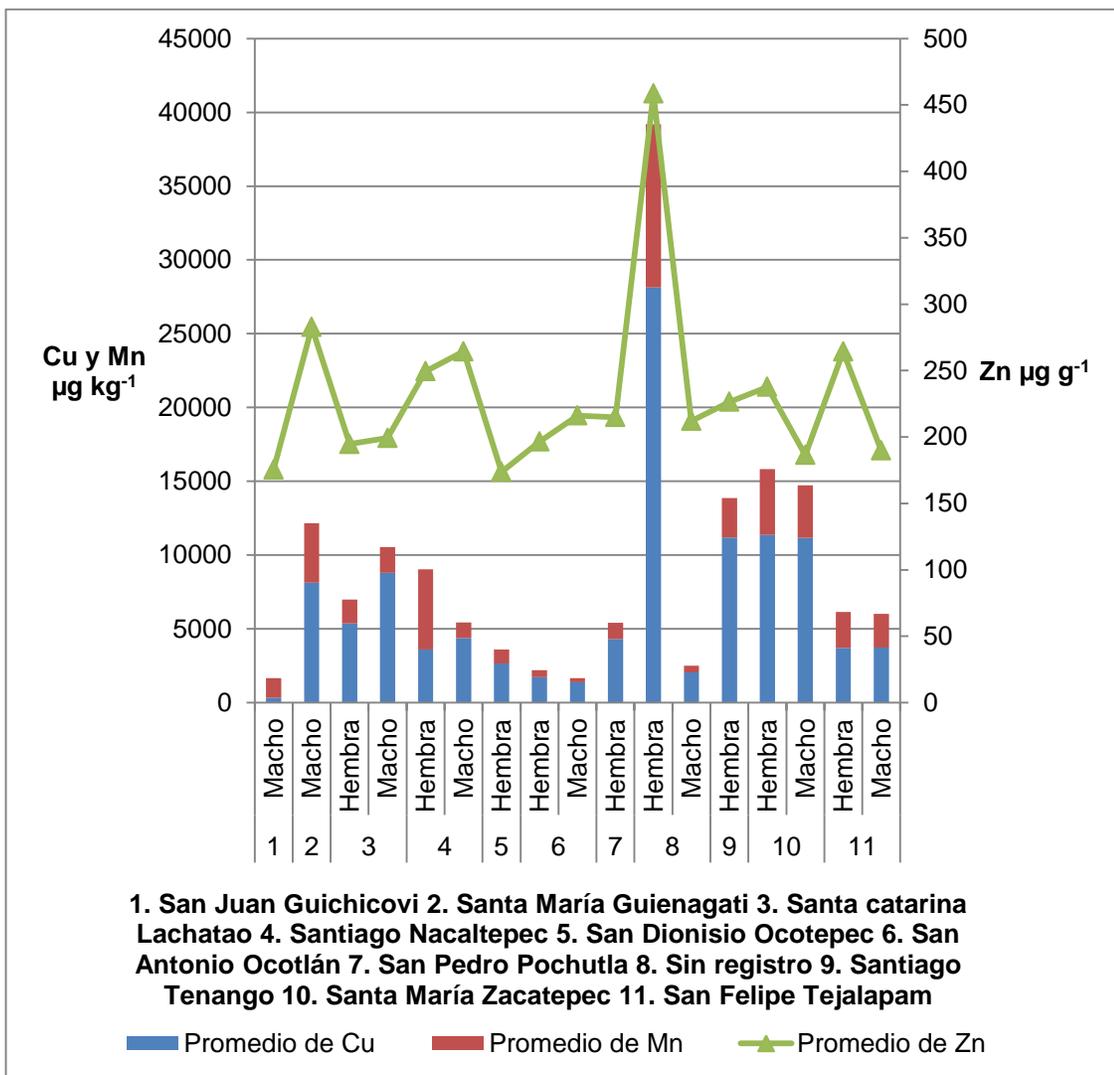


Figura 14. Concentración de Cu, Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), en muestras de hueso de *D. rotundus* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

En las concentraciones de Zn en hueso de *D. rotundus*, se encontró que el valor encontrado en una hembra sin registro de procedencia ( $458.57 \mu\text{g g}^{-1}$ ), es significativamente ( $p=0.002$ ) más alto que en las otras muestras. En Cu y Mn, los valores obtenidos difirieron significativamente ( $p<0.0001$ , en ambos), entre las concentraciones promedio de las localidades de procedencia y entre individuos del mismo sexo procedentes de diferentes localidades; siendo significativamente más alto el promedio obtenido, en ambos metales, de los individuos procedentes de una localidad desconocida, encontrando la concentración significativamente más alta en la hembra, con  $28141.27 \mu\text{g kg}^{-1}$  de cobre y  $11045.46 \mu\text{g kg}^{-1}$  de manganeso.

Por otra parte, las concentraciones de Zn, Cu y Mn cuantificadas en hueso de *Tadarida brasiliensis* se muestran en el Cuadro 14 y Figura 15. Las diferencias significativas ( $p=0.05$ ) fueron registradas solo en los valores de manganeso a partir del valor más alto ( $10684.03 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), obtenido de una hembra proveniente de Santiago Tenango, cuya concentración es considerablemente alta a comparación de los demás valores de este metal.

Cuadro 14. Concentraciones de Zn, Cu y Mn en muestras de hueso de *T. brasiliensis*, machos (M) y hembras (H), de seis localidades de procedencia del estado de Oaxaca.

Procedencia (n)	Sexo	Zn $\mu\text{g g}^{-1}$	Cu $\mu\text{g kg}^{-1}$	Mn $\mu\text{g kg}^{-1}$
Santa Cruz Xoxocotlán (47)	M	246.37 a	23971.12 a	2591.99 b

	H	255.28 <b>a</b>	26735.05 <b>a</b>	3354.40 <b>b</b>
Santa Catarina Lachatao (5)	M	153.72 <b>a</b>	13986.96 <b>a</b>	3098.70 <b>ab</b>
	H	240.99 <b>a</b>	13140.43 <b>a</b>	1407.35 <b>b</b>
Santiago Tenango (2)	M	134.90 <b>a</b>	24164.82 <b>a</b>	4602.66 <b>ab</b>
	H	238.88 <b>a</b>	<LD	10684.03 <b>a</b>
Santo Domingo Nuxaá (1)	H	741.32 <b>a</b>	3367.05 <b>a</b>	1483.74 <b>ab</b>
San Agustín Etla (2)	M	119.89 <b>a</b>	6708.65 <b>a</b>	1689.04 <b>b</b>
Santiago Nacaltepec (4)	M	144.16 <b>a</b>	18365.36 <b>a</b>	2614.92 <b>b</b>

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). n=número de muestras. <LD=Bajo el límite de detección.

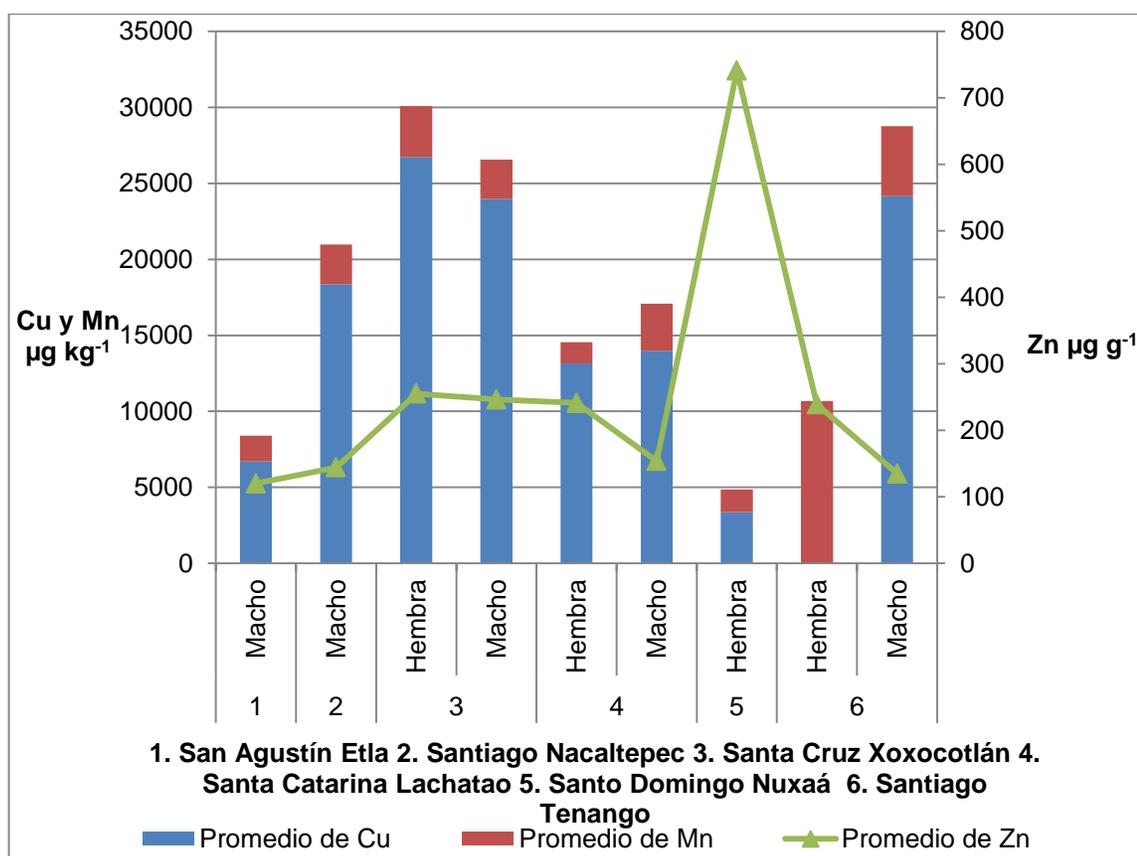


Figura 15. Concentraciones de, Cu, Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) y en muestras de hueso de *T. brasiliensis* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

En los otros dos elementos no se observaron diferencias significativas ( $p>0.05$ ), el valor más alto de zinc, fue obtenido de una hembra de la localidad de Santo Domingo Nuxaá y en Cu, el valor más alto fue el promedio de las concentraciones de hembras de Santa Cruz Xoxocotlán.

- Pelo

Las concentraciones de los metales zinc, cobre y manganeso analizados en las muestras de pelo de la especie *Desmodus rotundus*, por localidad de procedencia y sexo, se exponen en el Cuadro 15 y Figura 16.

Cuadro 15. Concentraciones de Zn, Cu y Mn en muestras de pelo de *D. rotundus*, machos (M) y hembras (H), procedentes de diez localidades del estado de Oaxaca.

Procedencia (n)	Sexo	Zn $\mu\text{g g}^{-1}$	Cu $\mu\text{g kg}^{-1}$	Mn $\mu\text{g Kg}^{-1}$
San Felipe Tejalapam, Etna (3)	M	3548.12 <b>ab</b>	<LD	<LD
	H	2864.76 <b>abcde</b>	<LD	<LD
Santa María Zacatepec (6)	M	2993.05 <b>abcd</b>	<LD	<LD
	H	3919.36 <b>a</b>	<LD	<LD
San Juan Guichicovi (1)	M	3040.16 <b>abc</b>	<LD	<LD
Santiago Tenango, Etna (4)	H	1012.31 <b>bcdefghi</b>	5574.19 <b>a</b>	298.57 <b>ab</b>
Santiago Nacaltepec (5)	M	<LD	4333.30 <b>a</b>	<LD
	H	42.49 <b>bcefi</b>	3420.32 <b>a</b>	309.99 <b>ab</b>

Santa Catarina Lachatao, Ixtlán (12)	M	2843.27 <b>abcdefg</b>	703.55 <b>a</b>	<LD
	H	2748.24 <b>abcdefgh</b>	13764.21 <b>a</b>	203.32 <b>ab</b>
Santa María Guienagati, Tehuantepec (1)	M	1889.06 <b>abcdefghi</b>	17535.04 <b>a</b>	<LD
San Antonio Ocotlán (31)	M	234.54 <b>bcfi</b>	3779.88 <b>a</b>	291.19 <b>ab</b>
	H	226.81 <b>bcfi</b>	5201.35 <b>a</b>	372.72 <b>ab</b>
San Baltazar Guelavila (1)	H	<LD	5202.71 <b>a</b>	1334.76 <b>a</b>
San Pedro Cafetitlán (1)	H	<LD	6213.72 <b>a</b>	<LD
Sin registro	H	2856.02 <b>abcdef</b>	<LD	<LD

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). n=número de muestras. <LD=Bajo el límite de detección.

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) en las concentraciones de zinc entre localidades de procedencia, siendo la concentración más alta en hembras de Zacatepec Putla ( $3919.36 \mu\text{g g}^{-1}$ ), de igual manera, sucedió en las concentraciones de manganeso, donde se obtuvo una concentración significativamente ( $p = 0.029$ ) alta en una hembra proveniente de San Baltazar Guelavila ( $1334.76 \mu\text{g kg}^{-1}$ ); en cobre, no se registraron concentraciones estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ). En los tres elementos se registraron concentraciones por debajo del límite de detección (<LD), principalmente de Cu y Mn.

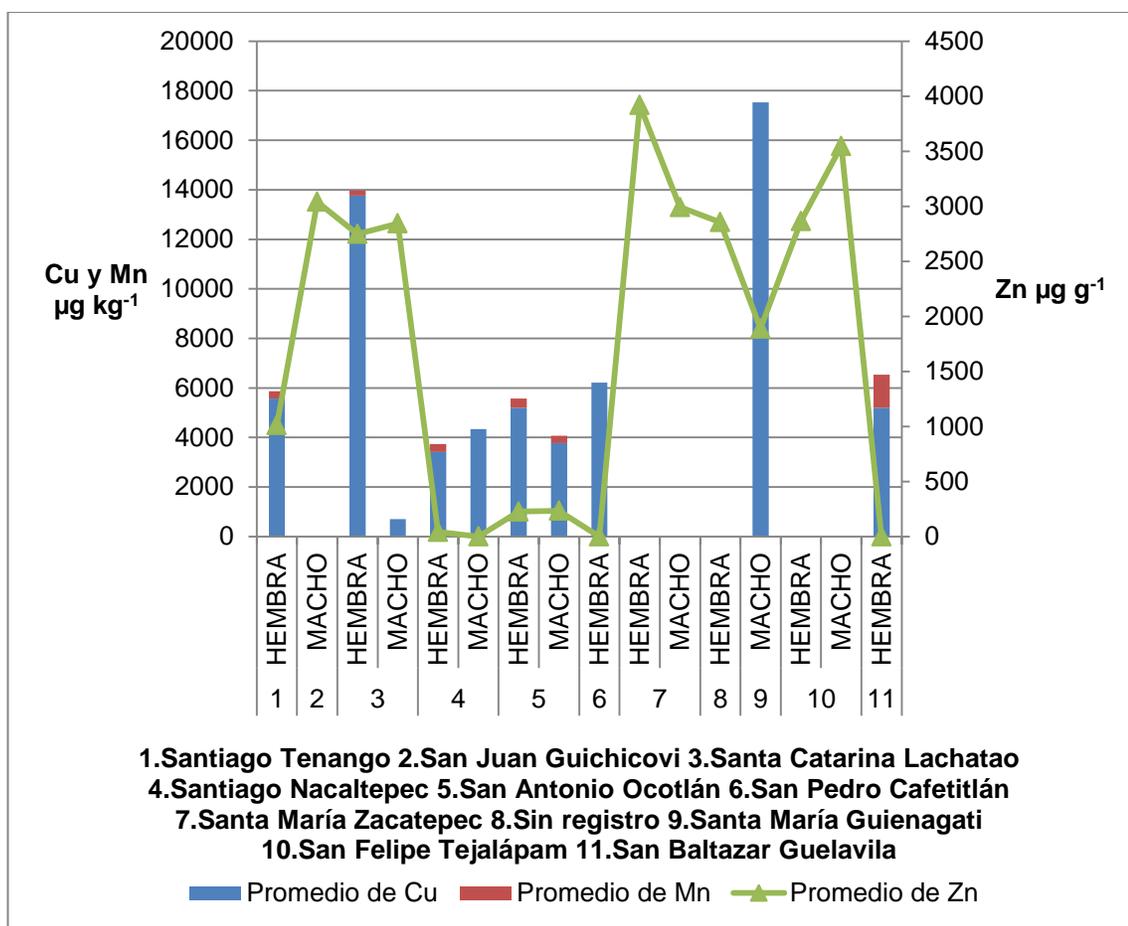


Figura 16. Concentraciones de, Cu, Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) en muestras de pelo de *D. rotundus* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

Por otro lado, las concentraciones de los microelementos encontradas en las muestras de pelo de *Tadarida brasiliensis*, se presentan en el Cuadro 16 y Figura 17. Los resultados del análisis estadístico no evidenciaron alguna diferencia significativa ( $p > 0.005$ ) en ninguno de los tres metales.

Cuadro 16. Concentraciones de Zn, Cu y Mn en muestras de pelo de *T. brasiliensis*, machos (M) y hembras (H), procedentes de cuatro localidades del estado de Oaxaca.

Procedencia (n)	Sexo	Zn $\mu\text{g g}^{-1}$	Cu $\mu\text{g kg}^{-1}$	Mn $\mu\text{g kg}^{-1}$
Santa Cruz Xoxocotlán (29)	M	2081.51 a	91116.09 a	51.95 a
	H	1857.54 a	78748.51 a	742.83 a
Santa Catarina Lachatao, Ixtlán (2)	M	936.03 a	23565.52 a	<LD
	H	3320.34 a	19659.56 a	<LD
Santiago Tenango (1)	H	1881.22 a	11662.55 a	<LD
San Agustín Etla (2)	M	1792.03 a	10012.87 a	<LD

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.005$ ). n=número de muestras. <LD=Bajo el límite de detección

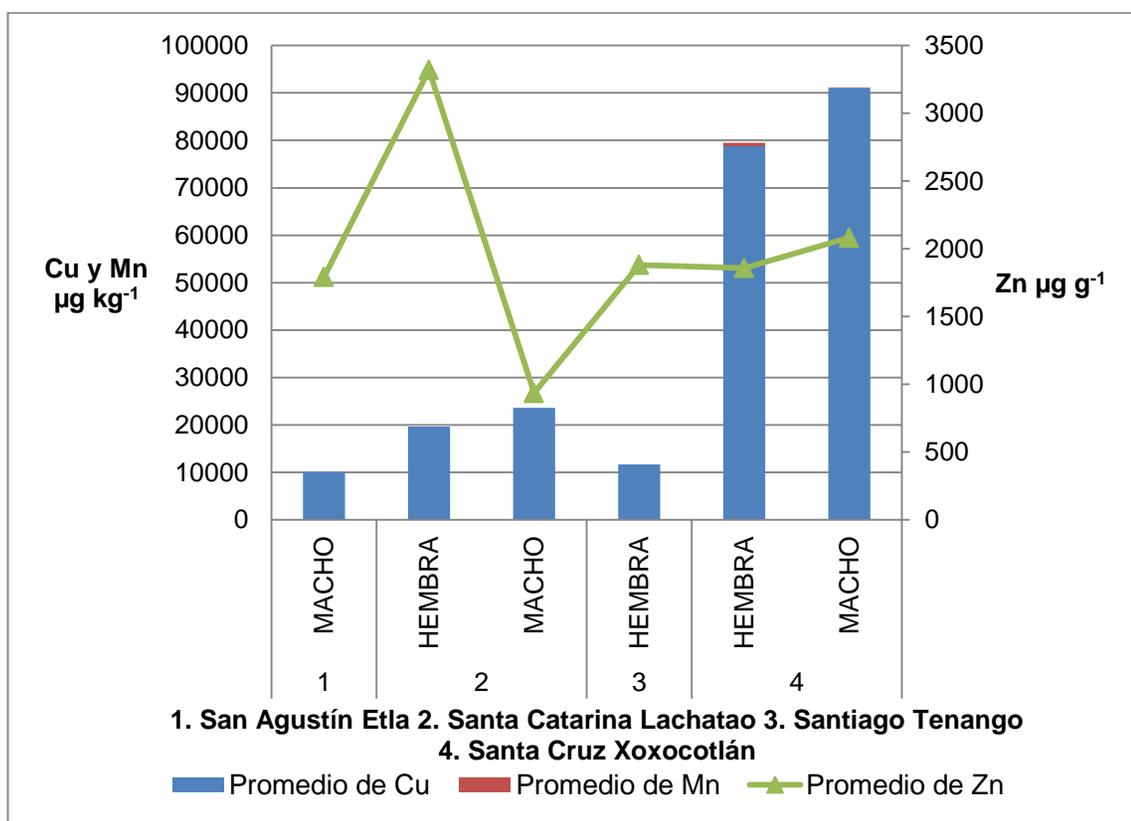


Figura 17. Concentraciones de Cu, Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) en muestras de pelo de *T. brasiliensis* provenientes de cuatro comunidades del estado de Oaxaca.

Las concentraciones más altas de Zn fueron registradas en muestras de una hembra de Santa Catarina Lachatao, de Cu, la concentración más alta registrada resultó del promedio de las muestras de macho provenientes de Santa Cruz Xoxocotlán y de manganeso resultaron del promedio de machos de esta misma comunidad. Se registraron solamente concentraciones por debajo del límite de detección (<LD) de manganeso.

- Hígado y riñón

Las concentraciones de Zn, Cu y Mn encontradas en las muestras de hígado y riñón de la especie *Desmodus rotundus*, procedentes de la localidad de San Antonio Ocotlán, Oaxaca, se exponen en el Cuadro 17 y Figura 18.

Cuadro 17. Concentraciones de Zn, Cu y Mn en muestras de hígado y riñón de *Desmodus rotundus*, machos (M) y hembras (H), pertenecientes de San Antonio Ocotlán, Oaxaca.

Órganos (n)	Sexo	Zn $\mu\text{g g}^{-1}$	Cu $\mu\text{g kg}^{-1}$	Mn $\mu\text{g kg}^{-1}$
Hígado (31)	M	1041.81 <b>ab</b>	10690.65 <b>ab</b>	202.58 <b>ab</b>
	H	1226.96 <b>a</b>	13358.33 <b>a</b>	311.46 <b>a</b>
Riñón (31)	M	716.99 <b>b</b>	9817.39 <b>b</b>	104.06 <b>b</b>
	H	888.75 <b>b</b>	11148.88 <b>ab</b>	201.71 <b>ab</b>

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.005$ ). n=número de muestras.

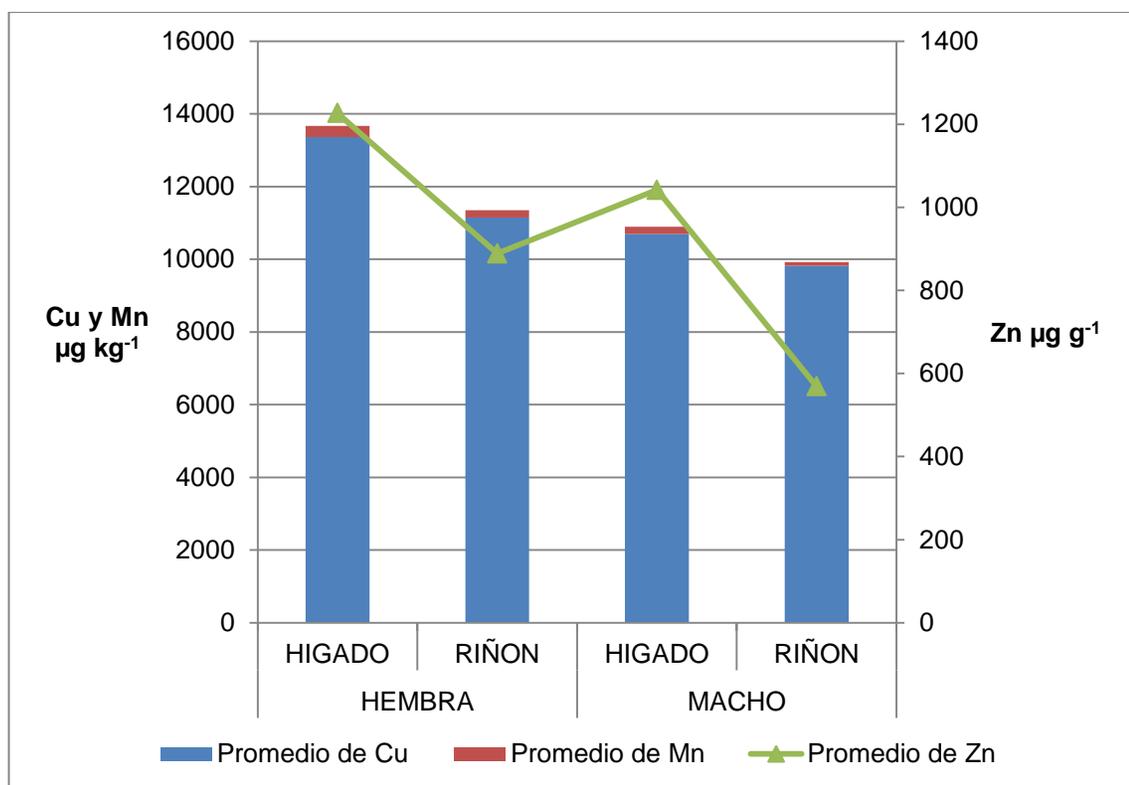


Figura 18. Concentración de Cu, Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) de las muestras de hígado y riñón de la especie *D. rotundus* provenientes de San Antonio Ocotlán, Oaxaca.

