

PALEODIETA



EL ESTUDIO DE ELEMENTOS TRAZA EN RESTOS  
ARQUEOZOOLOGICOS Y SU EMPLEO  
EN LA RECONSTRUCCIÓN DE PALEODIETAS

Raúl Valadez Azúa, Samuel Tejeda Vega\*  
Graciela Zarazúa Ortega\*, Leticia Carapia Morales\*  
y Mario Casas Castillo\*

*Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM*

*\*Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Departamento de estudios del ambiente*

RESUMEN

La reconstrucción de paleodietas ha sido, desde hace mucho, tema importante para la antropología mexicana, por la fuerte controversia que existe acerca de si las comunidades mesoamericanas tenían acceso a suficientes fuentes de proteína animal dentro de su dieta. Desde 1997, investigadores del Departamento de Estudios del Ambiente del ININ y del Laboratorio de Paleozoología del IIA de la UNAM han reunido sus esfuerzos para adaptar a las condiciones ambientales mexicanas un modelo que permite definir niveles de consumo de carne a partir de la acumulación de elementos traza en el hueso (principalmente estroncio y zinc). La fase inicial de estudio empleó ejemplares silvestres arqueozoológicos del valle de Teotihuacan, con los cuales se relacionó cantidad de elementos traza y posición trófica. Los resultados demostraron una correspondencia entre ambas variables; por tanto, la posibilidad de emplear el modelo con organismos cuya dieta desconocemos, por ejemplo especies domésticas o seres humanos. Al aplicarlo a perros teotihuacanos fue posible definir diferentes patrones de consumo de carne y su relación con el manejo que tuvieron por parte de sus dueños. Estos resultados demuestran el potencial de estas investigaciones para el reconocimiento de paleodietas y su importancia dentro de la paleoantropología.

PALABRAS CLAVE: paleodieta, arqueozoología, alimentación.

## ABSTRACT

Paleodieta reconstruction has been, for a lot time, an important item for Mexican anthropology, for the strong controversy that exists about if the Mesoamerican communities had access to enough sources of animal protein for their diet. From 1997, investigators of the Department of Studies of the Atmosphere of the ININ and the Paleozoology Laboratory of the IIA, UNAM, have gathered their efforts to adapt Mexican environmental conditions to a model that allows us to define levels of meat consumption starting from the accumulation of elements appearance in the bone (mainly Strontium and Zinc). The initial phase of study used wild archaeozoological samples from Teotihuacan Valley which were related quantity of elements appearance and trophic position. The results demonstrated a correspondence among both variables, therefore the possibility to use the pattern with organisms whose diet ignores, for example domestic species of human beings. When applying it to Teotihuacan dogs it was possible to define different patterns of meat consumption and their owners. The results demonstrate the potential of these investigations for the paleodiet recognition and their importance inside the bioanthropology and paleoanthropology.

KEY WORDS: paleodiet, archaeozoology, alimentation, proteins.

## INTRODUCCIÓN

La búsqueda de datos con respecto a cómo se alimentaban los antiguos mexicanos, sobre todo por lo que se refiere al aporte de carne, ha sido siempre un tema de discusión. Más allá del aspecto de si estaban adecuadamente nutridos, existe la gran interrogante sobre si la carne era parte normal de su dieta.

Si tratamos de responder esta interrogante a partir del recurso animal disponible, generalmente contamos con largas listas de especies silvestres y domésticas que eran utilizadas como alimento, desde los insectos hasta los perros. El valor que se da a este listado faunístico es variable, pues algunos como Sanders y colaboradores (1979) consideraron que la carne no era un recurso accesible para las comunidades humanas que habitaron la Cuenca de México, mientras que otros estudios muestran exactamente lo opuesto (Valadez 1992).

En segundo lugar contamos con la información derivada de la arqueozoología. A través de ella podemos concluir que la fauna fue empleada extensamente como alimento, aunque ciertamente es imposible pasar

de lo cualitativo a lo cuantitativo, pues sabemos que los materiales recuperados representan sólo una pequeña fracción de todos los organismos utilizados en nuestro sitio de estudio (Valadez 1993).

Finalmente, debemos concluir que el dato faunístico, manejado en términos de abundancia, productividad o registro arqueológico, aunque posee importancia como indicador de patrones de subsistencia, no demuestra por sí solo que las personas que vivieron en el sitio estudiado tuvieron una dieta rica o pobre en carne, más aún si tenemos frente a nosotros evidencia de niveles sociales o económicos que podían conducir a patrones predeterminados de alimentación.

Los estudios osteológicos generalmente incluyen la determinación de padecimientos cuyo origen puede estar relacionado con niveles nutricionales (Civera 1993; Serrano y Lagunas 1975; Serrano y Castillo 1984; Storey 1983; Torres 1995). Indudablemente, los resultados son importantes en cuanto muestran la existencia de enfermedades derivadas de posibles problemas alimentarios, aunque debemos recordar que la ausencia de carne en una dieta no implica necesariamente alimentación inadecuada, por lo que persistiría la duda de hasta dónde la carne era un recurso disponible.

#### PRINCIPIOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS RELACIONADOS CON EL USO DE ELEMENTOS TRAZA COMO INDICADORES DE PATRONES ALIMENTARIOS

Los huesos son un buen reflejo de información metabólica, dietética y hormonal; permiten estimar los hábitos alimentarios a partir de la determinación de elementos traza (Burton y Wright 1995). En sentido metafórico, los huesos se pueden “leer” y utilizar como una ventana al pasado.

Las características que hacen al hueso resistente a la degradación son las mismas que lo hacen un excelente exponente del pasado bioquímico y de la actividad nutricional del individuo en estudio (Wing y Brown 1979).

El hueso contiene, además del fosfato de calcio y colágeno, otros elementos que se encuentran en cantidades muy pequeñas como: aluminio, arsénico, bario, bromo, cloro, cobalto, estroncio, vanadio, zinc, entre otros (Farnum *et al.* 1995). De estos elementos, el estroncio, el bario y el zinc pueden utilizarse como indicadores de la posición trófica (Burton y Price 1990a) y de paleoalimentación (Fornaciari y Mallegni 1987), ya

que su presencia dentro del hueso está ligada a los patrones alimentarios de los organismos.

Los modelos que usan el estroncio como base para determinar niveles tróficos se sustentan en que su concentración en el hueso es inversamente proporcional a la posición de un organismo en la cadena trófica. Los niveles altos de estroncio en hueso se relacionan con dietas abundantes y dominantes en plantas, y los valores bajos están asociados con el consumo de carne y dietas menos abundantes (Farnum *et al.* 1995).

Naturalmente, la cantidad de estroncio presente en la población de una región dependerá de la disponibilidad y cantidad del elemento en el suelo o el agua; por tanto, el análisis del suelo o depósito resulta directamente comparable con el valor absoluto del estroncio en los huesos.

El uso de concentraciones de zinc en restos óseos como indicadores de dieta ha sido ampliamente aceptado, a pesar de que la validez teórica de esta aplicación aún no se ha establecido bien (Ezzo 1994a). Las dudas se fundamentan en la naturaleza compleja de la interacción entre el hueso y el zinc, su presencia tanto en la fase orgánica como en la inorgánica y su incorporación al hueso regulada por agentes activos que lo atrapan; por tanto, no son tan claras las evidencias de su valor como indicador de paleodieta (Ezzo 1994b). No obstante, algunos autores como Francalacci (1989) explican que el zinc indica la cantidad de carne en la dieta, ya que aquélla tiende a presentar valores más altos que los observados en alimentos de origen vegetal (Ezzo 1994b).

#### EVALUACIÓN DIAGENÉTICA DE RESTOS ÓSEOS

La inclusión de fases minerales separadas, dentro de pequeños huecos o fracturas, que provocan el intercambio de hidroxiapatita biogénica, por cristales grandes de apatita de origen geológico (Farnum *et al.* 1995), o la inclusión física de partículas de suelo con algunos minerales como  $\text{FeO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{BaO}_2$ ,  $\text{MnO}_3$  y feldespatos, pueden generar alteraciones en las concentraciones de algunos elementos (Burton y Price 1990b). Incluso se pueden presentar adiciones de elementos como Si, Mn y Al, que se introducen de los espacios porosos hacia la estructura cristalina de la hidroxiapatita.

Algunas técnicas para detectar diagénesis incluyen el examen de las concentraciones de elementos traza en hueso que se pueden incrementar hasta en un orden de magnitud o disminuir en un factor de tres. Otra técnica consiste en observar la inclusión de partículas y minerales (Byrne y Parris-Valadez 1987).

La evaluación de la integridad de los huesos se puede realizar usando la técnica de difracción de rayos X, a partir del tamaño de los cristales presentes, así como cuantificando y comparando la concentración de elementos traza por fluorescencia de rayos X en el hueso y en los suelos (Manzanilla, Tejeda y Martínez 1999; Tejeda 1998; Nalda *et al.* 1999).

Una vez identificadas las microestructuras de origen geológico es posible removerlas de las paredes de la superficie de los huesos de animales e individuos adultos (Burton y Price 1990a) por métodos físicos o químicos; por ejemplo, lavando con agua desionizada y ácido acético 1N (Farnum *et al.* 1995). Después de esto las muestras podrán estar aptas para el análisis elemental (Nalda *et al.* 1999).

## OBJETIVOS

El objetivo central de la investigación que condujo al presente escrito es la creación de un modelo a través del cual sea posible determinar patrones alimentarios de antiguos habitantes de la cuenca de México, mediante el empleo de los restos óseos.