En los resultados de zinc se detectaron diferencias significativas ( $p=0.0005$ ) entre las concentraciones promedio de hígado y riñón, obteniéndose en hígado las concentraciones significativamente más altas que en riñón, asimismo, la concentraciones más altas se registraron en hembras, donde hubo una ligera significancia. En cobre, el análisis estadístico evidenció que la concentración promedio de este elemento en hembras, era significativamente ( $p=0.03$ ) más alto que en machos. En cuanto a las concentraciones de manganeso, se

encontró que la concentración promedio de este elemento en hígado de hembras ( $311.46 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), fue significativamente más alto que los demás valores.

Por otro lado, en la especie *Tadarida brasiliensis*, el promedio de las concentraciones de Zn, Cu y Mn en hígado y riñón, para las dos comunidades de procedencia, se presentan en el Cuadro 18 y Figura 19.

Cuadro 18. Concentraciones de Zn, Cu y Mn en muestras de hígado y riñón de *T. brasiliensis*, procedentes de dos localidades del estado de Oaxaca.

Procedencia	Órgano (n)	Zn $\mu\text{g g}^{-1}$	Cu $\mu\text{g kg}^{-1}$	Mn $\mu\text{g kg}^{-1}$
Santa Cruz Xoxocotlán	Hígado (8)	1234.31 <b>ab</b>	8200.85 <b>c</b>	1886.27 <b>abc</b>
	Riñón (5)	280.78 <b>c</b>	11008.50 <b>c</b>	50.91 <b>c</b>
San Pedro Totolapam, Tlacolula	Hígado (1)	1716.45 <b>a</b>	24499.22 <b>ab</b>	4201.59 <b>ab</b>
	Riñón (1)	1063.07 <b>abc</b>	32036.96 <b>a</b>	4464.80 <b>a</b>

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.005$ ). n=número de muestras.

Se registró que la concentración promedio de zinc en hígado, fueron significativamente ( $p < 0.0001$ ) más altas que las de riñón. En el caso de cobre, las diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) se dieron entre localidad de procedencia, siendo las concentraciones más altas en las muestras procedentes de San Pedro Totolapam, asimismo, se registró que la

concentración obtenida de la muestra de riñón procedente de esta misma localidad, fue significativamente más alta que los demás valores de este elemento. En las concentraciones encontradas de manganeso, el análisis estadístico evidenció que la concentración promedio de las muestras procedentes de San Pedro Totolapam fueron significativamente ( $p=0.0004$ ) más altas que las de Santa Cruz Xoxocotlán.

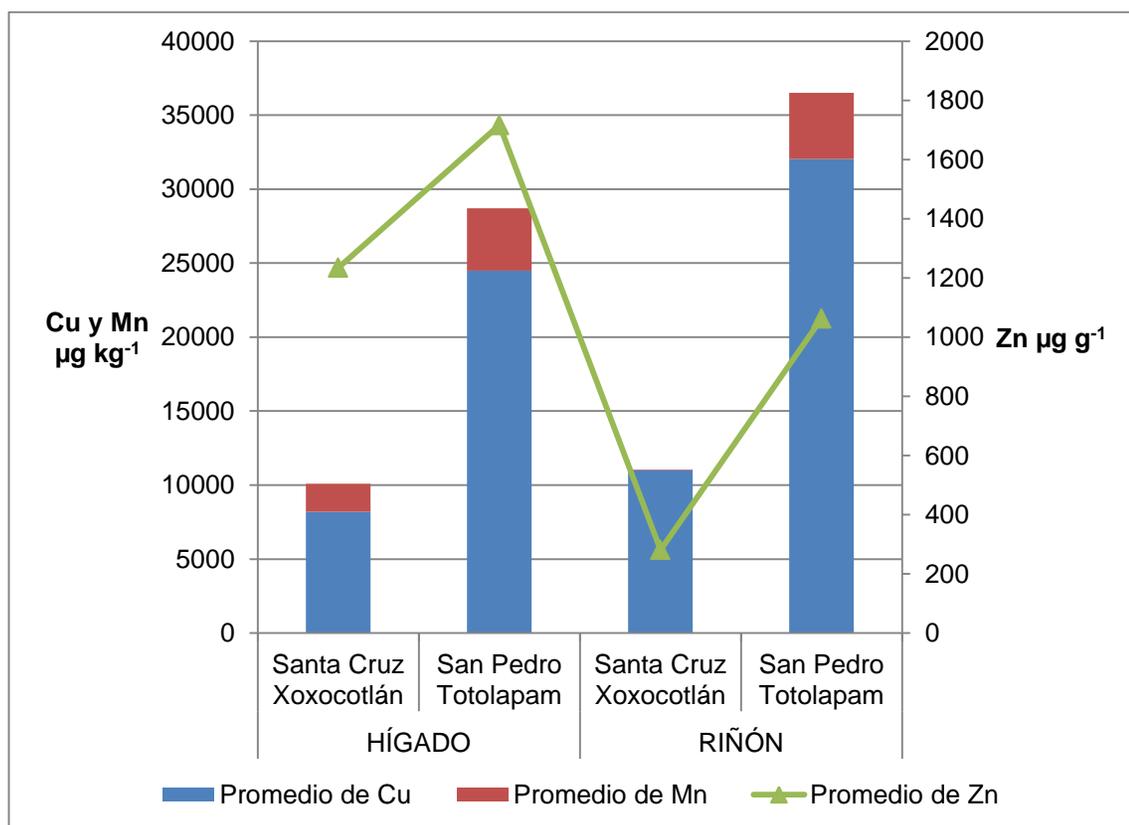


Figura 19. Concentraciones de Cu, Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), en muestras de hígado y riñón de *T. brasiliensis* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

#### 4.2.2 Zinc (Zn)

Las concentraciones de Zn se han encontrado abundantemente en las muestras estudiadas, principalmente, en las muestras de pelo e hígado de las dos especies. La concentración más alta fue obtenida en pelo de la especie *T. brasiliensis* con  $1988.87 \mu\text{g g}^{-1}$ , mientras que en la especie *D. rotundus* se encontró  $1254.35 \mu\text{g g}^{-1}$  de Zn. Las concentraciones más bajas fueron obtenidas en el análisis de las muestras de hueso en las dos especies.

En comparación al análisis estadístico aplicado (Tukey,  $p \leq 0.05$ ); en otros estudios, Fleache *et al.* (2015), no encontraron diferencias significativas (U-test, todas  $p > 0.05$ ) en las concentraciones de este metal entre sexos en muestras de pelo de tres especies de murciélagos, sin embargo, sí difirieron significativamente entre especies. Igualmente, Hickey *et al.* (2001) no encontraron diferencias significativas (Tukey,  $p < 0.05$ ) en las concentraciones de zinc entre hembras y machos en pelaje de cuatro especies de murciélagos. Por otro lado, Clark *et al.* (1986), registraron diferencias significativas (t-Student,  $p < 0.05$ ) en las concentraciones de hígado entre colonias de dos lugares de procedencia.

Según Underwood y Suttle (2003) en base seca, los niveles normales tisulares en mamíferos en hígado son de 105-196 mg kg<sup>-1</sup> y en apéndices cutáneos de 100-120 mg kg<sup>-1</sup>. De acuerdo con Ma y Talmage (2001), el rango promedio observado en otros mamíferos, como musarañas, va de 20-30 µg g<sup>-1</sup> de Zn en riñón e hígado. Los valores obtenidos en los dos tipos de órganos en este estudio superan ampliamente dichas concentraciones, principalmente en hígado. En otros estudios, también se han reportado niveles de Zn en diferentes especies de murciélagos (Cuadro 19), sin embargo, las concentraciones encontradas en el presente estudio son considerablemente mayores a las referencias. Solo las concentraciones de Zn en hueso de las dos especies no estuvieron alejadas de lo obtenido por Hernout *et al.* (2016), en hueso de especies de *Pipistrellus*.

Cuadro 19. Concentraciones de zinc (Zn) en muestras de otras especies de murciélagos registrados en diferentes estudios.

Referencia	Especie	Muestra	Zn
Este estudio	<i>T. brasiliensis</i> y <i>D. rotundus</i>	Hueso Pelo Hígado Riñón	239.73 y 216.44 µg g <sup>-1</sup> 1988.87 y 1254.35 µg g <sup>-1</sup> 1287.88 y 1155.29 µg g <sup>-1</sup> 411.17 y 764.97 µg g <sup>-1</sup>
Racero-Casarrubia <i>et al.</i> (2017)	<i>S. leptura</i> <i>A. planirostris</i> <i>D. phaeotis</i> <i>C. perspicillata</i> <i>P. discolor</i> <i>G. soricina</i> <i>A. liturarus</i> <i>S. lilium</i>	Hígado	1.953 µg g <sup>-1</sup> 1.732 µg g <sup>-1</sup> 2.450 µg g <sup>-1</sup> 1.820 µg g <sup>-1</sup> 1.990 µg g <sup>-1</sup> 1.670 µg g <sup>-1</sup> 1.490 µg g <sup>-1</sup> 1.340 µg g <sup>-1</sup>
Williams <i>et al.</i> (2010)	Géneros: <i>Carollia</i> , <i>Anoura</i> <i>Sturnira</i>	Hígado y páncreas	86.5 ppm 148 ppm 102.03 ppm
Fleache <i>et al.</i> (2015)	<i>P. pipistrellus</i> <i>M. daubentonii</i> <i>N. noctula</i>	Pelo	383 µg g <sup>-1</sup> 95.6 µg g <sup>-1</sup> 167 µg g <sup>-1</sup>

Hernout <i>et al.</i> (2016)	<i>Pipistrellus sp.</i>	Riñón Hígado Hueso	18.05 $\mu\text{g g}^{-1}$ 18.79 $\mu\text{g g}^{-1}$ 275.61 $\mu\text{g g}^{-1}$
Pikula <i>et al.</i> (2010)	<i>Myotis daubentonii</i> <i>Pipistrellus pipistrellus</i> <i>Pipistrellus nathusii</i> <i>Pipistrellus pygmaeus</i> <i>Myotis mystacinus</i> <i>Myotis brandtii</i> <i>Nyctalus noctulla</i> <i>Myotis myotis</i> <i>Eptesicus serotinus</i>	Hígado; Riñón	0.54; 0.55 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.35; 0.73 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.38; 0.98 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.26; 0.98 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.46; 0.59 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.50; 0.29 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.27; 0.67 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.42; 0.43 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.95; 0.43 $\mu\text{g g}^{-1}$
Méndez y Álvarez-Castañeda (2000)	<i>Myotis vivesi</i> <i>Noctilio leporinus</i>	Hígado	3.68 $\mu\text{g g}^{-1}$ 1.40 $\mu\text{g g}^{-1}$

Los altos niveles de zinc, puede deberse a una elevada y rápida ingesta del elemento (Trillanes, 2008), así como poco intercambio en el metabolismo del animal, pues este, debe ser absorbido y eliminado constantemente, ya que en exceso puede causar intoxicación o al contrario, en su escasez causar deficiencias fisiológicas (Rasero-Casarrubia *et al.*, 2017). De acuerdo con Escalona *et al.* (2016) los problemas de toxicidad por zinc ocurren en niveles de 1000 ppm o más, en animales domésticos documentan que en exposiciones crónicas de este elemento puede interferir en la absorción de hierro, cobre y calcio, los rasgos clínicos son anorexia, diarrea y letargia.

La capacidad de almacenamiento de Zn en mamíferos es limitada, por lo que dependerá de su contenido en la dieta (McDowell, 1992), lo que explica la

diferencia de concentraciones entre especies que no comparten el mismo hábito alimenticio. Fleache *et al.* (2015), al analizar este elemento en pelo de tres especies insectívoras, señalaron que la diferencia de concentraciones puede ser resultado del grado de sinantropía o la variación del metabolismo de zinc entre las especies.

#### 4.2.3 Cobre (Cu)

Se sabe que el Cu es un elemento esencial para todos los seres vivos, del cual, se debe mantener un equilibrio entre la absorción y distribución, y excreción (Prohaska y Gybina, 2004). Las concentraciones de cobre se manifestaron de diferentes maneras en las dos especies del estudio; el promedio más alto de cobre se consiguió de las muestras de pelo de *T. brasiliensis* con 75918.73  $\mu\text{g kg}^{-1}$  y el más bajo en hígado con 10011.78  $\mu\text{g Kg}^{-1}$ , al contrario, la concentración más alta en la especie *D. rotundus* fue en hígado teniendo un promedio de 12325.68  $\mu\text{g kg}^{-1}$  y la más baja en pelo con 4351.41  $\mu\text{g kg}^{-1}$ .

En contraste con los resultados del análisis estadístico aplicado (Tukey,  $p \leq 0.05$ ), en otros estudios, como el realizado por Fleache *et al.* (2015), no encontraron diferencias significativas entre sexos de las concentraciones de cobre. Otros estudios, exponen diferencias significativas en este elemento, pero

entre especies, entre muestra de análisis o épocas de estudio (Hernout *et al.*, 2016; Mendez y Alvarez-Castañeda, 2000; Racero-Casarrubia *et al.*, 2017; Williams *et al.*, 2010).

De acuerdo a las referencias encontradas de estudios anteriores (Cuadro 20), las concentraciones reportadas por Hernout *et al.* (2016) en tejidos de *Pipistrellus sp.*, fueron menores a las encontradas en *T. brasiliensis* en este estudio, solo en las muestras de hígado fueron similares, y en comparación a lo encontrado en *D. rotundus*, fue solo mayor la concentración en riñón encontrada por ese mismo autor. En las dos especies del presente estudio, en las muestras de hígado, los promedios de los niveles de cobre fueron menores a los expuestos por Hoenerhoff y Williams (2004), Méndez y Alvarez-Castañeda (2000) y Williams *et al.* (2010), pero mayores a las registradas por Racero-Casarrubia *et al.* (2017) en nueve especies diferentes.

Cuadro 20. Concentraciones de cobre (Cu) en muestras de otras especies de murciélagos registrados en diferentes estudios.

Referencia	Especie	Muestra	Cu
Este estudio	<i>T. brasiliensis</i> y <i>D. rotundus</i>	Hueso	22.32 y 4.95 $\mu\text{g g}^{-1}$
		Pelo	75.92 y 4.35 $\mu\text{g g}^{-1}$
		Hígado	10.01 y 12.33 $\mu\text{g g}^{-1}$
		Riñón	14.51 y 10.63 $\mu\text{g g}^{-1}$
Flache <i>et al.</i> (2015)	<i>P. pipistrellus</i> <i>M. daubentonii</i> <i>N. noctula</i>	Pelo	36.2 $\mu\text{g g}^{-1}$ 57.1 $\mu\text{g g}^{-1}$ 123 $\mu\text{g g}^{-1}$
		Riñón	12.89 $\mu\text{g g}^{-1}$
		Hígado	10.69 $\mu\text{g g}^{-1}$
Hernout <i>et al.</i> (2016)	<i>Pipistrellus sp.</i>	Hueso	3.61 $\mu\text{g g}^{-1}$
Hoenerhoff y Williams (2004)	<i>A. jamaicensis</i>	Hígado	4540 $\mu\text{g g}^{-1}$

Méndez y Alvarez-Castañeda (2000)	<i>M. vivesi</i> <i>N. leporinus</i>	Hígado	27.4 $\mu\text{g g}^{-1}$ 13.1 $\mu\text{g g}^{-1}$
Racero-Casarrubia et al. (2017)	<i>S. leptura</i> <i>A. planirostris</i> <i>D. phaeotis</i> <i>C. perspicillata</i> <i>P. discolor</i> <i>G. soricina</i> <i>A. lituratus</i> <i>S. lilium</i>	Hígado	0.892 $\mu\text{g g}^{-1}$ 2.340 $\mu\text{g g}^{-1}$ 1.027 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.604 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.725 $\mu\text{g g}^{-1}$ 1.840 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.527 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.483 $\mu\text{g g}^{-1}$
Williams et al. (2010)	Generos: <i>Carollia</i> <i>Anoura</i> <i>Sturnira</i>	Hígado y páncreas	19.07 ppm 50.64 ppm 24.24 ppm

Fleache et al. (2015), reportaron concentraciones de Cu en pelo de tres especies de murciélagos mayores a los cuantificados para *D. rotundus*, sin embargo, la concentración obtenida para *N. noctula* ( $123 \mu\text{g g}^{-1}$ ) superó el promedio obtenido para *T. brasiliensis* en el presente estudio ( $75.92 \mu\text{g g}^{-1}$ ), de igual manera en esta misma especie, se consiguió una concentración máxima de  $803.67 \mu\text{g g}^{-1}$ , la cual es considerablemente alta a la concentración citada. Estos mismos autores relacionan la alta concentración obtenida, con las relaciones interespecíficas de la especie y su presa.

La tolerancia al cobre varía ampliamente entre especies, ya que la toxicidad por este elemento puede deberse a un desequilibrio mineral, contaminación ambiental o almacenamiento y/o excreción anormales (Carmalt et al., 2001). De acuerdo a Ma y Talmage (2001) los valores promedios de Cu van de 20- 30  $\mu\text{g g}^{-1}$  en riñón e hígado en otros mamíferos, como las musarañas. Los promedios

obtenidos en este estudio, en las dos especies, demuestran estar por debajo del rango mencionado, sin embargo, hay individuos, con valores que lo superan. Así también, se registraron concentraciones mayores a los 10 ppm en riñón, lo que supera el límite máximo permisible de Cu en este órgano mencionado por la Norma Oficial mexicana NOM-004-ZOO-1994 (DOF, 1996) para animales domésticos con fin pecuario.

En la investigación de Hoenerhoff y Williams (2004) cuantificaron concentraciones en hígado de *A. jamaicensis*, donde encontraron una concentración considerada alta (4540 ppm) y relacionada a enfermedades hepáticas como necrosis hepatocelular y nefrosis hemoglobinúrica, en comparación a otros 16 individuos de al menos 3 especies, incluidos hematófagos, donde la concentración promedio encontrada fue de 17 ppm y un valor máximo de 99.2 ppm, las cuales comprobaron no tener dicha enfermedad. Mencionan también, que el rango de toxicidad por cobre, debe estar relacionado a su hábito alimenticio.

#### 4.2.4 Manganeseo (Mn)

El manganeso es un elemento traza, mineral esencial, poco abundante en los tejidos (Underwood y Suttle, 2003). Los estudios de este elemento en distintas

especies avanza lentamente y su detección a la vez es poco fácil, pues a niveles bajos de concentración podrían alterarse debido a la contaminación externa (Iyengar, 1987). En este estudio, las concentraciones de manganeso encontradas en las dos especies se registraron principalmente en hueso e hígado. El promedio más alto de este elemento se obtuvo de las muestras de hueso de las dos especies estudiadas con valores para *T. brasiliensis* de 2934.89  $\mu\text{g kg}^{-1}$  y en *D. rotundus* de 1702  $\mu\text{g kg}^{-1}$ .

De acuerdo a The National Research Council (1980), las concentraciones de manganeso en pelo refleja los niveles dietéticos desde la deficiencia hasta el exceso de este elemento de una manera más sensible que los órganos o tejidos internos. Fleache *et al.* (2015), registraron concentraciones de metales en pelo de tres especies de murciélago, donde consiguen cuantificar Mn en pelo de *P. pipistrellus* (9.13  $\mu\text{g g}^{-1}$ ), *M. daubentonii* (4.96  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) y *N. noctula* (83.7  $\mu\text{g g}^{-1}$ ). Las concentraciones que se obtuvieron en este estudio, en pelo de las dos especies, fueron menores a los del autor anterior, consiguiendo un promedio de 0.268  $\mu\text{g g}^{-1}$  en *T. brasiliensis* y 0.233  $\mu\text{g g}^{-1}$  en *D. rotundus*, valores considerablemente cercanos entre ellos. Fleache *et al.* (2015) consideran que los valores obtenidos en su estudio, sobre todo en *N. noctula*, se debieron al contenido en su dieta, por insectos ricos en este elemento.

Se sabe que los tejidos con mayor concentración de Mn son el hígado, el páncreas y la pituitaria (NRC, 1980; Li y Yang, 2018). Las concentraciones de Mn en hígado fueron diferentes en las dos especies del estudio ( $2.14 \mu\text{g g}^{-1}$  en *T. brasiliensis* y en *D. rotundus*  $0.269 \mu\text{g g}^{-1}$ ). En otras especies, se habían registrado concentraciones de  $3.68 \mu\text{g g}^{-1}$  en *M. vivesi* y de  $1.40 \mu\text{g g}^{-1}$  en *N. leporinus* (Mendez y Alvarez-Castañeda, 2000). De acuerdo a algunos autores (ATSDR, 2012; NRC, 2005), en la mayoría de los tejidos contienen concentraciones menores de  $3 \mu\text{g g}^{-1}$  de Mn. Teniendo en cuenta lo anterior, las concentraciones encontradas en los diferentes tejidos de las dos especies, se encuentran dentro de lo normal.

#### **4.3 Concentraciones, análisis estadístico y discusión de los metales Cd y**

##### **Pb.**

Los promedios de las concentraciones de plomo (Pb) estuvieron por arriba de las de cadmio (Cd), principalmente en las muestras de hueso y pelo de las dos especies. Sucedió lo mismo en las muestras de riñón, pero con menor rango de diferencia. En las muestras de hígado, no difiere por mucho el promedio de Cd y Pb, sin embargo, las concentraciones de cadmio fueron mayores en la especie *T. brasiliensis* y las de plomo en *D. rotundus* (Cuadro 21; los valores corresponden a los promedios calculados de los dos metales, por especie y tipo de muestra).

Cuadro 21. Promedio de las concentraciones de Cd y Pb, error típico y valores mínimo y máximo en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón de *Tadarida brasiliensis* y *Desmodus rotundus*.

ESPECIE	n	Cd $\mu\text{g kg}^{-1}$	Pb $\mu\text{g kg}^{-1}$
<b>HUESO</b>			
<i>Tadarida brasiliensis</i>	61	36.86 $\pm 7.22$ <LD-240.23	5026.03 $\pm 797.70$ <LD-31546.6
<i>Desmodus rotundus</i>	72	5.03 $\pm 1.77$ <LD-89.57	1294.68 $\pm 289.41$ <LD-14005.33
<b>PELO</b>			
<i>Tadarida brasiliensis</i>	34	282.52 $\pm 125.82$ <LD-3284.45	20935.19 $\pm 3100.66$ <LD-103652.82
<i>Desmodus rotundus</i>	66	80.32 $\pm 31.61$ <LD-1508.27	2548.89 $\pm 1166.31$ <LD-75259.64
<b>HÍGADO</b>			
<i>Tadarida brasiliensis</i>	9	183.25 $\pm 28.15$ 51.22-286.48	145.88 $\pm 9.94$ 98.91-187.66
<i>Desmodus rotundus</i>	31	33.24 $\pm 5.59$ 6.63-158.77	156.90 $\pm 25.03$ 50.96-702.82
<b>RIÑÓN</b>			
<i>Tadarida brasiliensis</i>	6	658.41 $\pm 151.43$ 144.47-1043.14	820.40 $\pm 502.80$ 108.09-3324.27
<i>Desmodus rotundus</i>	31	27.21 $\pm 5.60$ <LD-105.51	258.80 $\pm 46.72$ <LD-1056.26

Se presenta: Media,  $\pm$ Error estándar, Max-Min. <LD= bajo límite de detección. n= número de muestras.

Las concentraciones obtenidas de los dos metales fueron variadas, en algunos individuos se obtuvieron valores alejados del promedio, principalmente en plomo, así también en ambos metales, se registraron concentraciones por debajo del límite de detección (Figura 20).

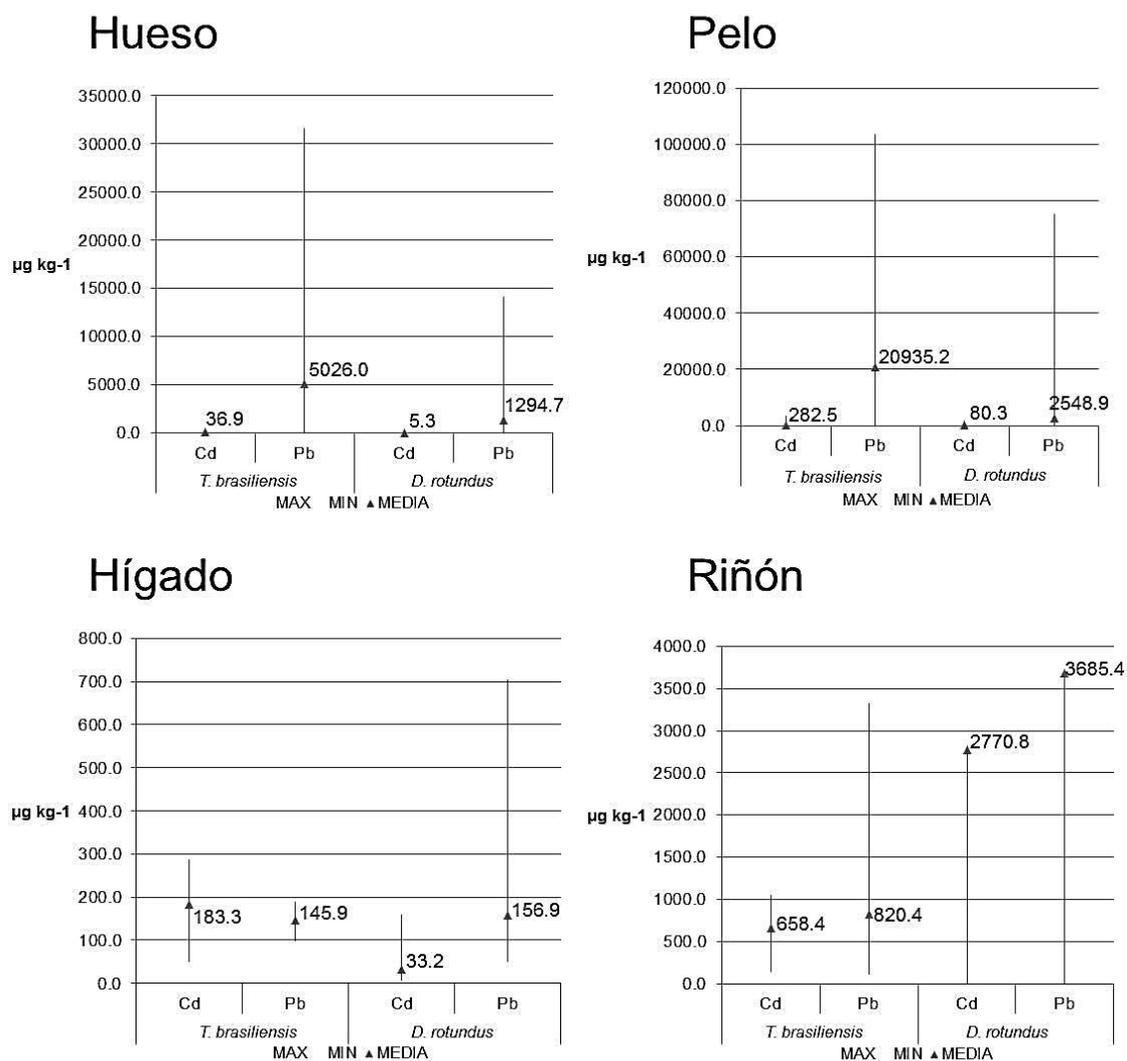


Figura 20. Rango de concentración y media cuantificadas de Cd y Pb en muestras de hueso, pelo, hígado y riñón de las especies de murciélagos *Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis*.

## 4.3.1 Análisis estadístico

- Hueso

Los promedios de las concentraciones de cadmio y plomo en muestras de hueso de la especie *Desmodus rotundus*, por localidad de procedencia y sexo, se exponen en el Cuadro 22 y Figura 21.

Cuadro 22. Concentraciones de Cd y Pb en muestras de hueso de *D. rotundus*, machos (M) y hembras (H), procedentes de once localidades del estado de Oaxaca.

Procedencia (n)	Sexo	Cd $\mu\text{g kg}^{-1}$	Pb $\mu\text{g kg}^{-1}$
San Antonio Ocotlán (31)	M	0.93 <b>bcef</b>	362.38 <b>c</b>
	H	0.53 <b>bcef</b>	374.17 <b>c</b>
San Felipe Tejalapam (7)	M	9.81 <b>abcdef</b>	37.56 <b>c</b>
	H	30.94 <b>ab</b>	73.99 <b>bc</b>
Santa Catarina Lachatao (12)	M	2.01 <b>bcdef</b>	1108.13 <b>bc</b>
	H	22.76 <b>abcd</b>	2042.43 <b>bc</b>
Santa María Zacatepec (7)	M	<LD	7267.30 <b>a</b>
	H	<LD	6067.90 <b>ab</b>
Santiago Tenango (4)	H	<LD	3228.92 <b>abc</b>
Santiago Nacaltepec (8)	M	10.13 <b>abcde</b>	577.58 <b>c</b>
	H	6.27 <b>bcdef</b>	1175.54 <b>bc</b>
Santa María Guienagati (1)	M	58.28 <b>a</b>	912.50 <b>abc</b>
San Juan Guichicovi (1)	M	<LD	316.61 <b>abc</b>
San Dionisio Ocoatepec (1)	H	<LD	36.23 <b>bc</b>

San Pedro Pochutla (1)	H	<LD	<LD
Sin registro (2)	M	22.89 <b>abc</b>	201.25 <b>abc</b>
	H	9.35 <b>abcdef</b>	<LD

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.005$ ). n=número de muestras. <LD=Bajo el límite de detección.

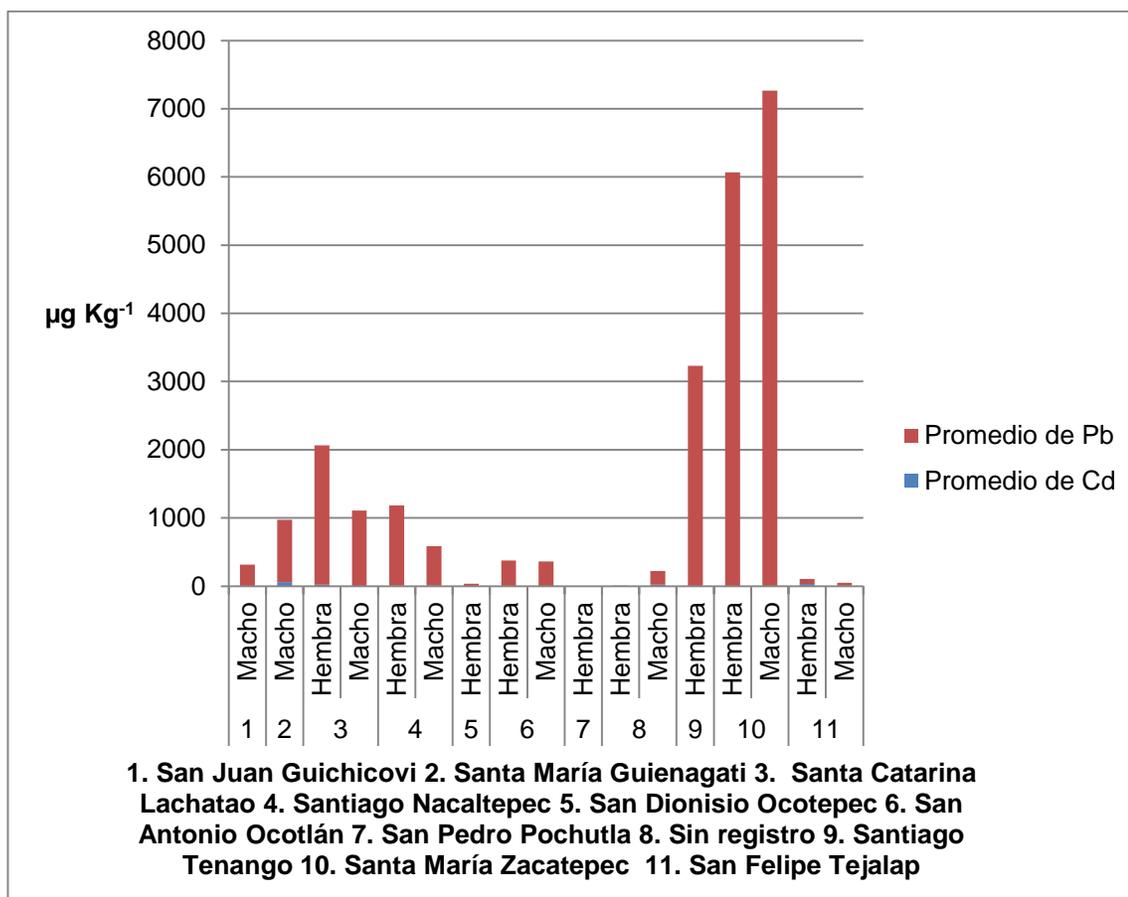


Figura 21. Concentración de Cd y Pb en muestras de hueso de *D. rotundus* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las concentraciones de ambos metales. En el caso de cadmio, se encontró la existencia de diferencias significativas entre las localidades de procedencia, siendo significativamente

( $p=0.002$ ) más alta la concentración de la muestra procedente de Santa María Guienagati ( $58.28 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). En las concentraciones obtenidas de plomo en este tipo de muestra de *D. rotundus*, también, se evidenciaron diferencias significativas entre localidad de procedencia, siendo la concentración significativamente más alta ( $p<0.0001$ ) la muestra procedente de Santa María Zacatepec ( $7267.30 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). Las concentraciones encontradas de plomo, estuvieron muy por arriba de las obtenidas de cadmio, en la mayoría de las muestras. En los dos metales se obtuvieron resultados bajo el límite de detección, mayoritariamente de cadmio.

Por otro lado, las concentraciones encontradas de Cd y Pb en muestras de huesos de individuos de la especie *Tadarida brasiliensis*, por localidad de procedencia y sexo, se muestran en el Cuadro 23 y Figura 22. No se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en las concentraciones de estos dos metales en este tipo de muestra.

Cuadro 23. Concentraciones de Cd y Pb en muestras de hueso de *T. brasiliensis*, machos (M) y hembras (H), procedentes de seis localidades del estado de Oaxaca.

Procedencia (n)	Sexo	Cd $\mu\text{g kg}^{-1}$	Pb $\mu\text{g kg}^{-1}$
Santa Cruz Xoxocotlán (47)	M	47.00 <b>a</b>	5216.12 <b>a</b>
	H	42.57 <b>a</b>	5673.11 <b>a</b>

Santa Catarina Lachatao (5)	M	2.58 <b>a</b>	3489.68 <b>a</b>
	H	<LD	1726.73 <b>a</b>
Santiago Tenango (2)	M	<LD	8437.16 <b>a</b>
	H	<LD	2248.01 <b>a</b>
Santo Domingo Nuxaá (1)	H	<LD	7767.01 <b>a</b>
San Agustín Etna (2)	M	<LD	3627.85 <b>a</b>
Santiago Nacaltepec (4)	M	29.01 <b>a</b>	3279.19 <b>a</b>

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.005$ ). n=número de muestras. <LD=Bajo el límite de detección

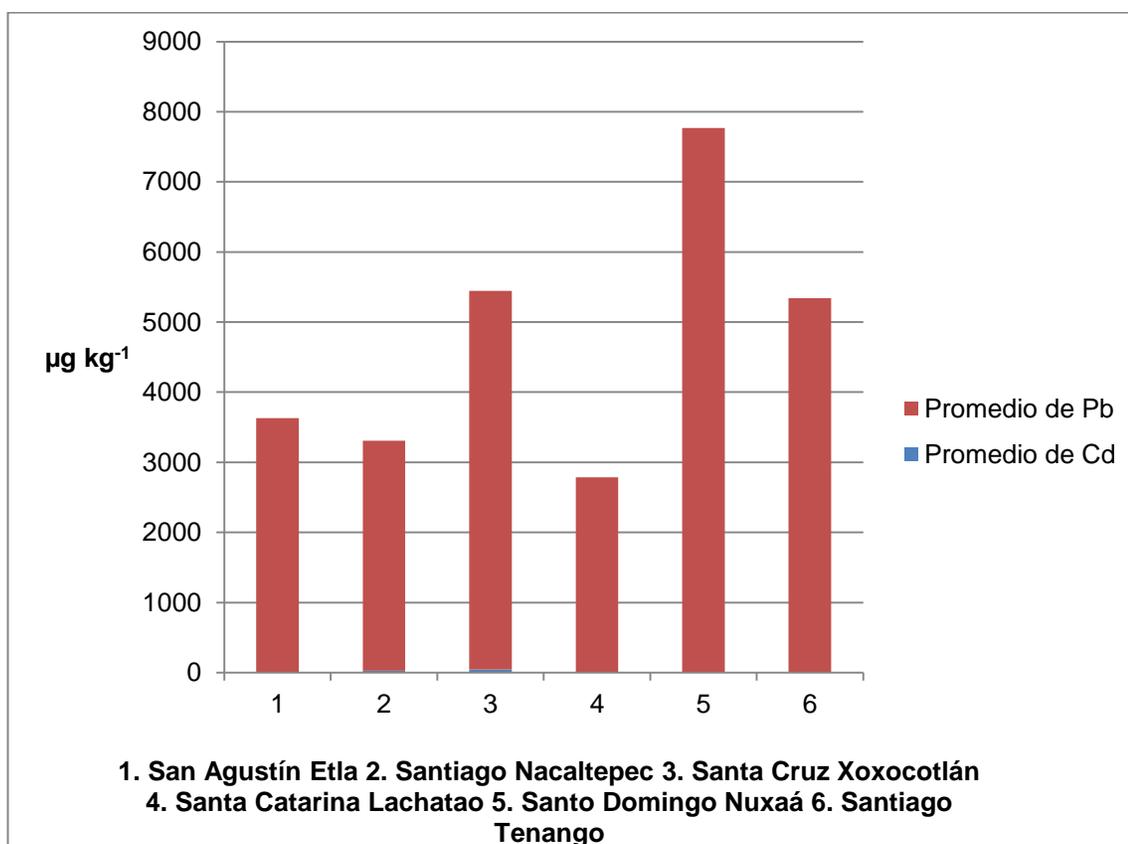


Figura 22. Concentraciones de Cd y Pb en muestras de hueso de *T. brasiliensis* provenientes de seis localidades del estado de Oaxaca.

Igual a lo sucedido en los resultados de este tipo de muestra en *D. rotundus*, las concentraciones de plomo en *T. brasiliensis* estuvieron muy por arriba de las de cadmio. La concentración más alta encontrada de cadmio, corresponde al promedio de los valores en machos de Santa Cruz Xoxocotlán con  $47.00 \mu\text{g kg}^{-1}$ , mientras que en otras tres de las localidades de procedencia, los individuos presentaron niveles por debajo del límite de detección (<LD). En plomo, la concentración más alta registrada fue de un macho proveniente de Santo Domingo Nixaá con  $8437.16 \mu\text{g kg}^{-1}$ .

- Pelo

Los promedios de las concentraciones de Cd y Pb en muestras de pelo de individuos de la especie *Desmodus rotundus*, por localidad de procedencia y sexo, se muestran en el Cuadro 24 y Figura 23.

Cuadro 24. Concentración de Cd y Pb en muestras de pelo de *D. rotundus*, machos (M) y hembras (H), procedentes de once comunidades del estado de Oaxaca.

Procedencia (n)	Sexo	Cd $\mu\text{g kg}^{-1}$	Pb $\mu\text{g kg}^{-1}$
San Felipe Tejalapam, Etlá (3)	M	231.36 <b>cd</b>	75259.64 <b>a</b>
	H	877.22 <b>ab</b>	4548.42 <b>bcd</b>
Santa María Zacatepec (6)	M	<LD	2948.95 <b>bcd</b>
	H	<LD	7628.80 <b>b</b>
San Juan Guichicovi (1)	M	570.78 <b>bc</b>	7502.60 <b>bc</b>

Santiago Tenango, Etna (4)	H	<LD	3335.76 <b>bcd</b>
Santiago Nacaltepec (5)	M	<LD	406.18 <b>bcd</b>
	H	<LD	1306.44 <b>cd</b>
Santa Catarina Lachatao, Ixtlán (12)	M	34.91 <b>d</b>	779.96 <b>cd</b>
	H	84.38 <b>cd</b>	1679.04 <b>cd</b>
Santa María Guienagati, Tehuantepec (1)	M	342.28 <b>bcd</b>	1228.61 <b>bcd</b>
San Antonio Ocotlán (31)	M	10.19 <b>d</b>	46.66 <b>cd</b>
	H	16.06 <b>d</b>	130.11 <b>d</b>
San Baltazar Guelavila (1)	H	<LD	1251.06 <b>bcd</b>
San Pedro Cafetiltán (1)	H	<LD	1322.89 <b>bcd</b>
Sin registro (1)	H	1308.17 <b>a</b>	4969.92 <b>bcd</b>

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.005$ ). n=número de muestras. <LD=Bajo el límite de detección

En cadmio, a través del análisis estadístico aplicado, se evidenció que la concentración obtenida en una hembra sin registro de procedencia ( $1308.17 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), fue significativamente ( $p < 0.0001$ ) más alta que los demás valores, así también, otro de los valores más altos que presentaron significancia, fue el obtenido en hembras, procedentes de San Felipe Tejalapam ( $877.22 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). En cuanto a las concentraciones de plomo, las diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) fueron a partir de la concentración más alta registrada de este metal, perteneciente a un macho procedente de San Felipe Tejalapam ( $75259.64 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), la cual fue significativa en comparación con los demás valores, que también fueron estadísticamente diferentes entre localidades de procedencia.

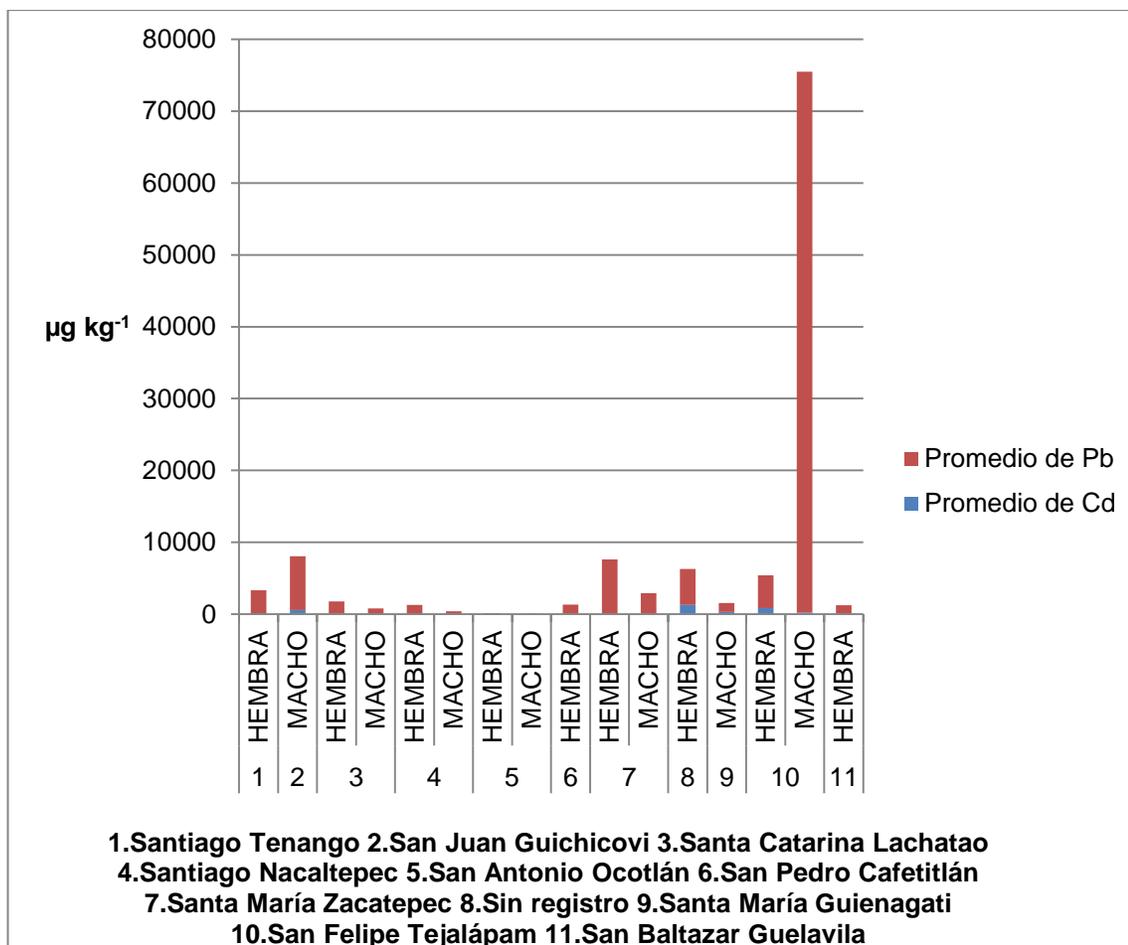


Figura 23. Concentración de Cd y Pb en muestras de pelo de *D. rotundus* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

En la especie *Tadarida brasiliensis*, las concentraciones de Cd y Pb en las muestras de pelo, por localidad de procedencia y sexo, se presenta en el Cuadro 25 y Figura 24.

Cuadro 25. Concentraciones de Cd y Pb en muestras de pelo de *T. brasiliensis*, en machos (M) y hembras (H), de cuatro localidades de procedencia del estado de Oaxaca.

Procedencia (n)	Sexo	Cd $\mu\text{g kg}^{-1}$	Pb $\mu\text{g kg}^{-1}$
Santa Cruz Xoxocotlán (29)	M	107.77 c	22647.72 a
	H	38.73 c	15607.83 a
Santa Catarina Lachatao, Ixtlán (2)	M	2355.07 a	21082.48 a
	H	<LD	18652.52 a
Santiago Tenango (1)	H	237.97 c	33446.67 a
San Agustín Etna (2)	M	2323.37 ab	29634.84 a

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.005$ ). n=número de muestras. <LD=Bajo el límite de detección

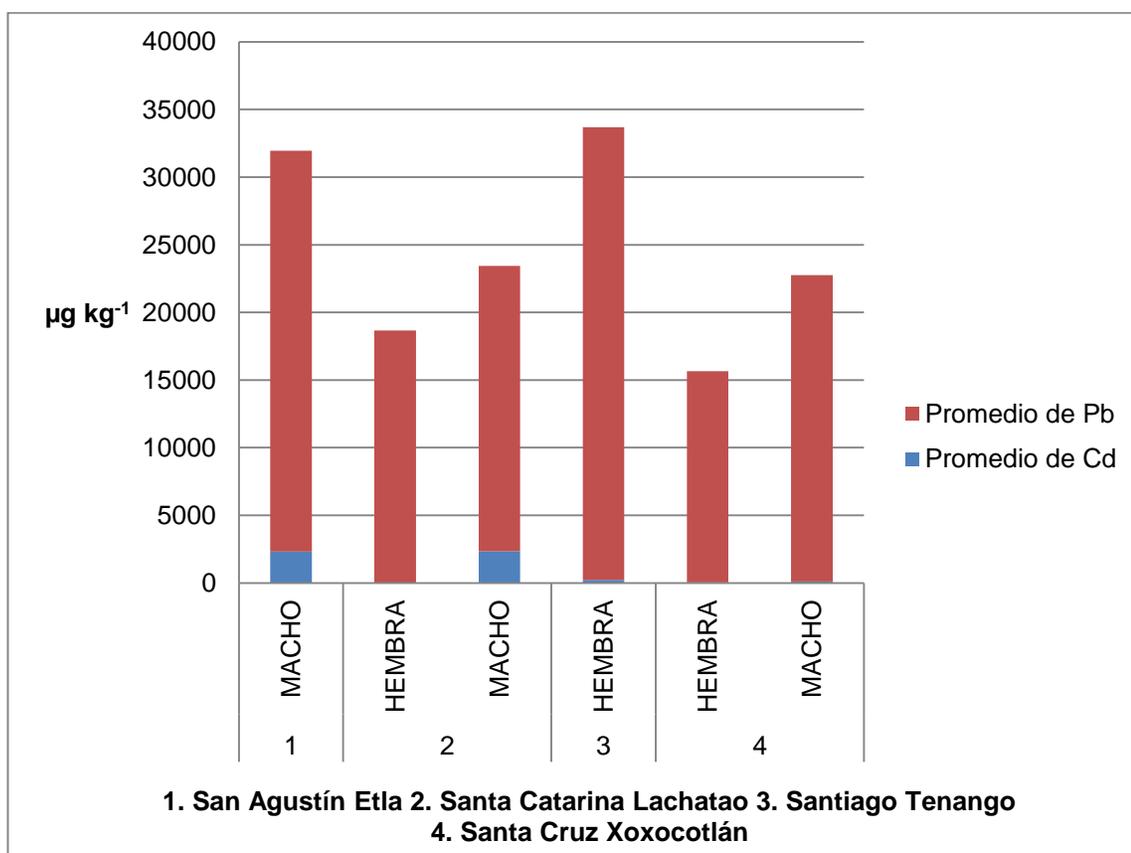


Figura 24. Concentración de Cd y Pb en muestras de pelo de *T. brasiliensis* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

El análisis estadístico aplicado, demostró que en cadmio se registraron concentraciones significativamente ( $p < 0.0001$ ) altas, una de ellas, perteneciente a un macho procedente de Santa Catarina Lachatao ( $2355.07 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), otro valor que presentó significancia fue la obtenida del promedio de las muestras de machos procedentes de San Agustín Etlá ( $2323.37 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). En Pb, no se detectaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), sin embargo, las concentraciones de este elemento fueron más elevadas que las de cadmio, incluso, en este último, se obtuvo una concentración por debajo del límite de detección ( $< \text{LD}$ ).