Para alcanzar este objetivo se cubrieron los siguientes pasos:

1. Cuantificar diversos elementos traza en una muestra faunística silvestre, arqueozoológica y actual, del centro de México.
2. Evaluar los resultados obtenidos con la información ecológica disponible.
3. Aplicar el modelo sobre una muestra seleccionada de cánidos domésticos pertenecientes al proyecto arqueológico “Estudio de túneles y cuevas en Teotihuacan”, de Linda Manzanilla.
4. Aplicar el modelo a una muestra de restos óseos humanos de la colección del proyecto PACT (Proyecto Antigua ciudad de Teotihuacan), de Linda Manzanilla.

## MUESTRA DE EJEMPLARES UTILIZADOS

Se obtuvieron muestras de restos óseos de animales encontrados en el proyecto “Túneles y cuevas” de Teotihuacan, la gran mayoría, en contextos del Epiclásico y Posclásico. Además de este lote, se dispuso de muestras adquiridas en talleres de taxidermia y restos óseos de fauna silvestre recuperados en trabajo de campo (cuadro 1).

## MUESTRA DE CÁNIDOS UTILIZADOS

El lote de cánidos empleado proviene de la colección arqueozoológica del proyecto “Túneles y cuevas”. Los perros (*Canis familiaris*) aparecen como organismos asociados con contextos domésticos, donde las condiciones hablan a favor de pequeñas comunidades con un estilo de vida rural. Uno solo de estos ejemplares apareció en un contexto ritual.

Otro grupo de cánidos utilizados fueron los “loberros”, o sea híbridos (*Canis lupus-familiaris*), producto de la cruce entre lobos y perros (Rodríguez 2000; Valadez *et al.* 2002). Los contextos en los cuales fueron descubiertos son de tipo ritual, vinculados con el dios *Xolotl*, el Inframundo y el Sol Nocturno.

Por último, se dispuso de los valores obtenidos en años pasados de una muestra ósea humana proveniente del proyecto PACT (Proyecto Antigua Ciudad de Teotihuacan; Manzanilla 1993; Manzanilla, Tejeda y Martínez 1999) pertenecientes al Xolalpan tardío-Metepec temprano.

## METODOLOGÍA

### Sistemas de medición y métodos de limpieza

El trabajo de las muestras en el laboratorio incluyó una serie de pasos:

1. Se tomaron muestras del suelo de los túneles excavados durante el proyecto “Estudio de túneles y cuevas en Teotihuacan”.

2. Con el microscopio electrónico de barrido (MEB) se obtuvieron imágenes de las paredes del hueso, adicionalmente se empleó el sistema de espectroscopía de energía dispersiva para obtener la distribución



de los elementos mediante la determinación del contenido de Ca, Fe, Sr y Al, en las diferentes capas de hueso.

3. Se caracterizaron las fases y cristales de origen biológico y geológico que componían las muestras mediante la difracción de rayos X.

4. Se evaluó la perturbación diagenética en cada una de las muestras de las diferentes especies para identificar aquellas que estaban perturbadas o contaminadas a través de un examen de las imágenes obtenidas con el microscopio electrónico de barrido, y la evaluación de los difractogramas obtenidos por difracción de rayos X.

5. Una vez identificadas las áreas perturbadas o contaminadas (figura 1), se retiraron esas paredes por remoción física y se aplicó el procedimiento de lavado propuesto por Burton y Price (1990a). Concluida esta parte de la limpieza, se molieron las muestras en mortero de ágata hasta obtener un polvo fino, se tamizaron en malla número 100 y se homogeneizaron en un mezclador mecánico.

6. Con el polvo obtenido se identificaron las fases cristalinas presentes en cada muestra (Farnum *et al.* 1995); las que presentaron cristales de hidroxiapatita se incluyeron para el análisis de elementos traza y aquellas en las que se identificaron cristales distintos a la hidroxiapatita se descartaron del análisis.

7. Finalmente se realiza la cuantificación por fluorescencia de rayos X (Van Espen *et al.* 1994; Valdés y Jaramillo 1994).