- Hígado y riñón

Las concentraciones de Cd y Pb obtenidas de las muestras de órganos de la especie *Desmodus rotundus*, por tipo de órgano (hígado y riñón) y sexo, provenientes de San Antonio Ocotlán, Oaxaca, se muestran en el Cuadro 26 y Figura 25.

El análisis estadístico aplicado no detectó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las concentraciones de los dos metales de los factores analizados. Las concentraciones fueron más elevadas que las de cadmio, pero no fueron tan elevadas como las obtenidas en hueso y pelo. En hígado se reflejó mayor concentración de cadmio y en riñón mayor concentración de plomo.

Cuadro 26. Concentraciones de Cd y Pb en muestras de hígado y riñón de *D. rotundus*, machos (M) y hembras (H), provenientes de la localidad de San Antonio Ocotlán, Oaxaca.

Órgano (n)	Sexo	Cd $\mu\text{g kg}^{-1}$	Pb $\mu\text{g kg}^{-1}$
Hígado (31)	M	32.71 <b>a</b>	133.36 <b>a</b>
	H	33.58 <b>a</b>	171.76 <b>a</b>
Riñón (31)	M	27.20 <b>a</b>	279.18 <b>a</b>
	H	27.21 <b>a</b>	245.93 <b>a</b>

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.005$ ). n=número de muestras.

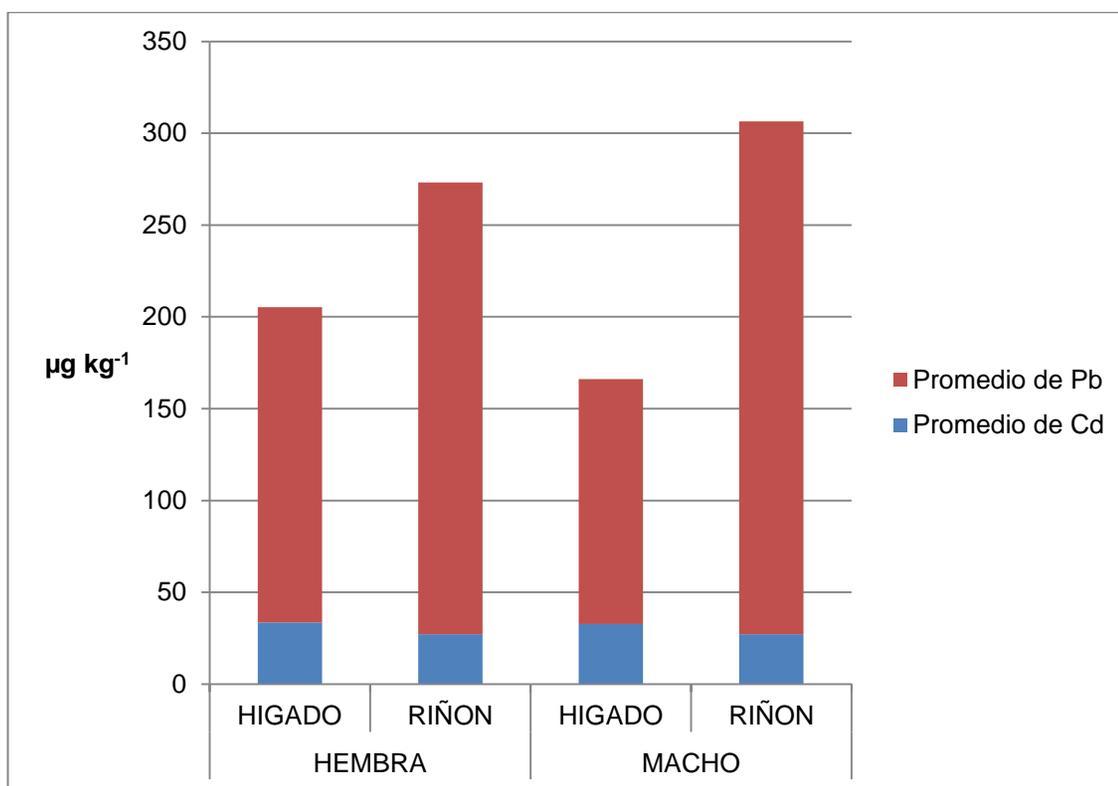


Figura 25. Concentraciones de Cd y Pb en hígado y riñón de *D. rotundus* procedentes de San Antonio Ocotlán Oaxaca.

De la especie *Tadarida brasiliensis*, las concentraciones obtenidas de las muestras de hígado y riñón, de individuos procedentes de dos comunidades del estado de Oaxaca, se muestran en el Cuadro 27 y Figura 26.

Cuadro 27. Concentraciones de Cd y Pb en muestras de hígado y riñón de *T. brasiliensis* procedentes de dos localidades del estado de Oaxaca.

Procedencia	Órgano (n)	Cd $\mu\text{g kg}^{-1}$	Pb $\mu\text{g kg}^{-1}$
Santa Cruz Xoxocotlán	Hígado (8)	182.43 <b>b</b>	140.66 <b>a</b>
	Riñón (5)	761.19 <b>a</b>	962.86 <b>a</b>
San Pedro Totolapam, Tlacolula	Hígado (1)	189.84 <b>ab</b>	187.66 <b>a</b>
	Riñón (1)	144.47 <b>ab</b>	108.09 <b>a</b>

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.005$ ). n=número de muestras

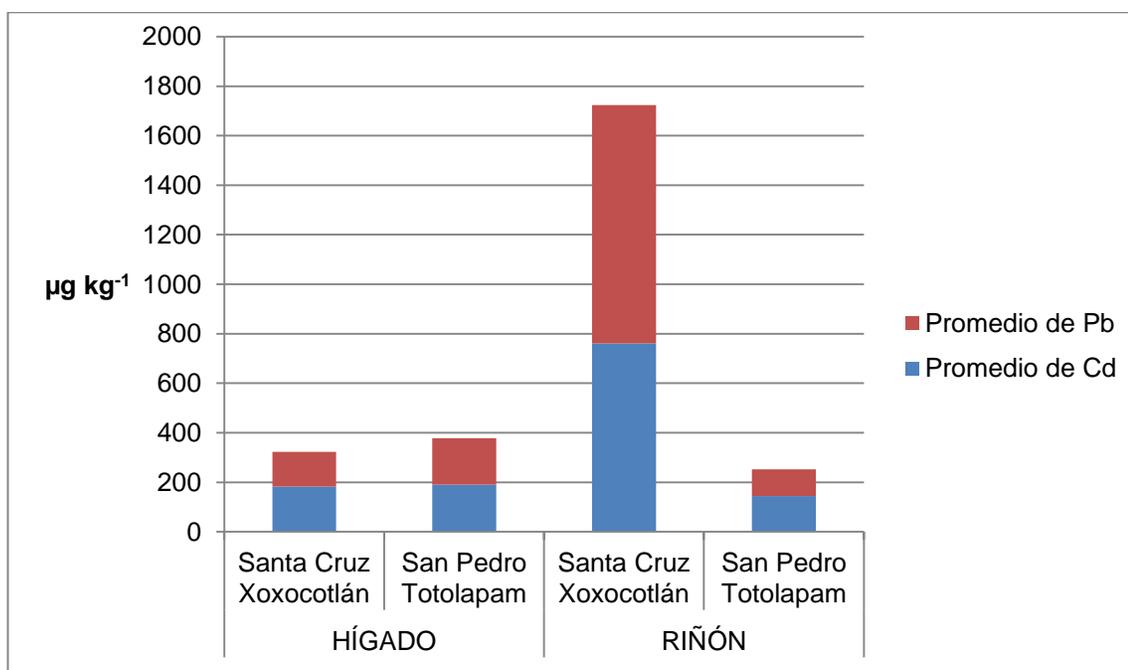


Figura 26. Concentraciones de Cd y Pb en muestras de hígado y riñón de *T. brasiliensis* por localidad de colecta del estado de Oaxaca.

En las concentraciones de las muestras de los individuos procedentes de Santa Cruz Xoxocotlán, se identificó que la concentración de cadmio en riñón ( $761.19 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), fue significativamente ( $p=0.002$ ) más alta en contraste con la obtenida en las muestras de hígado. Mientras que en las concentraciones de plomo, no se obtuvieron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre sus valores.

#### 4.3.2 Cadmio (Cd)

Las concentraciones de cadmio fueron más elevadas en las muestras de la especie *T. brasiliensis*, el promedio más alto se obtuvo en las muestras de riñón de esta especie con  $658.41 \mu\text{g kg}^{-1}$ . Cooke y Johnson (1996) dicen que las concentraciones de cadmio en pequeños mamíferos insectívoros se concentrarán mayormente en riñón, esto comparado con otras especies con otro tipo de dieta. El segundo promedio más alto se obtuvo de las muestras de pelo, siguiendo las de hígado y por último hueso.

Por medio del análisis estadístico aplicado, se encontraron diferencias significativas (Tukey,  $p\leq 0.05$ ) en las concentraciones de cadmio de cada especie. Por su parte, Fleache *et al.* (2015) registraron la inexistencia de diferencias significativas (U-test,  $p>0.05$ ) entre sexos en el análisis de pelo de tres especies de murciélagos. Mientras que Walker *et al.* (2007) obtuvieron en

riñón de hembras de *Pipistrellus sp.*, una concentración de cadmio significativamente (Post hoc,  $p=0.027$ ) mayor que en machos. Estos autores, encontraron diferencias significativas entre juveniles y adultos, donde las concentraciones de cadmio fueron más elevadas en individuos con más edad.

En comparación con estudios anteriores en otros murciélagos, los resultados fueron menores a las obtenidas por Williams *et al.* (2010) y Méndez y Álvarez-Castañeda (2000), los cuales contabilizaron concentraciones mayores a 1 ppm. De igual manera, las concentraciones reportadas por Walker *et al.* (2007) fueron mayores a las del estudio, solamente la concentración en riñón de *T. brasiliensis*, fue cercana a la de la especie *Plecotos auritus*. Las concentraciones en pelo obtenidas en el estudio, fueron cercanas a las reportadas por Fleache *et al.* (2015), mientras que los resultados de Hernout *et al.* (2016) para riñón e hígado fueron similares con las de *D. rotundus* del presente estudio. Estos autores reportaron concentraciones mayores que las obtenidas en muestras de huesos (Cuadro 28).

Cuadro 28. Concentraciones de cadmio (Cd) en diferentes especies de murciélagos registrados en diferentes estudios.

Referencia	Especies	Muestra	Cd
Este estudio	<i>T. brasiliensis</i> y <i>D. rotundus</i>	Hueso	0.036 y 0.005 $\mu\text{g g}^{-1}$
		Pelo	0.282 y 0.080 $\mu\text{g g}^{-1}$
		Hígado	0.183 y 0.033 $\mu\text{g g}^{-1}$
		Riñón	0.658 y 0.027 $\mu\text{g g}^{-1}$

Fleache <i>et al.</i> (2015)	<i>P. pipistrellus</i> <i>M. daubentonii</i> <i>N. noctula</i>	Pelo	0.81 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.14 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.16 $\mu\text{g g}^{-1}$
Hernout <i>et al.</i> (2016)	<i>Pipistrellus sp.</i>	Riñón Hígado Huesos	0.02 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.03 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.24 $\mu\text{g g}^{-1}$
Méndez y Alvarez-Castañeda (2000)	<i>M. vivesi</i> <i>N. leporinus</i>	Hígado	6.5 $\mu\text{g g}^{-1}$ 8.0 $\mu\text{g g}^{-1}$
Walker <i>et al.</i> (2007)	<i>Plecotus auritus</i> <i>Myotis nattereri</i> <i>Pipistrelle sp.</i> <i>Myotis mystacinus</i>	Riñón	0.830 $\mu\text{g g}^{-1}$ 6.27 $\mu\text{g g}^{-1}$ 1.42 $\mu\text{g g}^{-1}$ 1.61 $\mu\text{g g}^{-1}$
Williams <i>et al.</i> (2010)	Géneros: <i>Carollia</i> <i>Anoura</i> <i>Sturnira</i>	Hígado y páncreas	2.19ppm 1 ppm 2.73 ppm

El Cd al no ser un elemento esencial, se presenta como un problema crónico reflejado en la acumulación gradual del metal en órganos diana debido a su exposición y a la baja ingesta de otros elementos minerales como calcio y hierro (Bremner, 1979). Principalmente, el cadmio se acumula en los riñones, pero también el hígado es susceptible (O'Shea y Johnston, 2009). Ninguna de las concentraciones promedio obtenidas fue igual o mayor a 105  $\mu\text{g g}^{-1}$  reportadas como críticas por Chmielnicka *et al.* (1989) en ratas, aunque individualmente en las muestras de pelo de *T. brasiliensis* se registró una concentración máxima de 803673.32  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (803.67 ppm).

#### 4.3.3 Plomo (Pb)

Al igual que el cadmio, el plomo es un elemento que se conoce como mineral no esencial, asociado a efectos tóxicos en la vida silvestre, principalmente

acumulándose en huesos, riñón e hígado (O'Shea y Johnson, 2009). Sin embargo, las concentraciones más altas de plomo obtenidas en este estudio fueron las registradas en las muestras de pelo (media= 20935.19  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) perteneciente a la especie *T. brasiliensis*, los siguientes promedios más altos se obtuvieron en las muestras de hueso, siguiendo riñón e hígado.

En contraste al análisis estadístico aplicado (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) en el presente trabajo, en otros estudios como, el realizado por Pikula *et al.* (2010), encontraron diferencias significativas (U-test,  $p = 0.02$ ) entre sexos en hígado de murciélagos vespertilionidos, donde obtuvieron dos veces mayor concentración de este metal en hembras que en machos. En muestras de pelo, Fleache *et al.* (2015), en cambio, no encontraron diferencias significativas (U-test, todas  $p > 0.05$ ) en ninguna de las tres especies que analizaron. Asimismo, Walker *et al.* (2007), no encontraron significancia entre los factores "edad", "sexo" y "año", de las concentraciones de Pb en muestras de riñón de cuatro especies de murciélagos.

Por otro lado, Hartmann (2000), obtuvo una disminución significativa (U-test  $p < 0.05$ ) de las concentraciones de plomo en muestras de hueso de *P. pipistrellus*, en un periodo de diez años, alejadas de una zona contaminada, este mismo autor, menciona que los animales que viven en una comunidad urbana tienden a tener aproximadamente el doble de plomo en el pelaje, que

los de una comunidad rural. Por su parte, D'Havé *et al.* (2005), consideran que es importante la variación de los metales en los diferentes hábitats, al obtener significativamente menores concentraciones de Pb y Cd, en pelaje de erizos (*Erinaceus europaeus*), entre una zona contaminada y otra alejada de esta.

Las concentraciones de plomo obtenidas en pelo en este estudio, fueron cercanas a las reportadas por Fleache *et al.* (2015) en tres diferentes especies. En hueso, Hernout *et al.* (2016), reportaron un valor considerablemente mayor al promedio obtenido en este estudio, pero cercano al valor más alto en un individuo de la especie *T. brasiliensis* ( $31.55 \mu\text{g g}^{-1}$ ). En las muestras de hígado se obtuvieron, en su mayoría, valores más altos que los obtenidos por otros autores, lo contrario sucedió con las concentraciones de las muestras de riñón que resultaron menores comparándola con otros estudios (Cuadro 29).

Cuadro 29. Concentraciones de plomo (Pb) en diferentes especies de murciélagos registrados en diferentes estudios.

Referencia	Especie	Muestra	Pb
Este estudio	<i>T. brasiliensis</i> y <i>D. rotundus</i>	Hueso Pelo Hígado Riñón	5.026 y 1.295 $\mu\text{g g}^{-1}$ 20.93 y 2.549 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.142 y 0.156 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.820 y 0.259 $\mu\text{g g}^{-1}$
Walker <i>et al.</i> (2007)	<i>Plecotus auritus</i> <i>Myotis nattereri</i> <i>Pipistrelle sp.</i> <i>Myotis mystacinus</i>	Riñón	3.38 $\mu\text{g g}^{-1}$ 1.16 $\mu\text{g g}^{-1}$ 2.45 $\mu\text{g g}^{-1}$ 4.05 $\mu\text{g g}^{-1}$
Pikula <i>et al.</i> (2010)	<i>Myotis daubentonii</i> <i>Pipistrellus pipistrellus</i> <i>Pipistrellus nathusii</i> <i>Pipistrellus pygmaeus</i> <i>Myotis mystacinus</i> <i>Myotis brandtii</i>	Hígado; Riñón	0.70 ; 0.38 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.36; 0.26 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.59; 0.49 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.32; 0.51 $\mu\text{g g}^{-1}$ 1.82; 0.08 $\mu\text{g g}^{-1}$

	<i>Myotis nattereri</i> <i>Nyctalus noctulla</i> <i>Myotis myotis</i> <i>Eptesicus serotinus</i>		0.37; 0.40 $\mu\text{g g}^{-1}$ – ; 0.88 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.71; 0.60 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.14; 0.30 $\mu\text{g g}^{-1}$ 2.51; 0.66 $\mu\text{g g}^{-1}$
Williams <i>et al.</i> (2010)	Géneros: <i>Carollia</i> <i>Sturnira</i>	Hígado y páncreas	1.53 ppm 0.77 ppm
Fleche <i>et al.</i> (2015)	<i>P. pipistrellus</i> <i>M. daubentonii</i> <i>N. noctula</i>	Pelo	34.2 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.14 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.16 $\mu\text{g g}^{-1}$
Méndez y Alvarez-Castañeda (2000)	<i>Myotis vivesi</i> <i>Noctilo leporinus</i>	Hígado	1.25 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.57 $\mu\text{g g}^{-1}$
Hernout <i>et al.</i> (2016)	<i>Pipistrellus sp.</i>	Riñón Hígado Hueso	0.70 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0.33 $\mu\text{g g}^{-1}$ 53.15 $\mu\text{g g}^{-1}$

Los promedios de las concentraciones obtenidas en el estudio fueron menores que las sugeridas por Ma (1996), como diagnóstico de intoxicación para mamíferos de vida silvestre, pues no son mayores a los 25  $\mu\text{g g}^{-1}$ , sin embargo, hubo algunos individuos que superaron esa concentración, principalmente en pelo. Por otra parte, en riñón de *T. brasiliensis* se obtuvo una concentración máxima que superaba los 2 ppm, lo cual es mayor al límite máximo permisible de Pb en este órgano que se menciona en la Norma Oficial Mexicana NOM-004-ZOO-1994 (DOF, 1996) para animales domésticos con fin pecuario. De acuerdo con Escalona *et al.* (2016) la dosis tóxica aguda de plomo va de 400-800 ppm en ganado, 191-1000 ppm en canidos y 500-750 en felinos, estos autores dicen que esta absorción de plomo lo acompañan, como consecuencia, síntomas en el aparato digestivo y en el sistema nervioso (saturnismo).

Según el estudio realizado por Fleache *et al.* (2014) las altas concentraciones de este elemento en pelo, sugieren una alta exposición de este metal en el entorno donde interactúan cada una de las especies estudiadas, apoyado con los resultados obtenidos por D'Havé *et al.* (2005), quienes encontraron, en un estudio realizado en erizos (*Erinaceus europaeus*), una relación positiva entre las concentraciones de plomo en suelo y pelo.

Las concentraciones más altas registradas de Cd y Pb en las diferentes muestras, pertenecieron a la especie *T. brasiliensis*, lo que puede deberse a sus hábitos alimenticios, de acuerdo a Kolf-Clauw *et al.* (2007), también las especies insectívoras son buenas bioindicadoras de metales tóxicos por el nivel que ocupan en la cadena trófica al alimentarse de invertebrados, además, se caracterizan por un metabolismo elevado y pocas reservas energéticas corporales, lo que los lleva a alimentarse frecuentemente.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Los promedios de las concentraciones de los metales analizados se dieron en rangos de: 216.44-1988.87  $\mu\text{g g}^{-1}$  de Zn, donde el valor máximo se registró en pelo de la especie *T. brasiliensis* y el valor mínimo en hueso de la especie *D. rotundus*; 4351.41-75918.73  $\mu\text{g kg}^{-1}$  de Cu, donde el valor máximo se registró en pelo de *T. brasiliensis* y el mínimo en pelo de *D. rotundus*; 163.91-2934.89  $\mu\text{g kg}^{-1}$  de Mn, donde el valor máximo se registró en hueso de *T. brasiliensis* y el mínimo en riñón de *D. rotundus*; 145.88-20935.19  $\mu\text{g kg}^{-1}$  de Pb, donde la concentración máximo se registró en pelo de *T. brasiliensis* y el mínimo en hígado de la misma especie.

Respecto a las concentraciones encontradas de los metales por localidad de colecta y sexo, se encontró que: de Zn el valor máximo registrado fue en las muestras de pelo de hembras de *T. brasiliensis* de la comunidad de Sta. María Zacatepec; de Cu el valor máximo registrado fue en las muestras de pelo de machos de *T. brasiliensis* de la comunidad de Sta. Cruz Xoxocotlán; de Mn el valor máximo registrado fue en la muestra de hueso de *D. rotundus* sin registro de procedencia; de Cd el valor máximo que se registró fue en las muestras de pelo de machos de *T. brasiliensis* de la comunidad de Sta. Catarina Lachatao; de Pb la concentración máxima registrada fue en las muestras de pelo de un macho de *D. rotundus* de la comunidad de San Felipe Tejalapam.

Las concentraciones promedio de los minerales analizados se encontraron en rangos de: 37.35-156796.48  $\mu\text{g g}^{-1}$  de Ca, donde el valor máximo fue en hueso de *D. rotundus* y el mínimo en hígado de *T. brasiliensis*; <LD-131395.33  $\mu\text{g g}^{-1}$  de P, donde el valor máximo se encontró en hueso de *T. brasiliensis* y el mínimo que estuvo bajo el límite de detección en pelo de la misma especie; 60.96-7225.38  $\mu\text{g g}^{-1}$  de Na, donde el valor máximo se registró en hueso de *T. brasiliensis* y el valor mínimo en pelo de *D. rotundus*; 92.54-10490.15  $\mu\text{g g}^{-1}$  de K, donde el valor máximo se registró en riñón de *D. rotundus* y el valor mínimo en pelo de la misma especie; 2.18-1769.25  $\mu\text{g g}^{-1}$  de Mg, donde el valor máximo se registró en hueso de *D. rotundus* y el mínimo en pelo de *T. brasiliensis*.

El análisis estadístico aplicado (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) evidenció diferencias significativas, principalmente entre las concentraciones por localidad de procedencia de los individuos tanto en *D. rotundus* como en *T. brasiliensis* en los diferentes tipos de muestras. De los minerales analizados, en muestras de la especie *D. rotundus* se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de Na ( $p=0.009$ ) en las muestras de pelo y, en Ca ( $p<0.0001$ ), P ( $p=0.02$ ) y Mg ( $p<0.0001$ ) en las muestras de órganos. En las muestras de *T. brasiliensis*, solo se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de Na ( $p<0.0001$ ) en las muestras de hueso.