### ***Cuantificación de Sr, Ca, Zn y Ba en restos óseos***

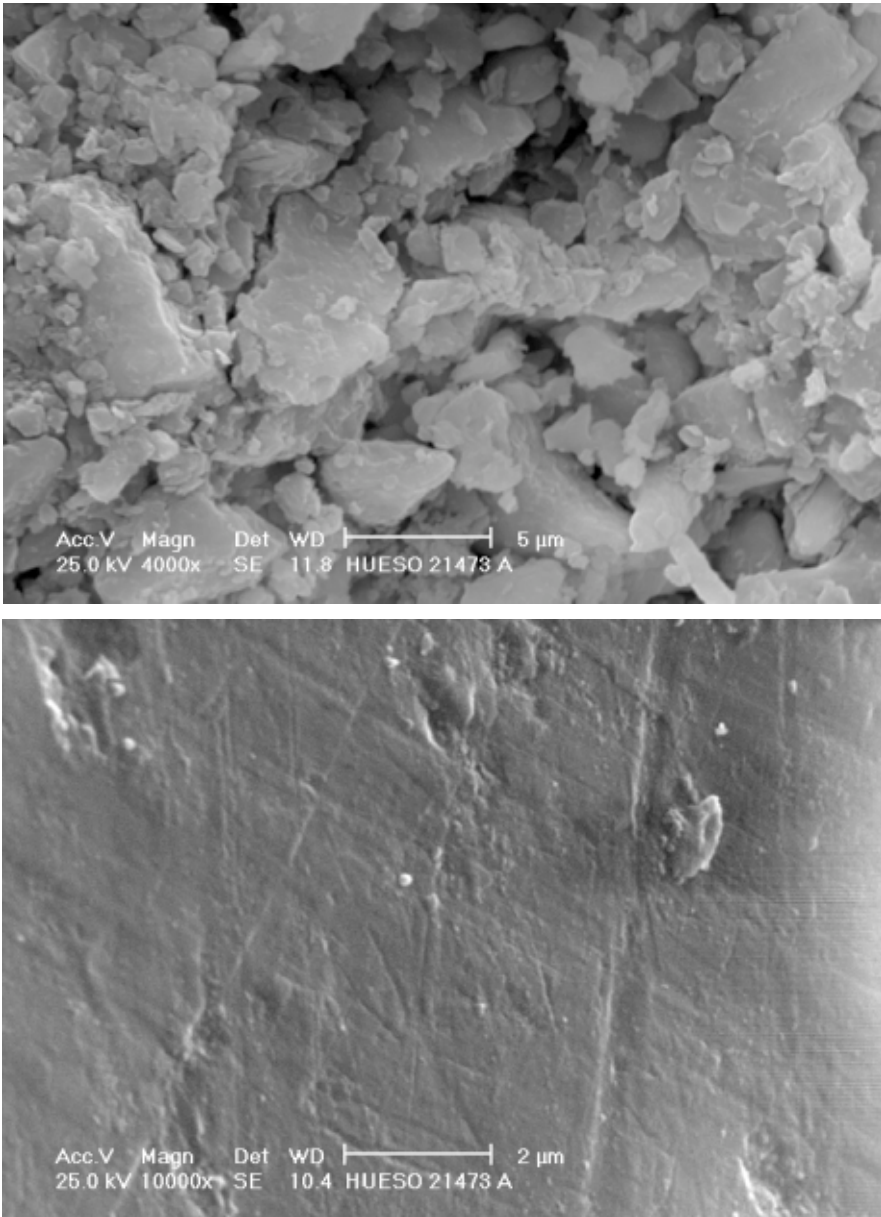
Para el análisis de elementos traza se pesaron 100 mg de muestra de hueso y se colocaron dentro de un tubo de ensayo, se adicionó 1 ml de ácido nítrico concentrado para disolver la muestra, de ésta se obtuvo una alícuota de 100 ml a la cual se adicionó 10 ml de estándar de referencia de galio con una concentración de 50 partes por millón (PPM). Se mezcló perfectamente y se tomaron 10 ml para depositarse sobre reflectores de cuarzo y analizarse por TRFRX, sistema de fluorescencia de rayos X, para determinar las concentraciones de Sr, Ca, Ba y Zn.

*Cuadro 1*  
 Lista de organismos empleados en el estudio y valores de elementos taza obtenidos.  
 Los ejemplares cuya procedencia indica "arqueológica" pertenecen a la colección  
 arqueozoológica del proyecto "Estudio de túneles y cuevas"

No	Nombre común	Nombre científico	Procedencia	Mn	Fe	Zn	Br	Sr	Ba	Pb
1	Cerceta	<i>Anas discords</i>	Silvestre actual	23	33	16	2	133	<	3
2	Pato bocón	<i>Spatula clypeata</i>	Silvestre actual	13	48	129	14	219	18	<
3	Pato panadero	<i>Mareca americana</i>	Silvestre actual	21	47	173	19	243	<	<
4	Garza	<i>Bubulcus ibis</i>	Silvestre actual	<	<	124	<	97	<	<
5	Codorniz	<i>Dactylorhynchus thoracicus</i>	Silvestre actual	<	77	162	3	56	<	<
6	Codorniz	<i>Dactylorhynchus thoracicus</i>	Silvestre actual	<	395	165	4	55	<	<
7	Codorniz	<i>Dactylorhynchus thoracicus</i>	Silvestre actual	<	97	163	3	49	<	<
8	Gorrion común	Fringillidae	Silvestre actual	<	<	167	<	187	<	<
9	Golondrina	<i>Hirundo rustica</i>	Silvestre actual	<	<	233	<	135	<	<
10	Búho	<i>Stryx occidentalis</i>	Silvestre actual	3	34	169	3	203	<	<
11	Aguillilla	<i>Buteo sp.</i>	Silvestre actual	3	29	167	5	102	<	<
12	Zopilote	<i>Cathartes aura</i>	Arqueológica	22	294	136	13	452	114	5
13	Conejo cola alg.	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Arqueológica	<	<	173	<	663	<	<
14	Conejo cola alg.	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Arqueológica	24	51	183	3	323	<	<
15	Conejo cola alg.	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Arqueológica	20	37	207	3	448	<	<
16	Conejo cola alg.	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Arqueológica	13	32	187	2	330	22	<
17	Conejo cola alg.	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Arqueológica	25	71	158	6	747	46	<
18	Ardilla	<i>Spermophilus sp.</i>	Arqueológica	8	501	126	<	442	137	175
19	Tlacuache	<i>Didelphis virginiana</i>	Silvestre actual	<	27	94	0	384	<	<
20	Tlacuache	<i>Didelphis virginiana</i>	Silvestre actual	1	10	84	1	448	50	<
21	Tlacuache	<i>Didelphis virginiana</i>	Silvestre actual	<	<	202	<	492	<	<
22	Tlacuache	<i>Didelphis virginiana</i>	Arqueológica	<	<	159	<	917	<	<

23	Zorrillo manchado	<i>Spilogale putorius</i>	Arqueológica	76	638	137	7	756	136	<
24	Zorrillo listado	<i>Mephitis macroura</i>	Silvestre actual	<	<	219	<	244	<	<
25	Comadreja	<i>Mustela frenata</i>	Arqueológica	12	163	136	<	436	<	<
26	Comadreja	<i>Mustela frenata</i>	Arqueológica	<	<	240	<	730	<	<
27	Cacomixtle	<i>Bassariscus astutus</i>	Arqueológica	<	<	285	<	480	<	<
28	Cacomixtle	<i>Bassariscus astutus</i>	Silvestre actual	<	81	143	6	149	<	<
29	Cacomixtle	<i>Bassariscus astutus</i>	Silvestre actual	3	25	178	1	207	<	<
30	Cacomixtle	<i>Bassariscus astutus</i>	Arqueológica	2	25	152	2	426	53	<
31	Cacomixtle	<i>Bassariscus astutus</i>	Arqueológica	9	42	188	2	215	<	<
32	Perro	<i>Canis familiaris</i>	Arqueológica	<	<	90	<	929	<	<
33	Perro	<i>Canis familiaris</i>	Arqueológica	<	<	295	<	689	<	<
34	Perro	<i>Canis familiaris</i>	Arqueológica	<	<	137	<	748	<	<
35	Perro	<i>Canis familiaris</i>	Arqueológica	<	<	205	<	622	<	<
36	Perro	<i>Canis familiaris</i>	Arqueológica	<	<	92	<	899	<	<
37	Perro	<i>Canis familiaris</i>	Arqueológica	<	<	387	<	565	<	<
38	Perro	<i>Canis familiaris</i>	Arqueológica	74	241	218	3	343	89	<
39	Perro	<i>Canis familiaris</i>	Arqueológica	17	552	409	33	601	109	<
40	Híbrido	<i>Canis lupus-familiaris</i>	Arqueológica	<	<	191	<	750	<	<
41	Híbrido	<i>Canis lupus-familiaris</i>	Arqueológica	<	<	170	<	639	<	<
42	Híbrido	<i>Canis lupus-familiaris</i>	Arqueológica	15	159	175	5	443	91	3
43	Coyote	<i>Canis latrans</i>	Arqueológica	<	<	391	<	610	<	<
44	Lince	<i>Lynx rufus</i>	Silvestre actual	35	54	171	<	435	<	10
45	Puma	<i>Felis concolor</i>	Silvestre actual	<	20	75	4	167	<	<
46	Felino	<i>Felis sp.</i>	Arqueológica	51	147	153	4	453	66	10

Mn, manganeso; Fe, hierro; Zn, zinc; Br, bromo; Sr, estroncio; Ba, bario; Pb, plomo.



*Figura 1.* Microfotografías de la superficie del hueso de una muestra de conejo (*Sylvilagus floridanus*) antes del proceso de limpieza (A) y después de éste (B).

## RESULTADOS

La detección de elevados valores de Fe fue algo frecuente dada la alta concentración de este mineral en todos los suelos analizados (cuadro 2), por lo que este elemento se descartó como un indicador de dieta y de posición trófica.

El zinc presentó una concentración muy similar en el suelo y en las muestras (cuadro 2), incluso se dio el caso de 409 PPM en un ejemplar, por lo que su movimiento ocurriría desde el hueso al suelo; pero las diferencias son de pequeña intensidad y no parecen influir de forma significativa en las relaciones entre las diferentes especies.

El valor de estroncio en suelo fue determinado para obtener información sobre el estado de conservación de las muestras. Los valores son muy altos, sin embargo no hay evidencia de perturbación. Adicionalmente los resultados observados para cada uno de los organismos corresponden con la posición trófica natural (Ceballos y Galindo 1984), sobre todo si se comparan los valores promedio por grupo faunístico. Existe una tendencia similar para el caso del bario (cuadro 1), en cuya concentración intervienen el pescado y vegetales ricos en fibra, como los tubérculos y legumbres.