De los metales analizados, en muestras de *D. rotundus* se encontraron diferencias significativas en Zn ( $p=0.002$ ), Cu ( $p<0.0001$ ) y Mn ( $p<0.0001$ ) en las muestras de hueso; en Zn ( $p<0.0001$ ), Mn ( $p=0.029$ ), Cd ( $p<0.0001$ ) y Pb ( $p<0.0001$ ) en las muestras de pelo; en Zn ( $p=0.0005$ ), Cu ( $p=0.03$ ) y Mn en muestras de hígado y riñón. De las muestras de *T. brasiliensis* se encontraron diferencias significativas en Mn ( $p=0.05$ ) en las muestras de hueso; en Cd ( $p<0.0001$ ) en las muestras de pelo; en Zn ( $p<0.0001$ ), Cu ( $p<0.0001$ ), Mn ( $p=0.0004$ ) y Cd ( $p=0.002$ ) en las muestras de hígado y riñón.

De los metales de interés del presente estudio Zn, Cu, Mn, Cd y Pb, se obtuvieron concentraciones que superaban otros registros de diferentes estudios realizados a partir de muestras de otras especies de murciélagos, a

excepción de Mn, principalmente en las concentraciones de Zn que rebasaron los 1000 ppm en muestras de pelo e hígado. También, en Cu y Pb se encontraron concentraciones en riñón mayores a los límites máximos permisibles (>10ppm y >2ppm, respectivamente) en animales domésticos para actividades pecuarias mencionados en la Norma Oficial Mexicana NOM-004-ZOO-1994 para este órgano.

## 5.2 Recomendaciones

Este trabajo de investigación se centró en el análisis de muestras de pelo, hueso, hígado y riñón de machos y hembras de dos especies de murciélagos con distintos hábitos y distintas localidades de colecta, aunque no se tomó en cuenta la edad y estado reproductivo del animal, también es un factor importante que pudo haber influido en los resultados del estudio.

No se descartan errores por factores externos que pudieran haber alterado los resultados obtenidos, sin embargo, se recomienda ampliar el análisis de datos para una mejor comprensión de la relación de los factores de estudio. Se sugieren trabajos de investigación sobre la disponibilidad de metales traza en el medio, sus efectos en diferentes ecosistemas y en las interacciones de las especies. Este trabajo de investigación, puede servir como datos de línea base

para evaluaciones de la calidad del hábitat de las especies de estudio y para el análisis en otros organismos en distinto nivel trófico. También, los resultados de las concentraciones de los diez elementos analizados sirven de comparación entre estudios similares futuros en otras especies.

## **CAPÍTULO VI**

### **LITERATURA CITADA**

#### **6.1 Referencias bibliográficas**

Adeola, O., R. N. Dilger, E. M. Onyango y J. A. Jendza. 2005. Utilización del fósforo en aves y ganado porcino. XXI Curso de Especialización FEDNA, Purdue University. Madrid, España: 343-365.

Baquerizo H., M. A. 2016. Cuantificación de Plomo (Pb) en el ensamble de Murciélagos (Mammalia:Chiroptera) de la ciudad de Guayaquil y zonas aledañas (Guayas-Ecuador). Tesis de grado previo a la obtención de título de Biólogo, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Escuela de Biología.

Bell, S. P., J. Mitchell, J. Leber, R. Kobayashi and B. Stillman. 1995. The multidomain structure of Orc1p reveals similarity to regulators of DNA replication and silencing. *Cell* 83: 563-568.

Bremner I. 1979. The toxicity of cadmium, zinc and molybdenum and their effects on copper metabolism. *The Nutrition Society* 38: 235-242.

- Brown, R. B. and M. S. Razzaque. 2018. Phosphate toxicity and tumorigenesis. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)- Reviews on Cancer* 1869: 303-309.
- Carcausto V., P. E. 2017. Determinación de los niveles de calcio, fósforo y magnesio en suero sanguíneo del conejo doméstico (*Oryctolagus cuniculus*) en altura. Tesis Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Puno, Perú. 94 p.
- Carmalt, J. L., K. E. Baptiste and B. Blakley. 2001. Suspect copper toxicity in an alpaca. *Canadian Veterinary Journal* 42:554-556.
- Chiappe B., M. A. 2001. Mecanismos reguladores de la biología ósea, su importancia en la patogénesis de las osteopatías fragilizantes. *Revista de la Sociedad de Medicina Veterinaria Argentina*. 85: 8-15.
- Chmielnicka, J., T. Halatek and U. Jedlinska. 1989. Correlation of cadmium induced nephropathy and the metabolism of endogenous copper and zinc in rats. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 18: 268-276.
- Clark, D. R. and R. F. Shore. 2001. Chiroptera. *In*: Shore, R. F. and B. A. Rattner (Eds.) *Ecotoxicology of wild mammals*. John Wiley & Sons. New York. pp. 159-214.
- Clark, D. R., S. A. Wenner and J. F. Moore. 1986. Metal residues in bat colonies Jackson County, Florida, 1981-1983. *Florida Field Naturalist* 14: 38-45.
- Cooke, J. A. and M. S. Johnson. 1996. Cadmium in small mammals. *In*: Beyer, W. N., G. H. Heinz and A. W. Redmon-Norwood (eds). *Environmental contaminants in wildlife, Interpreting tissue concentrations*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). Lewis Publisher. USA. pp. 377-404.
- Correa S., K., R. Fernandes De B., K. Yamamoto, E. Mori, K. Miyuki A., S. M. Achkar, A. I. Estevez G., J. Y. De Olivera L. y W. De Oliveira F. 2015. *Diphylloids ecaudata y Diaemus youngi*, Biología y comportamiento. *Acta*

Zoológica Mexicana (nueva serie), (31) 3, Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Mexico: 436-445.

Cuevas, G. y I. Walter. 2004. Metales pesados en maíz (*Zea mays L.*) cultivado en suelo enmendado con diferentes dosis de compost de lodo residual. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 20 (2): 59-68.

D'Havé, H., J. Scheirs, M. V. Kayawe, R. Verhagen, R. Blust and W. De Coen. 2005. Nondestructive pollution exposure assessment in the european hedgehog (*Erinaceus europaeus*): I. Relationships between concentrations of metals and arsenic in hair, spines, and soil. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24(9): 2356-2364.

De Esparza C., M. L., M. I. Litter, M. Wong y V. Mori. 2009. Métodos espectrofotométricos UV-Vis. *In*: Litter M. I., M. A. Armienta y S. S. Farías (Eds.). Metodologías analíticas para la determinación y especiación de As en aguas y suelos, Argentina: CYTED. pp. 43-62.

De Francisco, A. L. M. y M. Rodríguez. 2013. Magnesio y enfermedad renal crónica. *Revista Nefrología* 33 (3): 389-399.

del Pilar B., M., L. P. Lancheros y M. Z. Vargas. 2012. Consumo de calcio: evolución y situación actual. *Revista de la Facultad de Medicina* 60: S50-S61.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 1996. Modificación a la Norma Oficial Mexicana. NOM-004-ZOO-1994 Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos, por lo que ahora se denominará grasa, hígado, músculo y riñón en aves, bovinos, caprinos, cérvidos, equinos, ovinos y porcinos. Residuos tóxicos. Límites máximos permisibles y procedimientos de muestreo.

Duffus, J. H. 2002. "Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 74(5): 793-807.

- Escalona R., A., C. A. Betancur H. y Y. Martínez A. 2016. Tóxicos inorgánicos. *In: Toxicología Veterinaria*. Editorial Graficas del Caribe. Córdoba, Colombia. pp: 51-99.
- Ferré-Huguet, N., M. Schuhmacher, J. M. Llobet y J. L. Domingo. 2007. Diseño de un software para evaluar los riesgos de la exposición ambiental a través del agua, suelos y aire. *Metales pesados y salud* (108): 50-58.
- Fleache, L., S. Czarnecki, R. A. Düring, U. Kierdorf and J. A. Encarnação. 2015. Trace metal concentrations in hairs of three bat species from urbanized área in Germany. *Journal of Environmental Sciences* 31: 184-193.
- Friman, M. y H. González. 1982. Métodos de determinación por espectrofotometría de absorción atómica en Ciencias Biológicas. Tejidos y fluidos biológicos. *Revista de ciencias biológicas* 13 (2): 325-331.
- Galaz, J. L. y J. Yáñez (eds.). 2006. Los murciélagos de Chile: Guía para su reconocimiento. Centro de Ecología Aplicada. Santiago, Chile. 80 p.
- Gallegos, W., M. Vega y P. Noriega. 2012. Espectroscopía de absorción atómica con llama y su aplicación para la determinación de plomo y control de productos cosméticos. *La Granja* 15: 19-26.
- García, C., J. L. Moreno, M. T. Hernández F. y A. Polo. 2002. Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. *Ciencia y Medio Ambiente*, Centro de Ciencias Medioambientales: 125-138.
- García, H., M. El Zauahre, H. Morán, Y. Acosta, A. Senior y N. Fernández. 2006. Análisis comparativo de dos técnicas de digestión para la determinación de metales pesados en lodos residuales. *Multiciencias* 6 (3): 234-243.
- García, J. M., L. F. Sarmiento, M. Salvador y L. S. Porras. 2017. Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos:

aplicación en ríos tropicales de alta montaña. Revisión corta. UGCiencia 23: 47-62.

Gómez-Aldaraví, M. 2014. Modificación de la configuración de la EDAR de Calahorra para la recuperación de fósforo en la línea de fangos. TFM: Master en Ingeniería Ambiental, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia. 146 p.

Gómez-Miguel, V. D. y V. Sotés. 2014. El manganeso y la viticultura: Una revisión. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. España. 84 p.

Greenhall, A. M., G. Joerman and U. Schmidt. 1983. *Desmodus rotundus*. Mammalian Species 202:1-6.

Hartmann, R. 2000. Deskription der Schwermetallgehalte in Knochen, Organen und Haaren von Fledermäusen (Chiroptera) im Zeitraum 1987 bis 1999. Tesis Doctoral. Georg-August-Universität zu Göttingen, Germany. 120 p.

Hermoso de Mendoza G., M., F. Soler R. y M. Pérez L. 2008. Los mamíferos salvajes terrestres como bioindicadores: nuevos avances en Ecotoxicología. Observatorio Medioambiental 11: 37-62.

Hernández R., M y A. Sastre G. 1999. Tratado de nutrición. Ediciones Díaz de Santos. Madrid. 1465 p.

Hernout, B. V., K. E. Arnold, C. J. McClean, M. Walls, M. Baxter and A. B.A. Boxall. 2016. A national level assessment of metal contamination in bat. Environmental Pollution 214: 847-858.

Hickey, M. B. C., M. B. Fenton, K. C. MacDonald and C. Soulliere. 2001. Trace elements in the fur of bats (Chiroptera: Vespertilionidae) from Ontario and Quebec, Canada. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 66: 699-706.

- Hoenerhoff, M. and K. Williams. 2004. Copper-associated hepatopathy in a Mexican fruit bat (*Artibeus jamaicensis*) and establishment of a reference range for hepatic copper in bats. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 16: 590-593.
- Holt, E. A. and S. W. Miller. 2011. Bioindicators: Using organisms to measure environmental impacts. *Conocimiento de la Educación de la Naturaleza* 2 (2): 8.
- Iyengar, G. V. 1987. Reference values for the concentrations of As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, I, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, and Zn in selected human tissues and body fluids. *Biological Trace Element Research* 12: 263-295.
- Iyengar, V. and J. Wolttlez. 1968. Trace element in human clinical specimens: evaluation of literature data to identify reference values. *Clinical Chemistry* 34(3): 474-481.
- Jiménez B., R. 2017. *Introducción a la contaminación de suelos*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 604 p.
- Keeley A. T. H. and B. W. Keeley. 2004. The mating system of *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera: Molossidae) In a large highway bridge colony. *Journal of Mammalogy*, 85: 113-119.
- Kolf-Clauw, M., A. Guénin y L. M. Pérez. 2007. Micromamíferos y metales pesados: biomonitorización del medio ambiente. *Observatorio Medioambiental* 10, Gale OneFile: Informe Académico: 19-37.
- Larsen, T. and B. Sandström. 1992a. Tissues and organs as indicators of intestinal absorption of minerals and trace elements, evaluated in rats. *Biological Trace Element Research* 35: 185-198.
- Larsen, T. and B. Sandström. 1992b. Effect of calcium, copper, and zinc levels in a rapeseed meal diet on mineral and trace element utilization in the rat. *Biological Trace Element Research* 35: 167-184.

- Lida, E. S. y D. M. Clive. 2002. Alteraciones del sodio y potasio plasmático. *In: Manual de Cuidados Intensivos*. Irwin, R. S. y J. M. Rippe. Tercera Edición. Madrid, España. Editorial Marbán Libros. pp. 361-365.
- Londoño P., D. M. 2013. Validación del método de determinación de calcio y magnesio por espectroscopia de absorción atómica de llama para el laboratorio de análisis de aguas y alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira. Trabajo de grado para el título en Químico Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira. 126 p.
- Londoño-Franco, L. F., P. T. Londoño-Muñoz y F. G. Muñoz-García. 2016. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14 (2): 145-153.
- Ma, W. C. 1996. Lead in mammals. *In: Beyer, W., G. Heinz and A. Redmon-Norwood (Eds.) Environmental Contaminants in Wildlife. Interpreting tissue Concentration*. CRC Press Inc. London: 281-296.
- Ma, W. C. and S. Talmage. 2001. Insectivora. *In: Shore, R. F., Rattner, B. A. (Eds.) Ecotoxicology of wild mammals*. John Wiley & Sons. Ney York. pp. 123-158.
- Mañay, N., G. Clavijo y L. Díaz. 2009. Absorción atómica con horno de grafito. *In: Litter, M. I., M. A. Armienta y S. S. Farías (Eds.) Metodologías analíticas para la determinación y especiación de As en aguas y suelos, Argentina: CYTED*. pp. 79-92.
- Martínez S. G. and T. E. Lee. 2013. Predation on Mexican free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*) by merlin (*Falco columbarius*). *The Southwestern Naturalist*, 58(4): 508-512.
- McDowell, L. 1992. Minerals in animal and human nutrition. Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich Publishers. California: pp. 187.

- Mendez, L. and S. T. Alvarez-Castañeda. 2000. Comparative analysis of heavy metals in two species of Ichthyophagous bats *Myotis vivesi* and *Noctilio leporinus*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 65: 51-54.
- Mendoza, B., L. M. Marcó P., L. Almaso y V. Rodríguez. 2014. Evaluación de dos métodos de digestión ácida en el análisis de tejido foliar de caña (*Saccharum officinarum* L.). Ciencia y Tecnología 7(2): 9-20.
- Moniello, G., F. Infascelli, W. Pinna and G. Camboni. 2005. Mineral requirements of dairy sheep. Italian Journal of Animal Science 4: 63-74.
- Monroy T., R y S. J. Ávila V. 2015. Economía y política, ¿Qué sabes del sodio? REDICINAYSA 4 (2): 11-14.
- Moya, M. I., L. F. Pacheco y L. F. Aguirre. 2015. Relación de los ataques de *Desmodus rotundus* con el manejo del ganado caprino y algunas características del hábitat en la prepuna de Bolivia. Maztozoología Neotropical, 22 (1): 73-84.
- Muñoz, L., M. Aguilera y M. E. Casanueva. 2003. Prevalencia e intensidad de ectoparásitos asociados a *Tadarida brasiliensis* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1824) (Chiroptera: Molossidae) en Concepción. Gayana 67(1): 1-8.
- National Research Council (NRC). 1980. Mineral tolerance of domestic animals. National Academy of Sciences. National Academy Press. Washinton, D. C. 576 p.
- National Research Council (NRC). 2005. Mineral Tolerance of Animals. 2nd rev. ed. National Academy of Sciences. The National Academics Press. Washington D. C. 495 p.
- O'Dell, B. L. and R. A. Sunde (eds). 1997. Handbook of nutritionally essential mineral elements. Marcel Dekker, Inc. New York. 712 p.

- O'Shea, T. J. and J. J. Johnston. 2009. Environmental contaminants and bats: investigating exposure and effects. *In*: T. H. Kunz and S. Parsons (eds.). Ecological and behavioral methods for the study of bats. Baltimore; Johns Hopkins University Press. pp. 500-528.
- Ortiz-Gallarza, S. M. y Ortega-Rubio, A. 2014. Los organismos bentónicos como bioindicadores de la salud ecológica de los océanos. *In*: González Z., C. A., A. Vallarino, J. C. Pérez J. y A. M. Low P. (Eds.) Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 779 p.
- Páez-Osuna, F. y C. Osuna-Martínez. 2011. Biomonitores de la contaminación costera con referencia a las costas mexicanas: una revisión sobre los organismos utilizados. *Hidrobiológica*, 21 (3), México: 229-238.
- Pérez G. C., M. G. 2013. Relación entre la ingesta de cinco minerales en la dieta de monos araña (*Ateles geoffroyi*) y su presencia en el pelo. Tesis de Maestría en Neuroetología. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz Mexico. 64 p.
- Perkin Elmer. 2012. Manual de operación de equipo de espectroscopia de absorción atómica modelo AAnalyst 400. México D. F., México. 99 p.
- Pikula, J., J. Zúkal, V. Adam, H. Bandouchova, M. Beklova, P. Hajkova, J. Horakova, R. Kizek and L. Valentikova. 2010. Heavy metals and metallothionein in vespertilionid bats foraging over aquatic habitats in the Czech Republic. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29(3): 501-506.
- Prohaska, J. R. and A. A. Gybina. 2004. Intracellular copper transport in mammals. *American Society for Nutritional Sciences. The Journal of Nutrition* 134: 1003-1006.
- Pu, F., N. Chen and S. Xue. 2016. Calcium intake, calcium homeostasis and health. *Food Science and Human Wellness* 5: 8-6.

- Racero-Casarrubia, J., J. Pinedo-Hernandez, J. Ballesteros-Correa y J. Marrugo-Negrete. 2017. Metales pesados en especies de murciélagos (Quiroptera) asociados a una finca bajo manejo silvopastoril en el Departamento de Córdoba, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana* 33 (1): 45-54.
- Risenhoover, K. L. and R. O. Peterson. 1986. Mineral licks as a sodium source for Isle Royale moose. *Oecologia* 71: 121-126.
- Rodríguez H., D. 2017. Intoxicación ocupacional por metales pesados. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Artículo en revisión. *MEDISAN* 21 (12).
- Rodríguez-San Pedro A. y J. L. Allendes. 2015. Depredación del murciélago de cola libre *Tadarida brasiliensis* (l. Geoffroy Saint Hilaire, 1824) por el cernícalo *Falco sparverius* Linnaeus, 1758, en un sector urbano de Santiago. *Biodiversity and Natural History* 1:6–8.
- Sánchez B., M. I. 2003. Determinación de metales pesados en suelos de medina del campo (Valladolid): contenidos extraíbles, niveles fondo y de referencia. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid. 278 p.
- Skoog, D. A., Holler, F. J. y Crouch, S. R. 2008. Principios de análisis instrumental. 6ª edición, México: Cengage Learning. 1038 p.
- Sky-Peck H. H. and B. J. Joseph. 1983. The use and misuse of human hair in trace metal analysis. *In*: Brown, S. S. and J. Savory (Eds.) *Chemical Toxicology and Clinical Chemistry of Metals*. Academic. London. pp. 159-163.
- Soetan, K. O., C. O. Olaiya and O. E. Oyewole. 2010. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science* 4 (5): 200-222.

- Soto, J. P. and W. Manzanares. 2015. Hiperkalemia. *In*: CTI Protocolos. Biestro Alberto. Catedra de Medicina Intensiva. Universidad de la Republica Uruguay. Montevideo. Editorial Cuadrado. 444 p.
- Tejada C., F. 2008. Alteraciones del equilibrio del Potasio: Hipopotasemia. *Revista Clínica de Medicina de Familia* 2 (3): 129-133.
- Thompson, M. and J. N. Walsh. 1989. Handbook of inductively coupled plasma spectrometry. 2nd Ed. Blackie, Glasnow. London. 328 p.
- Tokalioglu, S., A. Papak and K. Şenol. 2017. Separation/preconcentration of trace Pb(II) and Cd(II) with 2-mercaptobenzothiazole impregnated Amberlite XAD-1180 resin and their determination by flame atomic absorption spectrometry. *Arabian Journal of Chemistry* 10: 19-23.
- Tresguerres, J. A. F., C. Ariznavarreta, V. Cachofeiro, D. Cardinali, E. Escriche E., P. Gil-Loyzaga, V. Lahera J., F. Mora T., M. Romano P. y J. Tamargo M. 2005. *Fisiología Humana*. 3ª. McGraw-Hill Interamericana: Madrid, España. 1178 p.
- Trillanes F., C. E. 2008. Elementos minerales esenciales en tejidos y alimento del teporingo (*Romerolagus diazi*) en el Zoológico de Chapultepec. Tesis profesional para Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Nacional Autónoma de México. Edo. De México, México. 70 p.
- Underwood, E. J. 1977. Trace elements in human and animal nutrition. 4th Ed. Academic Press. 560 p.
- Undewood, E. J. y N. F. Suttle. 2003. Los minerales en la nutrición del ganado. 3ª. Acribia. España. 637 p.
- Valdés R., C., J. M. Restrepo M., J. Triana V., G. Mendoza S., C. A. Mutis B., E. Ramírez C. y C. A. Galindo O. 2010. Determinación de los valores fisiológicos del sodio, el potasio y el ion calcio en plasma, con su

variación pre y post ejercicio, en caballos de paso fino en la sabana de Bogotá. *Revista de Medicina Veterinaria* (20): 70-80.

Villa B. R. and E. L. Cockrum. 1962. Migration in the guano bat *Tadarida brasiliensis mexicana* (Saussure). *Journal of Mammalogy*, 43(1), 43-64.

Vullo, D. L. 2003. Microorganismos y metales pesados: una interacción en beneficio del medio ambiente. *Química Viva* 2 (3): 93-104.

Walker, L. A., V. R. Simpson, L. Rockett, C. L. Wienburg and R. F. Shore. 2007. Heavy metal contamination in bats in Britain. *Environmental Pollution* 148: 483-490.

Williams, M., D. Ramos, A. Butrón, S. Gonzalez-Zuñiga, N. Ortiz and B. La Torre. 2010. Concentraciones de metales pesados en murciélagos del Lodge "Cock of the rocks" y alrededores, Kosñipata, Cuzco, Perú. *Ecología Aplicada* 9 (2):133-139

Wysocki, A. A. and R. H. Klett. 1971. Hair as an indicator of the calcium and phosphorus status of ponies. *Journal of Animal Science* 32(1): 74-78.

## 6.2 Referencias electrónicas

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2005. Toxicological profile for zinc. Division of Toxicology/Toxicology Information Branch (Consultado: 14/04/2020) Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp60.pdf>

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2012. Toxicological profile for Manganese. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human services, Public Health Service. 506 p. (Consultado:

14/04/2020) Disponible  
<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.pdf>

en:

Fernández, A., P. Sosa, D. Setton, V. Desantadina, M. Fabeiro, M. I. Martínez, N. Piazza, P. Casavalle, M. Tonieti, V. Vacarezza, S. De Grandis, N. Ganados y J. Hernández. 2011. Calcio y Nutrición, Sociedad Argentina de Pediatría, Buenos Aires, Argentina. (Consultado: 20/09/2019) Disponible en: <http://www.sap.org.ar/docs/calcio.pdf>.

García, M. Y., M. L. Di Bernando, M. P. Burguera, J. R. Luna, O. Alarcón, J. G. Salazar y A. Morales. 2006. Cuantificación y evaluación de calcio, magnesio, estroncio, cobre, zinc y hierro en muestras óseas y suero sanguíneo de pacientes con artrosis. VITAE (29), Academia Biomédica Digital, Universidad Central de Venezuela. (Consultado: 29/Julio/2019) Disponible en: [vitae.ucv.ve/pdfs/VIATE\\_296.pdf](http://vitae.ucv.ve/pdfs/VIATE_296.pdf).

Gomis Y., V. 2008. Espectroscopía de emisión y absorción atómica. (Consultado 30/12/2018) Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8252/4/T7Abasorc.pdf>.