El cuadro 1 presenta los valores promedio de elementos traza obtenidos y en la figura 2 vemos a los organismos ubicados en una gráfica de acuerdo con los valores de estroncio (Sr) y zinc (Zn). Un aspecto de particular importancia es que, independientemente del número de mues-

*Cuadro 2*

Valores de elementos traza obtenidos en muestras de suelo asociado a entierros descubiertos dentro del proyecto "Estudio de túneles y cuevas en Teotihuacan"

Elemento	Contenido en elementos traza (PPM)			
	Entierro 6	Entierro 11	Entierro 19	Entierro 24
Mn	568	438	876	866
Fe	22,662	13,759	43,483	35,208
Cu	35	36	43	47
Zn	101	111	104	137
Sr	1,605	25,916	695	8,537
Pb	No determinado	5	7	8

tras o de la diversidad alimentaria de los organismos empleados, los valores presentan tendencias diferentes para las aves y los mamíferos, pues las primeras muestran concentraciones más bajas (en términos comparativos) para los dos elementos; de allí que en conjunto se agrupen en la parte inferior izquierda de la gráfica. A nuestro modo de ver, esto puede ser el resultado de diferentes patrones metabólicos determinados genéticamente para aves y mamíferos.

## ANÁLISIS

Debido a esta circunstancia se decidió limitar el resto del estudio a los mamíferos, ya que tanto perros como humanos pertenecemos a este grupo.

El acomodo de los mamíferos en la figura 2, de acuerdo con los valores obtenidos para el zinc y el estroncio, permite ver patrones de distribución interesantes; por ejemplo, observamos que los conejos se acomodan dentro de una franja horizontal en la parte media y con valores muy diversos en el estroncio, aunque mucho menos en lo que al zinc se refiere. Los tlacuaches se orientan hacia la parte inferior derecha y los felinos en el extremo opuesto; los cacomixtles se ubican hacia la parte superior, lo esperado en animales que dirigen parte de su esfuerzo a la cacería, y el coyote aparece en la parte media, pero en el más alto nivel de zinc, manifestando con ello dieta variada y rica en carne.

Los valores de estroncio que manifiestan herbívoros y omnívoros fluctúan entre los 450 y 550 PPM (cuadro 1), y aunque existen claras diferencias entre la alimentación de un zorrillo y la de un conejo, lo cierto es que la dieta de ambos depende en alta medida de los vegetales; por tanto, las diferencias pueden deberse a factores más finos que sólo el nivel trófico asociado. Para los grupos de depredadores incluidos la imagen es menos clara, ya que valores similares se presentan en organismos de hábitos muy diferentes.

En realidad, la imagen más coherente es que, efectivamente, podemos ver una relación descendente en el contenido de estroncio, pero sólo comparando grupos que se ubican en el mismo nivel trófico (figura 3). Veamos en primer lugar a los consumidores primarios (herbívoros), los cuales están representados en conejos y ardillas; los primeros se alimentan exclusivamente de vegetales y por ello el valor de Sr es más

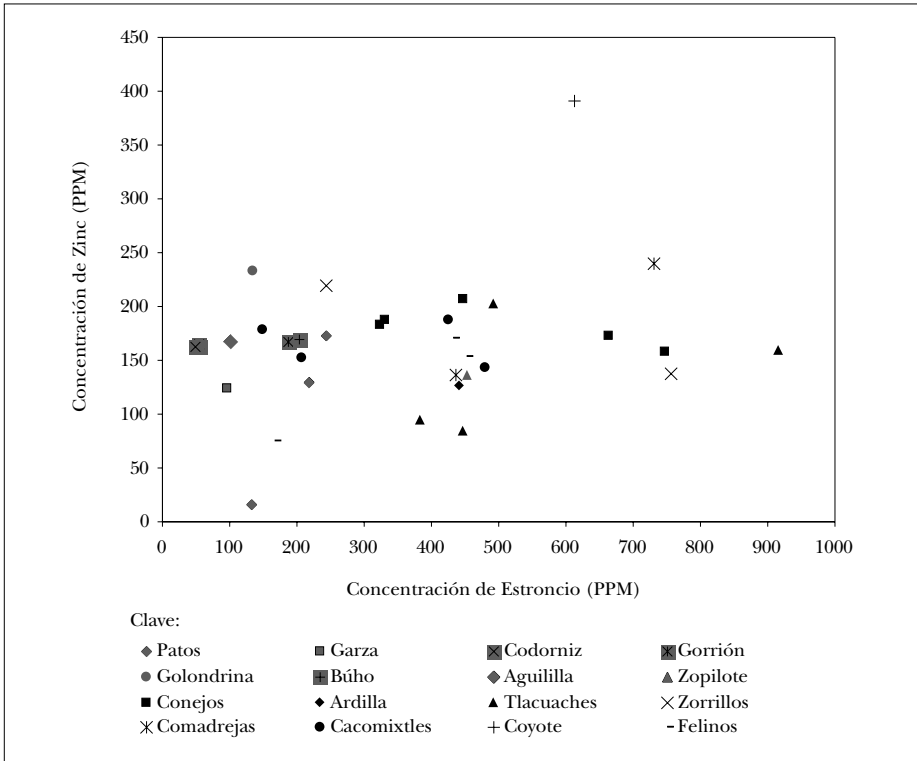
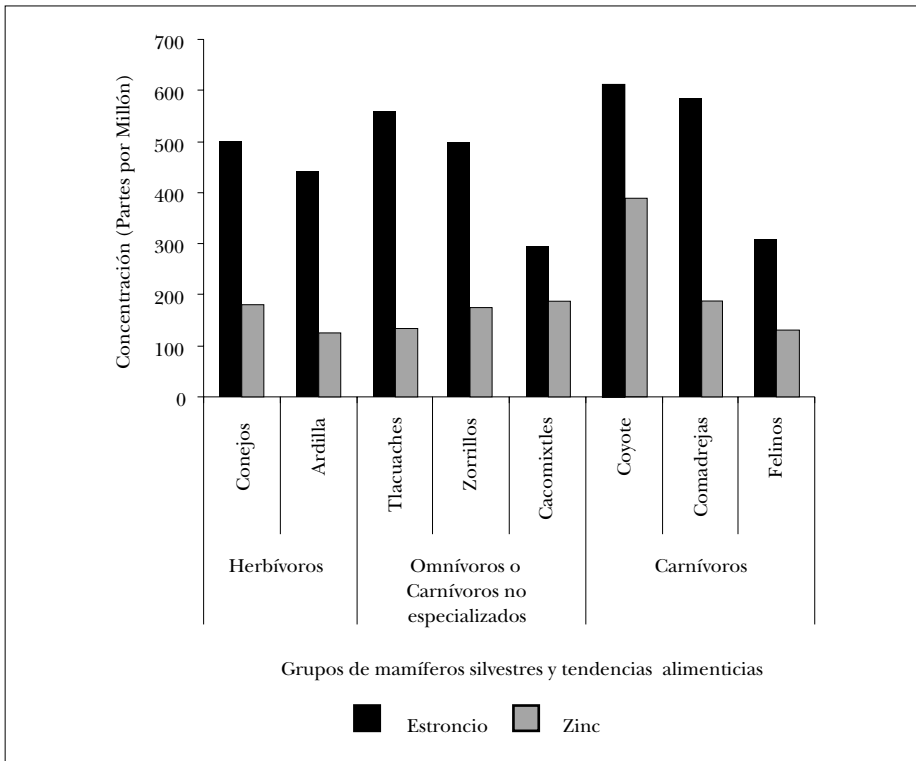


Figura 2. Distribución gráfica de las muestras de fauna silvestre analizadas (cuadro 1) de acuerdo con las concentraciones (partes por millón) de estroncio y zinc. Una dieta más diversa y rica en vegetales derivaría en valores más altos de estroncio y una mayor ingesta de carne en concentraciones mayores de zinc.

alto que el de las ardillas, las cuales tienen una alimentación similar aunque incorporan insectos en su dieta.

En los consumidores secundarios (figura 3), o sea omnívoros y carnívoros poco especializados, la pauta se mantiene, ya que los valores más altos corresponden a los tlacuaches, los cuales dependen en alto grado de las plantas, y los más bajos a los cacomixtles, que son de hábitos depredadores. Con respecto a los carnívoros más especializados, los valores más altos los tiene el coyote, un organismo que incluye (ocasionalmente) vegetales en su dieta (Ceballos y Galindo 1984), y los más bajos pertenecen a los felinos, mamíferos estrictamente carnívoros.



*Figura 3.* Concentraciones promedio de estroncio y zinc en los taxa de mamíferos silvestres analizados. Dentro de cada nivel trófico (herbívoro, omnívoros y carnívoros) los valores de estroncio muestran una tendencia a la disminución entre mayor sea el consumo de carne (línea punteada) y los valores de zinc muestran una ascendente desde las ardillas hasta los coyotes, resultado directo de dietas más ricas en carne (línea punteada). Comadreas y felinos, depredadores especializados presentan valores de zinc muy bajos, quizás el resultado de procesos metabólicos relacionados con la ingesta de carne, diferentes a los que se dan en los otros grupos de mamíferos estudiados.

Sobre los valores de zinc (figura 3), como se indicó, su presencia se relaciona con la cantidad de proteínas que son asimiladas vía alimento y su posterior absorción a través del metabolismo. Su comportamiento a nivel grupos muestra una interesante tendencia a incrementarse en todas las formas omnívoras o carnívoras no estrictas (figura 3) conforme la carne está más presente en la dieta. En los grupos con alimentación más restrin-



gida, o sea conejos, comadrejas y felinos (figura 3), la relación es mucho menos clara.