Lenz, A. L. 2011. Automatização da Determinação da Concentração de Soluções Automation of Determination of Concentration of Solutions. (Consultado: 30/09/2019) Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/322900880\\_Automatizacao\\_da\\_Determinacao\\_da\\_Concentracao\\_de\\_Solucoes\\_Automation\\_of\\_Determination\\_of\\_Concentration\\_of\\_Solutions](https://www.researchgate.net/publication/322900880_Automatizacao_da_Determinacao_da_Concentracao_de_Solucoes_Automation_of_Determination_of_Concentration_of_Solutions)

Li, L. and X. Yang. 2018. The essential element manganese, oxidative stress, and metabolic diseases: links and interactions. Oxidative Medicine and Cellular Longevity (Consultado: 17/05/2020) Disponible en: [hindawi.com/journals/omcl/2018/7580707/](http://hindawi.com/journals/omcl/2018/7580707/)

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2002. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. (Consultado: 14/04/2020) Disponible en: <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s00.htm#Contents>

Villa-Ramírez, B. 1976. Biología de los murciélagos hematófagos. México: Laboratorio de Mastozoología, Instituto de Biología UNAM: 94-99. (Consultado: 23-12-2018) Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol1/CV1v1c04.pdf>.

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

Anexo 1. Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUUV) en las muestras de hueso de la especie *Desmodus rotundus*.

NP	ID	ID LAB.	COMUNIDAD	SEXO	W (g)	Zn $\mu\text{g/g}$	Ca $\mu\text{g/g}$	Na $\mu\text{g/g}$	Mg $\mu\text{g/g}$	K $\mu\text{g/g}$	P $\mu\text{g/g}$
62	1	296	San Juan Guichicovi	Hembra	0.1033	175.5695173	157546.3172	5759.222852	1641.660654	3105.134226	87367.44918
63	2	297	Sin registro	Macho	0.121	458.574714	156053.937	2950.847162	2713.695224	638.7301475	69377.47934
64	3	298	Santa María Guienagati	Hembra	0.2146	282.7210627	228503.9419	6155.777631	2192.372097	167.7604327	139481.5645
65	4	299	Sin registro	Hembra	0.2685	212.0679327	144386.0843	5224.605209	1347.777777	2570.416401	79786.14525
66	5	300	Santiago Nacaltepec	Hembra	0.299	217.4057716	164101.2386	7420.765447	2080.187067	1913.314233	96595.67308
67	6	301	San Felipe Tejalapam	Hembra	0.3168	189.7915651	173633.0165	6199.994405	1757.776383	1735.838067	105097.1709
68	7	302	San Felipe Tejalapam	Macho	0.3723	283.8502727	185955.8295	7351.562991	1761.734207	1482.980079	50768.33199
69	8	303	San Felipe Tejalapam	Macho	0.2645	244.775155	167889.0289	6976.22652	1706.716685	2596.409012	101250.7798
70	9	304	Sta. Catarina Lachatao	Macho	0.1723	156.6368239	176652.8958	6941.377334	1960.055729	2793.549365	111527.8076
71	10	305	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.135	128.5942678	155104.1737	4925.156689	1675.566074	1711.974834	85530.27778
72	11	306	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.3849	161.7989718	151066.7599	5061.617514	1629.152908	1759.396811	97693.93998
73	12	307	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.1569	202.67435	165123.4296	6092.167725	1478.308506	2145.652349	100376.912
74	13	308	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.2208	150.6648089	186935.4918	6287.876685	2181.976415	1344.028232	109394.1916
75	14	309	Sta. Catarina Lachatao	Macho	0.1975	214.2802263	139376.7587	4735.860334	1877.997587	1516.797598	96233.48734
76	15	310	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.2107	232.7914395	145531.831	4843.741054	1674.820382	2322.56762	93196.4701
77	16	311	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.1889	318.657363	148290.0386	4769.642176	1652.033094	1799.385053	93384.25093
78	17	312	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.2296	317.5182634	133205.1935	6206.347552	1578.537478	2798.218142	111607.7091
79	18	313	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.1591	143.7433066	290146.1555	10298.53803	3011.448743	3860.633075	186156.8353
80	19	314	Sta. Catarina Lachatao	Macho	0.1072	236.1696721	160046.6524	5014.811754	1534.820715	1662.602789	95949.83675
81	20	315	Sta. Catarina Lachatao	Macho	0.123	202.7516243	162984.2466	4926.180268	1461.50429	1111.859958	92166.34146

82	21	316	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.0917	136.789116	153122.8135	3939.545529	2149.57515	920.2739105	93836.45038
83	22	317	Santa María Zacatepec	Macho	0.0712	245.2061386	192666.9164	6911.93861	2107.351348	3328.63194	110524.6664
84	23	318	Santa María Zacatepec	Hembra	0.0805	175.1198892	156618.6421	5348.666422	1541.14421	2322.849655	88620
85	24	319	Santa María Zacatepec	Macho	0.165	171.0592212	139564.6185	4952.855109	1889.481982	1988.139234	91628.81818
86	25	320	Santa María Zacatepec	Hembra	0.0824	182.3412169	174137.8844	5317.313155	1700.083354	1266.349258	85301.53216
87	26	321	Santa María Zacatepec	Hembra	0.1234	201.7393001	165963.2119	5163.144263	1392.326441	1823.318987	86759.13695
88	27	322	Santa María Zacatepec	Macho	0.1178	296.8286644	152556.486	4848.528896	1849.513658	1960.276702	87315.98048
89	28	323	Santiago Tenango	Macho	0.1565	229.572065	219791.7825	6691.41577	1617.885627	2504.520841	124801.4856
90	29	324	Santiago Tenango	Macho	0.1722	217.7239778	155719.1924	4853.362822	1464.253519	1663.886785	95119.16376
91	30	325	Santiago Tenango	Macho	0.1647	254.7768932	163929.7223	5438.47153	1570.040302	2017.390179	98812.72769
92	31	326	Santiago Tenango	Macho	0.1773	203.6219571	155257.0106	5014.684602	1338.563393	1832.610133	88827.62267
93	33	327	Santiago Nacaltepec	Macho	0.4062	364.9275351	158421.9725	6310.630583	1914.773416	3467.861755	110159.3612
94	35	328	Santiago Nacaltepec	Hembra	0.3719	257.2506397	133529.4739	3646.92726	1879.297047	1304.580835	95458.78596
95	36	329	Santiago Nacaltepec	Hembra	0.505	279.6998435	156963.0985	4862.20879	1330.182057	1045.730338	108787.953
96	37	330	Santiago Nacaltepec	Macho	0.4709	229.6871769	155320.7359	3780.912302	1552.445037	339.940286	99486.10639
97	38	331	Santiago Nacaltepec	Hembra	0.3881	302.991503	172404.6097	4258.963659	1733.594877	510.7551625	111506.9312
98	39	332	San Dionisio Ocotepc	Macho	0.4757	173.7612201	155748.9036	4816.954339	2260.261662	2559.467813	105770.6774
99	40	333	San Pedro Pochutla	Macho	0.3898	214.9023313	162974.7135	5582.843697	1747.820615	2249.714119	105899.5094
100	43	334	San Antonio Ocotlán	Macho	0.492	172.4627659	127433.345	3841.036701	2336.35365	1832.023735	91802.82012
101	44	335	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4874	236.1989343	151454.9297	4499.305501	2072.037172	1540.089378	99567.14711
102	45	336	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4998	162.3677086	154116.3523	4612.993361	1401.040359	1356.92824	97307.10534
103	46	337	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4772	182.5519733	138272.9277	4212.436609	1693.06105	871.1871365	98613.02389
104	47	338	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4758	204.8646155	155668.1362	4262.352648	1716.315125	723.0469095	99123.99905
105	48	339	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4881	201.1679167	129970.5857	4217.642833	1609.542488	1285.891874	91890.58851
106	49	340	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.487	161.7984043	135728.5928	3626.850351	2296.456083	601.4228861	98785.98049
107	50	341	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4928	189.1904619	142667.8356	4908.417534	1554.638588	1880.39074	97836.51836
108	51	342	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4939	201.7826276	146797.349	4526.886432	1515.577002	1192.031783	94215.05619
109	52	343	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4723	239.0798284	129040.7106	3878.192026	1509.788459	1012.458756	84064.51937
110	53	344	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4739	233.6998087	128770.3582	4635.640502	2292.414714	2155.57957	99743.11564
111	54	345	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4627	248.1623447	150423.495	5487.255898	1708.349449	2112.778544	91031.20542
112	55	346	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4988	221.8548146	149557.7859	5351.855455	1117.89596	1804.471608	89708.76604
113	56	347	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4874	240.5422772	149468.4962	5549.938991	1815.222353	2259.310288	101722.7431
114	57	348	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4847	216.0185338	156243.2955	5340.803229	1355.474997	1643.984956	98604.45894
115	58	349	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4486	248.3124327	147840.2959	5355.476536	1675.82251	2007.576931	99044.89802
116	59	350	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4505	219.2943159	148612.2576	4944.18901	1590.56364	1845.92658	96061.798
117	60	351	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4991	243.7783244	149589.1036	4788.612941	2168.861475	1567.250974	101232.6964
118	61	352	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4808	118.9170273	123809.6471	4496.144276	2037.008767	2559.517783	93067.2473
119	62	353	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4868	185.2388856	130643.5671	5322.61524	2219.835039	2896.06899	97315.78934
120	63	354	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4635	264.4398173	164408.8463	5458.428097	2210.993516	2255.416592	105154.5955
121	64	355	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4931	215.8579788	170883.2498	5702.673796	1654.939093	1994.324878	104808.2336
122	65	356	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4889	214.6293213	158088.7324	5329.095604	1485.068335	1620.781181	102270.2393
123	66	357	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4944	180.2081733	127024.1751	4845.696456	2011.310196	2636.66439	99007.44842
124	67	358	San Antonio Ocotlán	Macho	0.479	151.4948109	150612.3586	4940.166551	1474.787369	1689.818089	96926.41441
125	68	359	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4768	201.642646	153070.1492	5939.823272	1835.939285	2166.05312	118968.1208
126	69	360	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4906	187.2643917	163446.5311	5193.238349	1354.894753	2029.566998	50947.30432
127	70	361	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4891	277.4107131	151865.0649	5249.888783	1488.222048	2275.494783	93206.38418
128	71	362	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4545	190.1540251	145156.2928	4475.680752	1579.322985	1783.854399	87819.14191
129	72	363	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4566	148.7702679	131560.3335	5050.062037	1922.999273	2864.658104	89716.24507
130	73	364	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4906	188.4285162	168863.1467	5777.003665	1524.915387	1612.899915	94848.78975
131	74	365	Santiago Nacaltepec	Macho	0.2538	221.5445836	162796.2489	5621.344764	1524.193904	922.4901971	90202.80733
132	75	366	Santiago Nacaltepec	Macho	0.276	181.7484843	132469.6778	5763.030565	2090.906047	2490.257407	93986.6712
133	76	367	Sta. Catarina Lachatao	Macho	0.1707	163.711122	145767.5249	5006.410123	1584.574487	2572.450922	81798.79174

W=peso de la muestra

Anexo 2. Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de hueso de la especie *Desmodus rotundus*.

NP	ID	ID LAB.	COMUNIDAD	SEXO	W (g)	Cd $\mu\text{g/kg}$	Pb $\mu\text{g/kg}$	Cu $\mu\text{g/kg}$	Mn $\mu\text{g/kg}$
62	1	296	San Juan Guichicovi	Hembra	0.1033	0	316.6070041	329.1823635	1335.950557
63	2	297	Sin registro	Macho	0.121	9.346569298	0	28141.27275	11045.45794
64	3	298	Santa María Guienagati	Hembra	0.2146	58.28474357	912.5031823	8123.105651	4025.800211
65	4	299	Sin registro	Hembra	0.2685	22.89363793	201.2506492	2053.860047	443.0280363
66	5	300	Santiago Nacaltepec	Hembra	0.299	40.51522169	0.644574657	830.9200756	338.6121768
67	6	301	San Felipe Tejalapam	Hembra	0.3168	9.805346496	37.56312507	3719.258828	2303.350075
68	7	302	San Felipe Tejalapam	Macho	0.3723	5.139356487	113.811353	4791.39117	2062.378513
69	8	303	San Felipe Tejalapam	Macho	0.2645	56.74486106	34.17745585	2607.19405	2809.336236
70	9	304	Sta. Catarina Lachatao	Macho	0.1723	89.57480093	334.9626182	2193.074342	1533.509494
71	10	305	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.135	11.63852378	1842.985056	11133.2419	1924.591278
72	11	306	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.3849	2.713980834	416.2274396	4648.318788	570.7703975
73	12	307	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.1569	1.463119073	392.7787954	12445.77697	3624.966042
74	13	308	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.2208	2.244213832	269.0238179	8150.785673	977.1176019
75	14	309	Sta. Catarina Lachatao	Macho	0.1975	2.203781157	1366.215167	6736.331704	1721.56819
76	15	310	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.2107	0	4562.877608	7612.505275	1530.525748
77	16	311	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.1889	0	1001.276625	8282.084682	1352.427205
78	17	312	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.2296	0	1487.980525	7645.104502	1738.898473
79	18	313	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.1591	0	0	7411.875919	1118.087498
80	19	314	Sta. Catarina Lachatao	Macho	0.1072	0	904.7952985	8104.060208	1463.532397
81	20	315	Sta. Catarina Lachatao	Macho	0.123	0	1222.762366	9484.620677	1731.967573
82	21	316	Sta. Catarina Lachatao	Hembra	0.0917	0	0	11903.72402	2844.331979
83	22	317	Santa María Zacatepec	Macho	0.0712	0	14005.32655	12846.19918	3632.434698
84	23	318	Santa María Zacatepec	Hembra	0.0805	0	2304.767944	11789.6895	2692.987435
85	24	319	Santa María Zacatepec	Macho	0.165	0	2242.030573	10011.06947	4832.667955
86	25	320	Santa María Zacatepec	Hembra	0.0824	0	10881.68099	12497.31334	4264.630394
87	26	321	Santa María Zacatepec	Hembra	0.1234	0	8615.458918	9221.831748	3714.988225
88	27	322	Santa María Zacatepec	Macho	0.1178	0	1956.336647	11243.92107	4912.077186
89	28	323	Santiago Tenango	Macho	0.1565	0	5670.183863	10111.56136	2268.036546
90	29	324	Santiago Tenango	Macho	0.1722	0	3737.554477	16131.11587	4544.222892
91	30	325	Santiago Tenango	Macho	0.1647	0	635.9105556	10278.98863	2539.046694
92	31	326	Santiago Tenango	Macho	0.1773	0	2872.023122	8266.545698	1320.185237
93	33	327	Santiago Nacaltepec	Macho	0.4062	0	0	7837.842105	2774.364804
94	35	328	Santiago Nacaltepec	Hembra	0.3719	0	79.94532132	3479.985206	1055.471293
95	36	329	Santiago Nacaltepec	Hembra	0.505	0	528.2111792	5772.008323	881.5602594
96	37	330	Santiago Nacaltepec	Macho	0.4709	0	1007.539823	2752.746396	527.4544606
97	38	331	Santiago Nacaltepec	Hembra	0.3881	0	1701.530407	7425.025246	1964.959259

98	39	332	San Dionisio Ocoatepec	Macho	0.4757	0	36.23545617	2652.660612	944.4600032
99	40	333	San Pedro Pochutla	Macho	0.3898	0	0	4304.212181	1107.819647
100	43	334	San Antonio Ocotlán	Macho	0.492	0	0	3461.197171	264.6110405
101	44	335	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4874	0	0	2776.932833	345.4497661
102	45	336	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4998	0	347.1951801	3154.471001	244.8973481
103	46	337	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4772	0	116.1188915	1951.901192	224.5802386
104	47	338	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4758	0	276.692459	2853.005415	327.1908591
105	48	339	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4881	0	233.3515028	3318.23475	241.3454216
106	49	340	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.487	0	96.3414231	2670.065044	137.9764392
107	50	341	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4928	0	113.0770556	1657.986777	183.3771821
108	51	342	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4939	0	80.07110579	1976.269126	181.3227112
109	52	343	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4723	0	141.3756352	2359.62374	138.824515
110	53	344	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4739	0	137.7812728	2447.604051	202.8686081
111	54	345	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4627	0	398.7949561	3354.905565	1025.82519
112	55	346	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4988	0	398.3169852	2793.287089	521.4868214
113	56	347	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4874	0	138.6902456	2767.048204	193.402011
114	57	348	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4847	0	188.6432179	1565.987078	70.53433134
115	58	349	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4486	0	352.7112733	3204.846422	1025.670415
116	59	350	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4505	0	376.3705365	2303.244454	16.27263463
117	60	351	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4991	3.170478247	449.6159321	0	258.4434374
118	61	352	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4808	3.049555206	393.6692153	0	196.6726117
119	62	353	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4868	2.424792985	323.8435834	0	154.4341898
120	63	354	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4635	2.454439223	622.8022576	0	285.4851534
121	64	355	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4931	3.34935073	600.2934707	0	326.6251947
122	65	356	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4889	0.670260135	390.405775	211.387928	122.4619792
123	66	357	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4944	0.194211954	280.7120953	541.3875971	230.6343862
124	67	358	San Antonio Ocotlán	Macho	0.479	0	389.3584935	643.0131733	268.0731617
125	68	359	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4768	1.35259634	587.3857443	1140.862302	1425.56865
126	69	360	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4906	1.851857776	591.0260791	509.5393233	193.3955146
127	70	361	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4891	0	842.7177037	435.0980045	305.8284075
128	71	362	San Antonio Ocotlán	Hembra	0.4545	0	829.6205201	336.4469802	353.6200429
129	72	363	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4566	3.190263239	719.1843187	370.3228876	396.2360775
130	73	364	San Antonio Ocotlán	Macho	0.4906	0	1029.879884	285.5710273	2251.900784
131	74	365	Santiago Nacaltepec	Macho	0.2538	10.54851791	1883.422509	1801.678812	14506.31342
132	75	366	Santiago Nacaltepec	Macho	0.276	14.53460397	1811.205666	2021.482505	3866.378538
133	76	367	Sta. Catarina Lachatao	Macho	0.1707	22.03792443	6383.421974	313.0326098	1610.831678

Donde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W=peso de la muestra.

Anexo 3. Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de hueso de la especie *Tadarida brasiliensis*.

NP	ID	ID LAB.	COMUNIDAD	SEXO	W (g)	Zn $\mu\text{g/g}$	Ca $\mu\text{g/g}$	Na $\mu\text{g/g}$	Mg $\mu\text{g/g}$	K $\mu\text{g/g}$	P $\mu\text{g/g}$
1	1	235	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0324	133.7681604	163784.409	6090.740639	1007.27	3336.399708	87231.36574
2	2	236	San Agustin Etla Oaxaca	Macho	0.0496	120.908945	204277.8071	5575.030355	657.9747581	1417.024485	116291.9607
3	3	237	San Agustin Etla Oaxaca	Macho	0.0551	118.8624257	79490.20056	1984.643363	592.2966969	733.2897686	39853.2441
4	4	238	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0755	161.6335671	132914.4607	5627.1612	432.2589139	2616.254819	104229.8841
5	5	239	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0422	148.6619345	169180.187	5150.055505	773.354218	1787.785674	86891.14336
6	6	240	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.082	230.2130024	149027.2704	6812.995288	397.9944878	5731.29969	90842.69817
7	7	241	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0927	248.3212133	152646.0038	11062.69182	352.055534	4050.53294	92824.19094
8	8	242	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0525	207.8104497	142147.169	4711.296389	621.6294857	1927.903494	77848.78571
9	9	243	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0721	189.3205605	144217.6879	8203.963822	452.6428294	4347.27274	87287.10125
10	10	244	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0653	159.5486393	119116.9924	5443.417407	399.778683	5690.768584	77069.4487
11	11	245	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0828	177.9393655	70572.9615	3517.478287	394.1491304	3288.256994	41747.3279
12	12	246	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0238	95.46523563	138226.1934	8021.979331	1371.241513	2572.442022	65778.62395
13	13	247	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0473	147.3336377	157044.5821	10591.81961	689.9693023	2491.044707	88628.43552
14	14	248	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0821	125.2008822	129110.4153	6817.578352	397.5097199	6642.093502	83053.82156
15	15	249	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0734	163.5266006	126271.8146	5451.267312	444.6259946	4644.826955	81446.98569
16	16	250	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0354	263.3056961	150174.7337	4744.619672	921.9081356	1297.915114	64999.36441
17	17	251	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0658	141.6568639	126513.6582	4439.754074	495.9809726	2531.351528	74887.10106
18	18	252	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0635	139.963415	167182.2019	6689.346472	513.9456378	4086.851611	100763.2087
19	19	253	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0555	160.1383217	138642.7978	6461.149297	588.0278919	3868.290066	81212.90541
20	20	254	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0722	209.5059038	152777.3472	4195.681745	452.0159003	1329.692739	92986.91136
21	21	255	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0602	306.8757102	167821.9096	6204.854801	542.1187375	871.1203816	95815.30316
22	22	256	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0451	180.7009808	145320.7277	7001.987295	723.6263415	4499.953172	81303.90798
23	23	257	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0562	145.0109294	131728.1316	6714.162224	580.7037011	4290.994645	80201.35676
24	24	258	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0259	676.1220762	135933.6335	5797.671069	1260.059768	3378.136288	2920288.61
25	25	259	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.088	198.9950202	158445.7571	6666.536216	370.8585	5132.025856	98975.75284
26	26	260	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0842	88.81116499	136004.5546	6091.388409	387.5955819	5904.761584	79734.61995
27	27	261	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0549	134.7017502	177691.6845	7232.21459	594.4544262	4034.890407	101237.7732
28	28	262	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0439	327.987948	136567.5749	6757.857178	743.4065604	2932.834343	66773.57631
29	29	263	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0732	196.7031546	112801.3256	6780.072787	445.8408197	4228.877412	63010.65574
30	30	264	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0751	43.94609112	184641.9641	4134.010067	434.561225	306.347219	99189.09787
31	31	265	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0773	42.69536149	121921.7866	6376.549327	422.1933765	2763.156371	77337.75873
32	32	266	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0281	117.4502293	153375.2472	7061.576082	1161.407402	2474.080543	63190.70285
33	33	267	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0388	154.5476509	180971.1468	4365.118198	841.1223711	366.3071784	80966.17268
34	34	268	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0758	234.5170722	156556.9328	5604.782177	430.5481266	1244.170356	83026.38522
35	35	269	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0937	231.0576883	158385.8442	6241.25936	348.2982711	1507.677975	85105.8698
36	36	270	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0294	111.0396158	146175.2047	6934.516888	1110.052653	1827.789924	78264.54082
37	37	271	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0482	169.2225124	157707.0732	5782.928334	677.0860581	1877.841962	80434.31017
38	38	272	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.026	126.1532609	163600.1315	9122.270573	1255.213385	2644.745049	72335.48077
39	39	273	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0236	563.4497799	153135.3745	6977.980424	1382.862203	1652.246575	57432.36229
40	40	274	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.06	221.6235801	146632.6978	8635.39755	543.9258	4164.308293	83877.25

41	41	275	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0504	65.79686206	169413.0986	8411.67994	647.5307143	3283.07845	95684.67262
42	42	276	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0289	114.7460847	154487.3342	6709.33827	1129.257716	1894.130954	79618.59862
43	43	277	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0272	108.2306944	162996.3946	6137.14404	1199.836324	1258.029269	80732.12316
44	44	278	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0255	115.4460741	153618.6374	6597.632518	1279.825412	1736.91504	69633.67647
45	45	279	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.045	162.8485968	174764.0505	7635.571133	725.2344	1846.804683	95493.08333
46	46	280	Santiago Nacaltepec, Oax.	Macho	0.0556	131.8019219	179451.6771	5617.121978	586.9702878	3802.280414	98073.56115
47	47	281	Santiago Nacaltepec, Oax.	Macho	0.0483	175.3237437	153265.7123	6068.681708	675.6842236	4675.119065	84618.24534
48	48	282	Santiago Nacaltepec, Oax.	Macho	0.0539	151.5671313	155284.3529	4931.132955	605.4832653	2612.889804	87522.1475
49	49	283	Santiago Nacaltepec, Oax.	Macho	0.0453	117.9449303	256042.8621	7584.852914	720.4315232	3586.975413	152842.8808
50	50	284	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Macho	0.036	148.4140372	146394.4782	5521.458383	906.543	2888.611778	72671.35417
51	51	285	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Macho	0.0329	209.641061	150002.4613	12571.87614	991.9619453	1504.525331	92292.5152
52	52	286	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Macho	0.0669	103.097024	185314.6929	1450.27509	487.8258296	2057.379592	106635.426
53	53	287	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Hembra	0.0256	248.1923205	122094.8839	14084.71535	1274.826094	807.6961348	57049.51172
54	54	288	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Hembra	0.0471	134.8985861	144542.0639	8702.357834	692.8991083	1945.576548	80082.16561
55	55	289	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Macho	0.0554	238.8762698	154860.1707	54550.64946	589.0893141	3016.365845	90841.787
56	56	290	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0469	145.3010165	164638.4637	6036.763382	695.8539019	2998.749601	84903.99787
57	57	291	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0927	781.7867031	123712.0282	6979.310388	352.055534	4555.149981	89424.06958
58	58	292	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0392	1848.766005	133074.3828	4234.978584	832.5394898	1912.739219	66738.99872
59	59	293	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0703	1030.890859	172292.7564	6801.67101	464.2325462	1618.684959	114928.6451
60	60	294	Santo Domingo Nuxáa Nochixtlan Oaxaca	Hembra	0.0971	741.3180729	180356.0544	4513.629053	336.1024511	736.3800796	102684.1529
61	61	295	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Hembra	0.3079	233.7836469	126919.0986	3531.825044	105.9939851	167.2913791	128267.4407

W=peso de la muestra

Anexo 4. Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de hueso de la especie *Tadarida brasiliensis*.

NP	ID	ID LAB.	COMUNIDAD	SEXO	W (g)	Cd $\mu\text{g/kg}$	Pb $\mu\text{g/kg}$	Cu $\mu\text{g/kg}$	Mn $\mu\text{g/kg}$
1	1	235	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0324	98.34331759	1258.617709	10564.55044	3597.857921
2	2	236	San Agustin Etla Oaxaca	Macho	0.0496	0	2814.50642	5506.482109	1837.160268
3	3	237	San Agustin Etla Oaxaca	Macho	0.0551	0	4441.188692	7910.814512	1540.927704
4	4	238	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0755	0	0	0	0
5	5	239	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0422	25.38561469	14247.08739	13086.78933	2896.530256
6	6	240	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.082	0	2249.844359	4193.505574	146.1270878
7	7	241	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0927	0	49.17383681	4026.994974	157.8411748
8	8	242	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0525	94.34136314	146.686869	11962.75861	265.0538057
9	9	243	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0721	64.72884612	150.4513963	6325.033573	3449.78979
10	10	244	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0653	31.27286279	0	5499.435528	3759.060368
11	11	245	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0828	63.14967953	0	9077.182029	4062.821558
12	12	246	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0238	115.8911798	0	31255.12979	1247.538687
13	13	247	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0473	45.39190307	11542.43749	13816.24275	1730.414879
14	14	248	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0821	0	0	12470.20935	2214.221985
15	15	249	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0734	17.56042212	70.97599455	21697.62304	4288.72641
16	16	250	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0354	39.71336568	10563.66657	42306.35216	9844.446186
17	17	251	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0658	3.02460636	6396.258784	33445.6808	352.2602439
18	18	252	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0635	0	0	19448.09533	2030.152824
19	19	253	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0555	24.77291257	0	26225.31439	3602.795216
20	20	254	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0722	1.018739439	0	44395.68537	2743.088767
21	21	255	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0602	0	0	50092.97448	5424.116462
22	22	256	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0451	2.793043404	0	30002.53977	3952.708437
23	23	257	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0562	0	0	23983.19847	2827.570356
24	24	258	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0259	53.08481264	13717.52357	60190.42717	4242.507921
25	25	259	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.088	2.09307929	3501.958739	16023.97078	263.2220165
26	26	260	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0842	70.08872966	8355.42554	22113.00432	375.7612589
27	27	261	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0549	101.3914102	14209.10683	21964.15523	3520.367322
28	28	262	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0439	240.2320416	22310.9862	66804.50233	7908.038166
29	29	263	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0732	143.5362544	7262.868176	43226.13241	851.5497705
30	30	264	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0751	29.68964368	8353.01249	17643.74464	302.1684527
31	31	265	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0773	2.780287054	2755.445278	22041.71452	305.5538034
32	32	266	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0281	0	9526.260534	47509.35649	3101.13023
33	33	267	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0388	109.2865385	2346.853608	32479.46758	3443.950844
34	34	268	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0758	0	235.7584828	30460.23487	124.0633358
35	35	269	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0937	74.20763965	0	13147.40142	278.9908911
36	36	270	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0294	0	0	41771.07918	2680.400107
37	37	271	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0482	31.64403797	2911.032106	30424.98243	6267.530742
38	38	272	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.026	22.33251923	10703.4401	43424.70762	2458.131669
39	39	273	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0236	0	15790.80394	49409.67216	7343.874248
40	40	274	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.06	165.2620883	2585.4783	26808.44105	218.2876625

41	41	275	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0504	201.6003464	6990.233482	23186.26583	4968.909926
42	42	276	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0289	68.67737388	17784.74336	38474.26827	2867.726709
43	43	277	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0272	0	2867.569136	37805.41525	1679.390625
44	44	278	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0255	181.6453124	31546.59553	39479.02115	3599.652124
45	45	279	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.045	0	1807.400067	23608.51858	3194.238663
46	46	280	Santiago Nacaltepec, Oax.	Macho	0.0556	30.11921304	4402.377194	17639.70131	2410.658571
47	47	281	Santiago Nacaltepec, Oax.	Macho	0.0483	25.17151335	1335.176025	19274.57359	3178.501118
48	48	282	Santiago Nacaltepec, Oax.	Macho	0.0539	60.74678404	4723.66116	18693.78647	2573.437327
49	49	283	Santiago Nacaltepec, Oax.	Macho	0.0453	0	2655.526656	17853.3674	2297.10143
50	50	284	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Macho	0.036	7.732622083	3490.632	12860.60094	5794.7115
51	51	285	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Macho	0.0329	0	4635.279155	15272.98142	1822.314
52	52	286	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Macho	0.0669	0	2343.116744	13827.28328	1679.073534
53	53	287	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Hembra	0.0256	0	3346.920457	20608.05448	1267.709906
54	54	288	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Hembra	0.0471	0	2248.007637	24164.82123	4602.662166
55	55	289	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Macho	0.0554	0	8437.159381	0	10684.0347
56	56	290	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0469	0	7451.586262	8594.738044	4533.32565
57	57	291	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0927	0	1112.636777	1108.731885	6755.418997
58	58	292	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0.0392	0	3330.895783	0	3334.447802
59	59	293	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0.0703	0	9708.137535	7581.865871	3097.477532
60	60	294	Sto Domingo Nuxáa Nochixtlan Oaxaca	Hembra	0.0971	0	7767.011181	3367.046563	1483.739761
61	61	295	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Hembra	0.3079	0	106.5481315	5672.810571	1546.996832

Donde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W=peso de la muestra.

Anexo 5. Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de pelo de la especie *Desmodus rotundus*.

NP	No MUESTRA	ID	W (g)	LUGAR	SEXO	Zn $\mu\text{g/g}$	Ca $\mu\text{g/g}$	Mg $\mu\text{g/g}$	Na $\mu\text{g/g}$	K $\mu\text{g/g}$	P $\mu\text{g/g}$
1	85	1	0.0119	Sn.Juan Guichicovi,Juchitan	Macho	3040.16379	0.0000	0.50771617	58.0801752	33.0563948	0
2	86	2	0.0135	Sin registro	Hembra	2856.01981	1261.8851	6.88010874	477.41938	69.2099081	0
3	87	3	0.0262	Santa María Guienagati	Macho	1889.06225	344.3010	1.93844308	15.8686617	15.7127013	0
4	88	4	0.0053	San Felipe Tejalapam, Etlá, Oax.	Macho	3548.11536	972.7469	5.14720813	0	27.9053721	0
5	89	5	0.0158	San Felipe Tejalapam, Etlá, Oax.	Hembra	2786.76397	1019.2751	3.13904661	0	26.339587	0
6	90	6	0.0131	San Felipe Tejalapam, Etlá, Oax.	Hembra	2942.75261	747.9677	3.13953435	0	10.3038384	0
7	91	7	0.0085	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlán Oax.	Hembra	3532.78307	349.6659	3.16514183	0	0	0
8	92	8	0.017	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlán Oax.	Macho	3383.03821	417.4820	3.13589103	0	12.3873032	0
9	93	9	0.0336	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlán Oax.	Macho	3399.40577	215.4661	2.44099169	37.2149516	51.8939527	0
10	94	10	0.0149	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlán Oax.	Hembra	3598.75567	3.8592	1.38413911	0	29.9634334	0
11	95	11	0.0151	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlán Oax.	Macho	3120.23632	374.2647	1.61091714	0	28.4738515	0
12	96	12	0.0174	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlán Oax.	Macho	3397.87352	361.4803	3.85169607	108.580741	48.4511971	0
13	97	13	0.0139	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlán Oax.	Macho	3917.06995	316.3639	3.2908794	38.3301987	38.4626894	0
14	98	14	0.0296	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlán Oax.	Macho	2685.28224	178.1532	2.12687513	112.2328	114.630093	0
15	99	15	0.0185	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlán Oax.	Hembra	3559.68994	345.6413	3.83459497	14.2535007	21.1737181	626.756757
16	100	16	0.0125	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlán Oax.	Hembra	3012.25657	372.9885	1.66953011	0	0	560.1
17	101	17	0.0153	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlán Oax.	Macho	0	0.0000	0	0	0	445.343137
18	102	18	0.0105	Zacatepec, Putla, Oax.	Hembra	3008.22252	0.0000	1.48858477	0	29.2710866	854.285714
19	103	19	0.0087	Zacatepec, Putla, Oax.	Macho	3347.25125	0.0000	0.71068022	0	38.801482	0
20	104	20	0.0072	Zacatepec, Putla, Oax.	Hembra	6394.74282	49.7860	3.68897552	0	89.6265284	0
21	105	21	0.0155	Zacatepec, Putla, Oax.	Macho	3223.35219	0.0000	0.9034805	184.981537	89.6799579	0
22	106	22	0.0146	Zacatepec, Putla, Oax.	Macho	2408.54635	0.0000	0.16164	0	17.1152032	0
23	107	23	0.0159	Zacatepec, Putla, Oax.	Hembra	2355.11453	0.0000	0	0	12.3221357	0
24	108	24	0.0091	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Hembra	4049.23732	0.0000	0	0	13.1508437	0
25	109	25	0.019	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Hembra	0	0.0000	0.32703328	0	39.3324806	0
26	110	26	0.0139	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Hembra	0	0.0000	0	0	29.9759531	0
27	111	27	0.0164	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Hembra	0	0.0000	0	0	51.9659086	0
28	112	28	0.0078	Santiago Nacaltepec	Hembra	0	0.0000	0	0	7.67402635	0
29	113	29	0.0183	Santiago Nacaltepec	Hembra	0	0.0000	0.38414012	72.4214939	82.6593211	0
30	114	30	0.0076	Santiago Nacaltepec	Hembra	0	0.0000	0.8530427	0	0	0
31	115	31	0.013	Santiago Nacaltepec	Macho	0	0.0000	1.47053949	25.3975875	53.0073749	0
32	116	32	0.017	San Baltazar Guelavila	Hembra	0	0.0000	0.61825955	33.1077216	57.5222831	0
33	117	33	0.0162	San Pedro Cafetitlan	hembra	0	0.0000	0.80388714	74.2074449	42.5499864	0
34	118	34	0.136	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	84.1188671	204.4667	3.79270241	186.203057	287.652535	175.119485
35	119	35	0.1039	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	94.0891643	0.0000	2.48282205	34.3982238	50.1111492	59.5885467
36	120	36	0.0287	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	0	0.0000	3.66312735	118.280133	234.695853	542.378049
37	121	37	0.0881	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	36.0528163	0.0000	1.39087933	59.9472282	112.096835	340.564699
38	122	38	0.1105	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	47.0721119	208.9416	1.68874706	35.222432	56.802753	33.1221719
39	123	39	0.1115	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	217.448301	376.0472	2.02945354	41.2664251	93.2339994	367.769058
40	124	40	0.089	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	211.114175	290.9611	1.69229598	54.9988942	104.666995	54.1432584

41	125	41	0.1672	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	274.733982	667.9698	4.23281286	58.8046882	117.505201	92.1800239
42	126	42	0.1612	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	244.093813	152.1001	1.2319255	19.156692	40.7022231	61.2980769
43	127	43	0.1273	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	332.544836	361.0225	3.85884371	66.0269031	156.488303	0
44	128	44	0.0866	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	189.272784	253.4947	2.07486086	41.8218512	110.321555	0
45	129	45	0.1141	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	241.122708	98.6751	1.8605	44.0846303	100.515063	66.8821209
46	130	46	0.0148	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	1091.25653	5394.7904	17.7180394	513.616552	812.644731	0
47	131	47	0.0919	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	217.466677	67.3689	1.55368573	54.2356356	91.9241345	120.78346
48	132	48	0.115	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	295.090389	1244.9855	9.4705373	119.254603	249.099392	0
49	133	49	0.1125	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	234.980456	230.4501	2.96581991	96.5119501	223.885851	0
50	134	50	0.1264	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	321.042463	705.1827	6.79718442	106.578365	190.275439	84.1079905
51	135	51	0.11	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	199.393277	160.1113	3.49914062	44.245852	122.458542	0
52	136	52	0.0891	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	191.547669	197.0279	2.26354716	54.5736792	114.158715	0
53	137	53	0.1299	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	198.610843	322.8566	4.7501317	65.5696708	162.601743	0
54	138	54	0.1661	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	238.863101	299.2120	2.44971967	24.352839	93.7465029	0
55	139	55	0.1197	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	255.696468	168.6226	1.91420268	64.3082561	154.858556	0
56	140	56	0.1115	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	202.657642	493.7378	2.66292821	62.1072013	111.115457	258.96861
57	141	57	0.1278	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	185.541597	197.3273	1.40281817	65.9373598	120.928467	0
58	142	58	0.1564	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	228.562879	564.4601	3.07597972	79.3670747	134.647364	73.7292199
59	143	59	0.2153	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	258.877934	249.6037	1.62687504	86.3012699	165.496725	29.1744078
60	144	60	0.099	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	186.561587	178.4713	2.34435099	92.888955	186.080466	266.098485
61	145	61	0.0859	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	190.663764	113.4721	4.77832279	56.2254469	141.31751	91.6763679
62	146	62	0.0917	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	311.135	222.7739	2.8266911	56.9895287	111.997352	140.062704
63	147	63	0.1628	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	199.04992	750.1280	2.20231562	46.5011633	64.5207982	327.664312
64	148	64	0.0577	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	145.154163	16.1842	1.50281203	23.2844672	44.3699299	207.97227
65	149	65	0.0027	Santiago Nacaltepec	Hembra	169.940417	0.0000	0	0	26.1755766	0
66	150	66	0.0074	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Hembra	37.7053946	0.0000	1.21928406	298.050322	138.253803	0

Donde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W=peso de la muestra

Anexo 6. Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de pelo de la especie *Desmodus rotundus*.

NP	No MUESTRA	ID	W (g)	LUGAR	SEXO	Cd $\mu\text{g/kg}$	Pb $\mu\text{g/kg}$	Cu $\mu\text{g/kg}$	Mn $\mu\text{g/kg}$
1	85	1	0.0119	Sn.Juan Guichicovi,Juchitan	Macho	570.777272	7502.59511	0	0
2	86	2	0.0135	Sin registro	Hembra	1308.17039	4969.92377	0	0
3	87	3	0.0262	Santa María Guienagati	Macho	342.282664	1228.61403	17535.0368	0
4	88	4	0.0053	San Felipe Tejalapam, Etlá, Oax.	Macho	231.360876	75259.635	0	0
5	89	5	0.0158	San Felipe Tejalapam, Etlá, Oax.	Hembra	246.163495	10.081655	0	0
6	90	6	0.0131	San Felipe Tejalapam, Etlá, Oax.	Hembra	1508.27397	9086.76231	0	0
7	91	7	0.0085	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan Oax.	Hembra	0	18.7400176	0	0
8	92	8	0.017	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan Oax.	Macho	0	9.37000879	446.405987	0
9	93	9	0.0336	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan Oax.	Macho	244.364515	2254.93504	4478.42327	0
10	94	10	0.0149	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan Oax.	Hembra	166.37054	6084.46214	4005.82426	0
11	95	11	0.0151	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan Oax.	Macho	0	10.5490165	0	0
12	96	12	0.0174	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan Oax.	Macho	0	9.15460629	0	0
13	97	13	0.0139	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan Oax.	Macho	0	11.459723	0	0
14	98	14	0.0296	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan Oax.	Macho	0	3153.81192	0	0
15	99	15	0.0185	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan Oax.	Hembra	0	2279.24225	1523.51671	0
16	100	16	0.0125	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan Oax.	Hembra	255.536038	12.743212	0	0
17	101	17	0.0153	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan Oax.	Macho	0	10.4111209	0	0
18	102	18	0.0105	Zacatepec, Putla, Oax.	Hembra	0	10187.3534	0	0
19	103	19	0.0087	Zacatepec, Putla, Oax.	Macho	0	18.3092126	0	0
20	104	20	0.0072	Zacatepec, Putla, Oax.	Hembra	0	7933.88983	0	0
21	105	21	0.0155	Zacatepec, Putla, Oax.	Macho	0	5389.93697	0	0
22	106	22	0.0146	Zacatepec, Putla, Oax.	Macho	0	3438.59098	0	0
23	107	23	0.0159	Zacatepec, Putla, Oax.	Hembra	0	4765.14574	0	0
24	108	24	0.0091	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Hembra	0	11497.0907	0	0
25	109	25	0.019	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Hembra	0	475.676122	8893.58308	1194.26046
26	110	26	0.0139	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Hembra	0	889.045386	8040.42734	0
27	111	27	0.0164	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Hembra	0	481.225859	5362.73968	0
28	112	28	0.0078	Santiago Nacaltepec	Hembra	0	2374.48652	3247.86832	0
29	113	29	0.0183	Santiago Nacaltepec	Hembra	0	1312.17457	3100.16685	1239.94255
30	114	30	0.0076	Santiago Nacaltepec	Hembra	0	1539.10965	7333.25144	0
31	115	31	0.013	Santiago Nacaltepec	Macho	0	406.180185	4333.30302	0
32	116	32	0.017	San Baltazar Guelavila	Hembra	0	1251.0616	5202.7129	1334.76169
33	117	33	0.0162	San Pedro Cafetitlan	hembra	0	1322.89109	6213.72318	0
34	118	34	0.136	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	4.6564677	136.183786	4847.39772	155.177312
35	119	35	0.1039	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	34.0379186	154.083898	3944.45295	65.1963306
36	120	36	0.0287	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	0	708.523301	2898.0355	0
37	121	37	0.0881	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	0	338.16593	4114.00387	363.227875
38	122	38	0.1105	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	0	17.0512457	3531.11308	428.922866
39	123	39	0.1115	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	69.7848455	118.175643	2977.11378	280.771377
40	124	40	0.089	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	12.2554956	163.026342	2729.75569	317.106318

41	125	41	0.1672	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	0	8.39321607	4943.93818	408.792255
42	126	42	0.1612	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	12.4534861	38.8380704	5633.99437	328.731613
43	127	43	0.1273	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	28.9431856	64.9907391	3805.32302	333.291599
44	128	44	0.0866	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	13.1240528	118.555951	6282.13675	128.744244
45	129	45	0.1141	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	19.6941641	116.167765	3485.36762	237.099173
46	130	46	0.0148	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	75.0014461	584.813207	21637.2188	1657.429
47	131	47	0.0919	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	14.3902719	187.609265	4661.86755	298.077086
48	132	48	0.115	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	0	0	6778.17064	585.868196
49	133	49	0.1125	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	11.2826341	51.6236663	4096.35698	90.2886688
50	134	50	0.1264	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	4.50672023	0	3627.77236	226.322178
51	135	51	0.11	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	31.7479948	80.7701647	3666.58845	130.275751
52	136	52	0.0891	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	5.91012587	82.5988825	3864.14834	229.542924
53	137	53	0.1299	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	6.74802558	22.2187756	3852.55639	671.822024
54	138	54	0.1661	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	8.0783268	13.7979805	1237.40535	369.50838
55	139	55	0.1197	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	2.04640711	19.4565208	3167.38355	202.398355
56	140	56	0.1115	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	2.65667091	6.96138283	2755.75631	205.24988
57	141	57	0.1278	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	7.3786532	0	4144.62232	592.003372
58	142	58	0.1564	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	0.44226044	0	4633.17375	105.240696
59	143	59	0.2153	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	6.87945893	0	5114.38713	204.897992
60	144	60	0.099	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	6.79801529	0	4513.56234	721.466209
61	145	61	0.0859	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	5.7924103	0	4552.98874	411.38957
62	146	62	0.0917	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Macho	3.5958395	0	4418.23699	186.755527
63	147	63	0.1628	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	34.0775819	0	4558.66704	217.211212
64	148	64	0.0577	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	Hembra	5.21674739	0	3710.77819	423.051226
65	149	65	0.0027	Santiago Nacaltepec	Hembra	0	0	0	0
66	150	66	0.0074	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Hembra	0	0	63291.6942	1016.60786

Donde 0 representa valores por debajo del límite de detección del rango de calibración.

W: peso de la muestra.

Anexo 7. Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUUV) en las muestras de pelo de la especie *Tadarida brasiliensis*.

NP	No MUESTRA	ID	W (g)	LUGAR	SEXO	Zn $\mu\text{g/g}$	Ca $\mu\text{g/g}$	Mg $\mu\text{g/g}$	Na $\mu\text{g/g}$	K $\mu\text{g/g}$	P $\mu\text{g/g}$
1	51	1	0.0073	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	2823.53742	315.8278	4.62149303	489.142979	264.831723	0
2	52	2	0.0069	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	1821.10382	0.0000	0.2424988	1032.01701	546.636809	0
3	53	3	0.0108	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	2327.80394	0.0000	1.32212178	270.7939	208.43669	0
4	54	4	0.0069	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	2463.20471	0.0000	4.58304002	276.448096	147.257263	0
5	55	5	0.0034	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	2251.53461	708.5069	4.91892115	647.692152	287.317679	0
6	56	6	0.0061	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	3865.81391	0.0000	10.5151349	989.111371	565.478498	0
7	57	7	0.0086	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	4206.59511	204.6169	3.29081447	447.349348	81.0718369	0
8	58	8	0.0026	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	405.477101	0.0000	5.70762906	557.615793	65.3980263	0
9	59	9	0.0032	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	199.029968	0.0000	0.02680819	11.2052515	6.65181703	0
10	60	10	0.0055	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	3386.28596	218.5919	5.58232925	1118.93369	385.806248	0
11	61	11	0.0074	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	2659.39742	6.4208	2.81082036	273.947905	169.255729	0
12	62	12	0.0055	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	2652.59972	882.3806	7.03635578	763.568138	213.644517	0
13	63	13	0.0068	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	2261.9208	2986.5429	4.05410738	634.522268	264.322943	0
14	64	14	0.0075	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	2100.88373	0.0000	5.92687598	1869.68448	594.251592	0
15	65	15	0.0055	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	2037.92224	33.8797	3.6407922	1499.90774	478.276784	0
16	66	16	0.0069	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	890.235795	0.0000	1.73995872	369.47922	184.929991	0
17	67	17	0.0093	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	1046.62391	0.0000	0.17553863	885.282916	405.839197	0
18	68	18	0.0081	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	772.823455	0.0000	0.2391383	587.585378	125.751717	0
19	69	19	0.0061	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	437.180594	0.0000	0	310.009975	96.5407271	0
20	70	20	0.0065	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	1589.80238	0.0000	0	384.286998	117.596177	0
21	71	21	0.0072	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	1598.12409	0.0000	0	248.347875	64.1785252	0
22	72	22	0.0086	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	3591.83832	0.0000	0.93728926	1467.88268	166.049219	0
23	73	23	0.0101	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	662.686834	0.0000	0	173.31419	73.2333465	0
24	74	24	0.0038	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	1328.81082	0.0000	0	1594.7279	369.643987	0
25	75	25	0.011	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	1293.25739	0.0000	0	1412.05944	125.834677	0
26	76	26	0.0071	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	1639.8861	0.0000	0	720.06536	253.537602	0
27	77	27	0.0022	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	6275.35272	0.0000	0	1326.18747	205.664675	0
28	78	28	0.0034	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	0.0000	0	596.070004	72.1378469	0
29	79	29	0.0074	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Macho	936.031389	0.0000	3.6483131	498.294418	166.179945	0
30	80	30	0.0125	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Hembra	3320.33729	347.3012	3.06758372	551.87139	220.955068	0
31	81	31	0.0038	Santiago Tenango, Etla, Oax.	Hembra	1881.22072	0.0000	0	404.245311	217.010121	0
32	82	32	0.0053	San Agustín Etla Oaxaca	Macho	2434.75668	169.2070	0	690.252195	316.896541	0
33	83	33	0.003	San Agustín Etla Oaxaca	Macho	1149.29588	0.0000	0	736.80468	437.041522	0
34	84	34	0.0082	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	1310.34601	0.0000	0	1038.13224	356.997222	0

Dónde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W= peso de la muestra.

Anexo 8. Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de pelo de la especie *Tadarida brasiliensis*.

NP	No MUESTRA	ID	W (g)	LUGAR	SEXO	Cd $\mu\text{g/kg}$	Pb $\mu\text{g/kg}$	Cu $\mu\text{g/kg}$	Mn $\mu\text{g/kg}$
1	51	1	0.0073	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	195.920363	22000.9706	55640.6295	935.068151
2	52	2	0.0069	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	22345.8809	32781.1657	0
3	53	3	0.0108	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0	12072.8188	48656.6172	0
4	54	4	0.0069	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	17694.8527	32363.533	0
5	55	5	0.0034	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	28189.554	44669.4922	0
6	56	6	0.0061	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	1375.81911	33614.0344	47387.8313	0
7	57	7	0.0086	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0	15220.3909	189031.406	0
8	58	8	0.0026	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	103652.82	803673.317	0
9	59	9	0.0032	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	8132.5695	72984.0652	0
10	60	10	0.0055	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	20636.288	56160.117	0
11	61	11	0.0074	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0	7738.8931	33722.9317	0
12	62	12	0.0055	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	402.961827	24258.9282	109270.321	0
13	63	13	0.0068	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	0	51468.1661	0
14	64	14	0.0075	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	11976.3031	39866.3826	0
15	65	15	0.0055	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0	17534.0365	75369.5089	7961.43341
16	66	16	0.0069	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0	7440.99007	50673.1241	209.701978
17	67	17	0.0093	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	0	36668.199	0
18	68	18	0.0081	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	11389.176	37597.4937	0
19	69	19	0.0061	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0	17535.6083	164989.175	0
20	70	20	0.0065	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	23.1062677	18787.946	69576.5254	0
21	71	21	0.0072	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	19209.9253	60062.1973	0
22	72	22	0.0086	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	15766.8396	34856.8036	0
23	73	23	0.0101	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0	10929.6643	21445.2163	0
24	74	24	0.0038	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0	21591.3911	65978.5839	0
25	75	25	0.011	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	10035.419	10623.6203	0
26	76	26	0.0071	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Hembra	0	18575.4514	37520.2403	0
27	77	27	0.0022	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	55969.4897	165475.753	0
28	78	28	0.0034	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	0	12401.7593	54603.337	0
29	79	29	0.0074	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Macho	2355.06765	21082.4838	23565.5225	0
30	80	30	0.0125	Sta. Catarina Lachatao, Ixtlan, Oax.	Hembra	0	18652.5169	19659.5601	0
31	81	31	0.0038	Santiago Tenango, Etlá, Oax.	Hembra	237.974878	33446.6721	11662.5524	0
32	82	32	0.0053	San Agustín Etlá Oaxaca	Macho	1362.28309	22849.4383	20025.7457	0
33	83	33	0.003	San Agustín Etlá Oaxaca	Macho	3284.45418	36420.2357	0	0
34	84	34	0.0082	Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca	Macho	368.080034	14643.1394	3207.56211	0

Dónde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W= peso de la muestra.

Anexo 9. Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de hígado de la especie *Desmodus rotundus*.

NP	No MUESTRA	ID LAB	W (g)	LUGAR	SEXO	Zn $\mu\text{g/g}$	Ca $\mu\text{g/g}$	Mg $\mu\text{g/g}$	Na $\mu\text{g/g}$	K $\mu\text{g/g}$	P $\mu\text{g/g}$
1	1	193	0.2354	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1263.19558	20.3141906	8.58628367	3521.7994	8997.81748	2942.73046
2	2	194	0.1269	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	1578.95694	138.683975	10.2074794	3468.7043	10126.6928	2638.88889
3	3	195	0.1899	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1044.29139	60.8304304	7.76883631	3368.17261	8865.27756	2552.33017
4	4	196	0.4287	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	801.067168	36.9401938	11.15411	2136.3093	5784.49237	2408.58992
5	5	197	0.1087	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1100.45817	104.715975	19.9348172	4050.93709	11327.6236	2928.93284
6	6	198	0.1087	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1369.89721	125.960815	4.39867181	4638.68452	11763.2589	2603.78335
7	7	199	0.1031	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	1205.61848	123.279966	4.20423868	3938.70906	10957.8138	3001.63676
8	8	200	0.0851	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1262.93335	391.612709	15.3229565	3836.05271	11260.9727	2819.10987
9	9	201	0.2868	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	753.676932	157.297912	7.81743162	3529.98048	7435.4519	2335.57793
10	10	202	0.1752	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	935.154932	127.370289	10.3375356	3534.39582	9903.83871	2647.68836
11	11	203	0.0965	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1323.40239	179.287245	15.8648814	4380.65273	12422.1387	3029.14508
12	12	204	0.1119	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	915.296755	160.171886	11.5599455	4318.04877	11195.8525	2435.48928
13	13	205	0.2405	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1031.68347	124.143027	26.6779041	4830.65764	9019.46512	2911.90229
14	14	206	0.152	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1570.11586	195.746473	19.6335477	4916.46608	11013.6171	2828.53618
15	15	207	0.1673	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1144.28017	142.43977	20.9590334	3545.37884	10721.1215	2682.49402
16	16	208	0.1139	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	1131.08118	167.491354	21.1657382	3994.73691	11706.1169	2918.67867
17	17	209	0.1601	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1874.78446	225.362049	16.2288445	3353.33447	11057.9916	2804.302
18	18	210	0.2307	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	876.897022	132.902267	11.590536	3278.58535	9053.86988	2868.9857
19	19	211	0.156	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	1153.80963	166.411159	19.5348887	3669.21174	11317.2588	3124.39904
20	20	212	0.0676	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1512.82011	230.526872	13.2964762	2992.08409	10245.4149	2318.78698
21	21	213	0.0708	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1640.48007	230.535057	12.047818	3566.44547	11608.0707	2474.8411
22	22	214	0.1383	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1041.59427	180.746068	15.7313051	3521.70464	9559.75344	2203.09111
23	23	215	0.1657	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1164.83875	114.561081	13.3093714	3329.97627	10176.4008	2642.19976
24	24	216	0.1922	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1088.54387	442.340682	22.54039	4040.22662	10194.7241	2645.68158
25	25	217	0.2254	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	811.334587	236.064841	9.95990872	3566.6567	8243.82103	2358.30745
26	26	218	0.1293	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1276.62334	134.923784	24.3171826	4064.9292	12493.1068	2631.96056
27	27	219	0.1942	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	1118.23614	117.299777	16.3767355	3503.36387	9497.84989	2455.26519
28	28	220	0.1183	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	971.630688	140.677578	19.537698	2791.14495	10056.8995	2707.10059
29	29	221	0.1084	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	738.416411	146.003722	5.02359406	3814.80526	12067.5877	2651.63745
30	30	222	0.0593	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	1299.79333	187.610269	0	5075.91546	12607.3529	3574.51518
31	31	223	0.1632	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	813.003893	130.35332	5.15704134	3227.01103	9379.2676	2362.13235

Dónde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W= peso de la muestra.

Anexo 10. Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de hígado de la especie *Desmodus rotundus*.

NP	No MUESTRA	ID LAB	W (g)	LUGAR	SEXO	Cd $\mu\text{g/kg}$	Pb $\mu\text{g/kg}$	Cu $\mu\text{g/kg}$	Mn $\mu\text{g/kg}$
1	1	193	0.2354	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	9.13911327	173.875028	9236.6385	253.461505
2	2	194	0.1269	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	19.9266495	195.340437	9029.09565	495.95303
3	3	195	0.1899	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	6.86941263	117.254329	9541.09201	427.132233
4	4	196	0.4287	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	6.63337638	68.5807148	3527.89485	378.409993
5	5	197	0.1087	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	11.7829926	200.204006	16441.2143	353.115276
6	6	198	0.1087	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	19.7486146	98.7761534	9458.92125	396.076845
7	7	199	0.1031	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	75.8329728	95.7540754	7849.85981	0
8	8	200	0.0851	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	38.6652137	702.819546	15252.6457	105.455896
9	9	201	0.2868	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	17.6893257	66.5828064	7831.27358	169.362571
10	10	202	0.1752	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	16.0657431	61.0395823	14991.7301	241.782057
11	11	203	0.0965	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	17.3754183	130.98197	10548.0892	167.358836
12	12	204	0.1119	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	87.3289383	91.7048646	12398.6108	185.742999
13	13	205	0.2405	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	42.3196299	80.7210758	13256.7121	478.159851
14	14	206	0.152	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	158.766457	110.178884	13972.5192	341.45563
15	15	207	0.1673	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	45.5915839	170.741545	12884.972	337.559131
16	16	208	0.1139	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	32.7293631	143.870845	13021.9747	168.952762
17	17	209	0.1601	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	25.4274616	164.467178	15515.1862	367.84919
18	18	210	0.2307	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	21.3484131	85.3994782	11540.0803	120.604527
19	19	211	0.156	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	48.3045669	111.973018	11159.2102	222.968528
20	20	212	0.0676	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	19.6698882	105.964295	10112.6739	192.909419
21	21	213	0.0708	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	40.4219727	115.424134	19967.2503	188.592417
22	22	214	0.1383	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	79.5901274	535.322007	17485.7001	121.258875
23	23	215	0.1657	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	21.6832642	71.497275	12876.9624	656.827502
24	24	216	0.1922	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	16.382715	101.381246	12255.8744	240.957191
25	25	217	0.2254	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	12.2992274	50.9618337	7998.36406	88.1124783
26	26	218	0.1293	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	18.9512173	82.7079259	15262.2372	556.783167
27	27	219	0.1942	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	14.9793869	75.104971	10834.7039	346.739591
28	28	220	0.1183	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	26.5373861	149.232889	20368.2168	442.85053
29	29	221	0.1084	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	36.145579	275.20683	9175.40722	75.0623286
30	30	222	0.0593	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	29.8950493	325.659967	17742.5262	0
31	31	223	0.1632	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	12.3884365	105.084748	10558.3752	227.241547

Dónde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W= peso de la muestra.

Anexo 11. Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de hígado de la especie *Tadarida brasiliensis*.

NP	No MUESTRA	ID LAB	W (g)	LUGAR	Zn $\mu\text{g/g}$	Ca $\mu\text{g/g}$	Mg $\mu\text{g/g}$	Na $\mu\text{g/g}$	K $\mu\text{g/g}$	P $\mu\text{g/g}$
1	2.1 T. brasiliensis	184	0.1344	San Pedro Totolapam	1716.45162	144.400023	25.8115587	1983.8471	6865.18166	2016.60156
2	3.1 T. brasiliensis	185	0.1365	Santa Cruz Xoxocotlán	1408.36203	0	7.87627699	2703.03006	7647.33867	2946.42857
3	4.4 T. brasiliensis	186	0.1331	Santa Cruz Xoxocotlán	1267.66212	0	7.31706679	2478.03067	7860.87657	2815.31743
4	5.2 T. brasiliensis	187	0.1172	Santa Cruz Xoxocotlán	1387.08734	0	6.3518224	1978.71673	8932.73403	2995.68046
5	6.2 T. brasiliensis	188	0.1222	Santa Cruz Xoxocotlán	1051.17392	0	4.19886149	2364.48712	7451.08134	2596.15385
6	7.4 T. brasiliensis	189	0.1341	Santa Cruz Xoxocotlán	1039.54831	0	5.36274515	2676.31711	8306.69271	2490.21253
7	8.3 T. brasiliensis	190	0.0935	Santa Cruz Xoxocotlán	950.843812	12.946246	7.50411187	4177.19873	5519.38391	2129.67914
8	9.3 T. brasiliensis	191	0.0357	Santa Cruz Xoxocotlán	1380.42692	28.0120855	128.048813	4285.4774	4759.70676	3012.07983
9	10.1 T. brasiliensis	192	0.0602	Santa Cruz Xoxocotlán	1389.36444	150.767506	92.9977011	2550.6531	5889.02243	2633.40947

Dónde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W= peso de la muestra.

Anexo 12. Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de hígado de la especie *Tadarida brasiliensis*.

NP	No MUESTRA	ID LAB	W (g)	LUGAR	Cd $\mu\text{g/kg}$	Pb $\mu\text{g/kg}$	Cu $\mu\text{g/kg}$	Mn $\mu\text{g/kg}$
1	2.1 T. brasiliensis	184	0.1344	San Pedro Totolapam	189.835694	187.656717	24499.2157	4201.59059
2	3.1 T. brasiliensis	185	0.1365	Santa Cruz Xoxocotlán	233.104409	137.257492	8716.2792	2308.96646
3	4.4 T. brasiliensis	186	0.1331	Santa Cruz Xoxocotlán	286.480286	162.961047	8351.52533	1753.82061
4	5.2 T. brasiliensis	187	0.1172	Santa Cruz Xoxocotlán	284.585393	186.913772	12753.8362	4024.57486
5	6.2 T. brasiliensis	188	0.1222	Santa Cruz Xoxocotlán	135.004721	136.218503	7092.30811	1801.61027
6	7.4 T. brasiliensis	189	0.1341	Santa Cruz Xoxocotlán	171.462797	121.443699	7517.53374	1861.60512
7	8.3 T. brasiliensis	190	0.0935	Santa Cruz Xoxocotlán	73.5638368	127.165023	7423.66099	1312.19242
8	9.3 T. brasiliensis	191	0.0357	Santa Cruz Xoxocotlán	224.034186	98.9061504	6686.34639	1322.06568
9	10.1 T. brasiliensis	192	0.0602	Santa Cruz Xoxocotlán	51.2222457	154.414674	7065.28921	705.304236

Dónde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W= peso de la muestra.

Anexo 13. Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de riñón de la especie *Desmodus rotundus*.

No MUESTRA	ID LAB	W (g)	LUGAR	SEXO	Zn $\mu\text{g/g}$	Ca $\mu\text{g/g}$	Mg $\mu\text{g/g}$	Na $\mu\text{g/g}$	K $\mu\text{g/g}$	P $\mu\text{g/g}$
1	230	0.0686	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	836.213165	20.6804201	0	3824.10151	11183.4477	2910.8965
2	231	0.0763	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	578.237188	49.7181484	0	3662.70393	10330.5531	2366.481
3	232	0.1428	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	703.020867	164.17164	3.09807014	3925.42542	10522.2653	2650.9979
4	233	0.1035	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	697.721671	52.8183582	2.81828217	4028.99133	9911.76829	2452.89855
5	234	0.0351	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	0	14.0132836	0	4108.6149	10598.8167	2534.72222
6	235	0.0722	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	558.768561	24.4144488	0	4611.84715	12583.6568	2685.24931
7	236	0.0154	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	0	270.980008	7.5468553	3599.45163	9698.92376	1241.88312
8	237	0.0592	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	137.345111	60.8932433	0	3519.49138	10382.0359	2022.27618
9	238	0.104	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	475.727444	139.429035	0	3090.19739	8595.93568	1897.53606
10	239	0.0637	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	333.541744	3.92906432	0	3424.44903	10627.4729	2706.53454
11	240	0.0162	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1714.54044	0	0	4138.83621	10450.4142	3738.42593
12	241	0.0683	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	497.953051	66.5062758	0	4214.49463	10712.2941	2282.66837
13	242	0.5884	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	11.9001411	0	0	277.431607	629.784131	142.282036
14	243	0.0688	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1281.97398	8.28582961	0	4278.06095	10610.3602	2704.85102
15	244	0.0436	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1724.8244	33.6883092	0	3448.05628	10616.4087	2137.32798
16	245	0.0419	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	756.083512	0	0	3982.49562	11721.9445	2635.73986
17	246	0.0464	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1095.06978	60.7663314	0	3396.33206	10965.5144	2351.8319
18	247	0.0679	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	645.977418	94.2732803	0	2825.11764	9846.76886	2311.30339
19	248	0.0359	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	751.831093	18.7577559	12.9475135	3526.9486	9494.07776	2112.63928
20	249	0.0267	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	750.145464	0	10.847448	3673.74051	10309.0894	2015.44944
21	250	0.0206	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1069.52965	0	2.78093392	3279.13012	9380.05977	514.259709
22	251	0.0713	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	1143.20585	48.0115726	7.21385662	3925.12381	10660.1124	2433.81837
23	252	0.0726	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	752.487921	1.47862614	6.04580794	3631.64912	11677.1933	2773.76033
24	253	0.0714	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	740.164625	87.074253	10.4819108	3548.94064	10493.8201	2433.03571
25	254	0.0578	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	582.082551	115.512525	8.31757771	4015.28942	10084.6478	2274.00519
26	255	0.0539	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	752.1753	3.34919485	9.89585898	3590.24701	10532.6862	2438.5436
27	256	0.0592	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	568.037274	0	13.1177014	3353.12554	9310.13797	0
28	257	0.0445	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	2493.24347	38.5260347	13.3847846	5670.05687	19114.4579	2435.39326
29	258	0.0637	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	904.558991	42.2106925	14.3097406	3559.22091	11640.0854	2566.719
30	259	0.0457	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	501.464262	47.6822714	14.7037574	4634.41894	12490.6256	2476.06674
31	260	0.0672	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	656.15567	12.939317	9.52792242	3494.12299	10019.298	2723.21429

Dónde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W= peso de la muestra.

Anexo 14. Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de riñón de la especie *Desmodus rotundus*.

No MUESTRA	ID LAB	W (g)	LUGAR	SEXO	Cd $\mu\text{g/kg}$	Pb $\mu\text{g/kg}$	Cu $\mu\text{g/kg}$	Mn $\mu\text{g/kg}$
1	230	0.0686	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	9.13911327	173.875028	9236.6385	253.461505
2	231	0.0763	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	19.9266495	195.340437	9029.09565	495.95303
3	232	0.1428	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	6.86941263	117.254329	9541.09201	427.132233
4	233	0.1035	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	6.63337638	68.5807148	3527.89485	378.409993
5	234	0.0351	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	11.7829926	200.204006	16441.2143	353.115276
6	235	0.0722	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	19.7486146	98.7761534	9458.92125	396.076845
7	236	0.0154	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	75.8329728	95.7540754	7849.85981	0
8	237	0.0592	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	38.6652137	702.819546	15252.6457	105.455896
9	238	0.104	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	17.6893257	66.5828064	7831.27358	169.362571
10	239	0.0637	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	16.0657431	61.0395823	14991.7301	241.782057
11	240	0.0162	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	17.3754183	130.98197	10548.0892	167.358836
12	241	0.0683	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	87.3289383	91.7048646	12398.6108	185.742999
13	242	0.5884	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	42.3196299	80.7210758	13256.7121	478.159851
14	243	0.0688	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	158.766457	110.178884	13972.5192	341.45563
15	244	0.0436	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	45.5915839	170.741545	12884.972	337.559131
16	245	0.0419	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	32.7293631	143.870845	13021.9747	168.952762
17	246	0.0464	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	25.4274616	164.467178	15515.1862	367.84919
18	247	0.0679	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	21.3484131	85.3994782	11540.0803	120.604527
19	248	0.0359	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	48.3045669	111.973018	11159.2102	222.968528
20	249	0.0267	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	19.6698882	105.964295	10112.6739	192.909419
21	250	0.0206	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	40.4219727	115.424134	19967.2503	188.592417
22	251	0.0713	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	79.5901274	535.322007	17485.7001	121.258875
23	252	0.0726	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	21.6832642	71.497275	12876.9624	656.827502
24	253	0.0714	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	16.382715	101.381246	12255.8744	240.957191
25	254	0.0578	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	12.2992274	50.9618337	7998.36406	88.1124783
26	255	0.0539	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	18.9512173	82.7079259	15262.2372	556.783167
27	256	0.0592	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	14.9793869	75.104971	10834.7039	346.739591
28	257	0.0445	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	HEMBRA	26.5373861	149.232889	20368.2168	442.85053
29	258	0.0637	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	36.145579	275.20683	9175.40722	75.0623286
30	259	0.0457	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	29.8950493	325.659967	17742.5262	0
31	260	0.0672	San Antonio Ocotlán, Oaxaca	MACHO	12.3884365	105.084748	10558.3752	227.241547

Dónde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W= peso de la muestra.

Anexo 15. Concentraciones de los elementos Zn, Ca, Mg, Na y K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por atomizador de flama y concentraciones de P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) analizado en el Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible (EUV) en las muestras de riñón de la especie *Tadarida brasiliensis*.

NP	No MUESTRA	ID LAB	W (g)	LUGAR	Zn $\mu\text{g/g}$	Ca $\mu\text{g/g}$	Mg $\mu\text{g/g}$	Na $\mu\text{g/g}$	K $\mu\text{g/g}$	P $\mu\text{g/g}$
1	1.1 T. brasiliensis	224	0.164	San Pedro Totolapam	1063.07461	145.510014	25.4693423	2351.0986	7978.73975	1823.55183
2	3.4 T. brasiliensis	225	0.0243	Santa Cruz Xoxocotlán	602.720605	0	0	3338.19309	8316.98977	2006.17284
3	4.1 T. brasiliensis	226	0.0325	Santa Cruz Xoxocotlán	191.687714	0	0	6294.61911	13813.0594	2627.88462
4	5.1 T. brasiliensis	227	0.0332	Santa Cruz Xoxocotlán	0	0	0	2621.31129	9178.10207	2643.07229
5	6.1 T. brasiliensis	228	0.0344	Santa Cruz Xoxocotlán	0	50.169148	0	2908.27167	7352.73405	2005.81395
6	7.1 T. brasiliensis	229	0.0318	Santa Cruz Xoxocotlán	609.510703	103.657293	0	3336.50579	8701.62319	2013.56132

Dónde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W= peso de la muestra.

Anexo 16. Concentraciones de los elementos Cd, Pb, Cu y Mn ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) analizados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) por horno de grafito en las muestras de riñón de la especie *Tadarida brasiliensis*.

NP	No MUESTRA	ID LAB	W (g)	LUGAR	Cd $\mu\text{g/kg}$	Pb $\mu\text{g/kg}$	Cu $\mu\text{g/kg}$	Mn $\mu\text{g/kg}$
1	1.1 T. brasiliensis	224	0.164	San Pedro Totolapam	144.470385	108.087263	32036.9597	4464.79972
2	3.4 T. brasiliensis	225	0.0243	Santa Cruz Xoxocotlán	830.853278	394.383156	11786.2513	0
3	4.1 T. brasiliensis	226	0.0325	Santa Cruz Xoxocotlán	1012.77935	372.480519	10757.1047	0
4	5.1 T. brasiliensis	227	0.0332	Santa Cruz Xoxocotlán	603.575123	314.705799	12150.2612	254.547398
5	6.1 T. brasiliensis	228	0.0344	Santa Cruz Xoxocotlán	315.617458	408.46634	9867.59245	0
6	7.1 T. brasiliensis	229	0.0318	Santa Cruz Xoxocotlán	1043.1365	3324.27017	10481.2793	0

Dónde 0 representa valores bajo el límite de detección del rango de calibración.

W= peso de la muestra.

Anexo 17. Tasa de recuperación (R) y RSD% de las concentraciones de metales traza en muestra de pelo humano (ERM®-DB001) con valores de certificación (Media  $\pm$  Desviación estándar) y valores determinados en este estudio para la muestra.

Elemento traza	Media $\pm$ DS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )		R (%)**	RSD (%)
	Valor certificado*	Valor evaluado		
Zinc (Zn)	209 $\pm$ 12	140.38 $\pm$ 6.78	67.17	5.25
Cobre (Cu)	33 $\pm$ 4	26.81 $\pm$ 0.93	81.24	7.8
Cadmio (Cd)	0.125 $\pm$ 0.007	0.159 $\pm$ 0.004	127.2	4.05
Plomo (Pb)	2.14 $\pm$ 0.20	0.004 $\pm$ 0.001	0.187	0.17

\* Human hair ERM®-DB001 from Joint Research Centre – Institute for Reference Materials and Measurements

$$** R = \frac{\text{Valor evaluado}}{\text{Valor certificado}} \times 100$$