## INTERPRETACIÓN

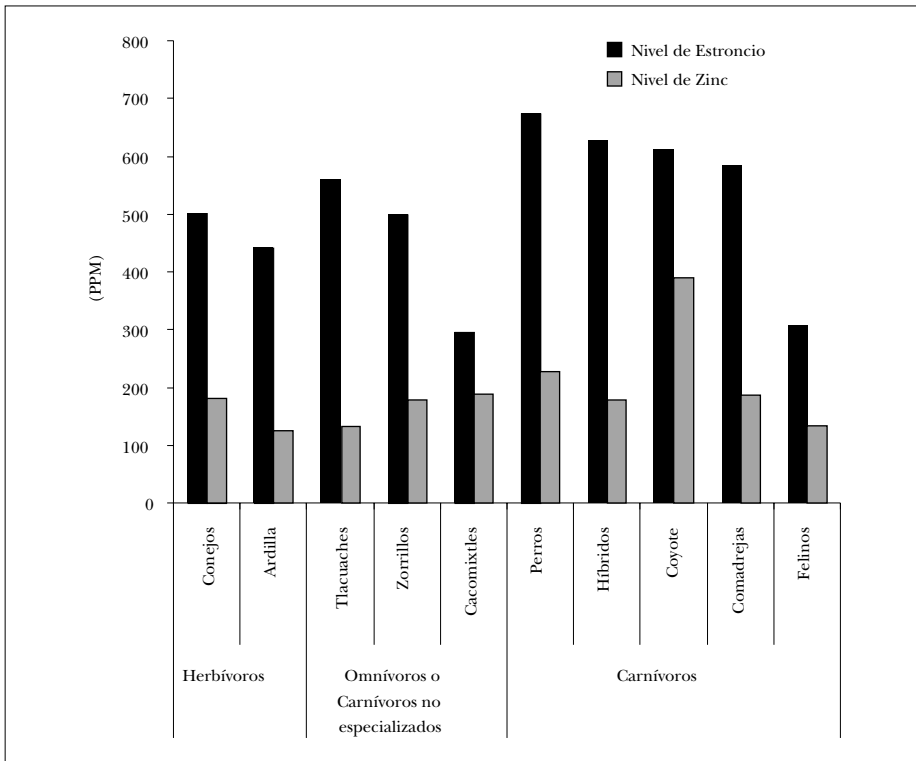
### **Elementos traza y dieta de perros e híbridos**

¿Y qué ocurre con los cánidos domésticos? Con respecto al estroncio (cuadro 1), los perros ofrecen cifras muy diversas, desde 929 hasta 343 PPM, con un promedio (674.5) superior al de cualquier grupo silvestre. En relación con el zinc (cuadro 1), los resultados son muy diferentes, mucho más que lo que pueda observarse con otros grupos, y el promedio (229.2 PPM) sólo es inferior al del coyote. En conjunto podemos considerarlos un grupo muy heterogéneo en su alimentación y altamente omnívoros, con patrones individuales muy diversos.

El otro grupo de cánidos domésticos empleados, los híbridos, muestra valores altos de estroncio (cuadro 1), sólo un poco por debajo del de los perros (627.3 PPM), y para el zinc cifras (178.7) muy similares a las de los cacomixtles y conejos. La visión de este grupo es de animales con dieta muy diversa, pero con menos aporte de carne, al menos en comparación con perros y coyotes.

A partir de esta primera imagen, los cánidos se manifiestan como organismos con alimentación muy variada. Al colocar los valores promedio de Sr y Zn obtenidos en la gráfica de la figura 3 tenemos una nueva imagen (figura 4) donde nuestros cánidos quedan ubicados como carnívoros, pero junto al grupo de omnívoros. Los valores de estroncio son similares a los del coyote aunque manifiestan una dieta más diversa, y de hecho estos valores dejan ver una correlación trófica muy estrecha y directa con los restantes carnívoros.

Con respecto a los valores del zinc, la ubicación de perros e híbridos a la derecha de los cacomixtles (figura 4) permite observar un ascendente que incluye todos los grupos con dieta no estricta, desde las ardillas hasta los coyotes; no obstante, contamos con el dato de que los perros se muestran como “más carnívoros” que los híbridos. Al ver con detalle la gráfica, la conclusión es que el modelo sí responde a nuestras expectativas dado que a través de él es posible determinar aspectos como las



*Figura 4.* Ubicación de perros e híbridos dentro de la gráfica donde se observa la relación entre concentraciones promedio (PPM) de estroncio y zinc, grupos de mamíferos silvestres y niveles tróficos. Los perros se manifiestan como carnívoros con una dieta muy variada y un aporte de carne propio de un depredador poco especializado. Los híbridos comparten la condición de disponer de una dieta variada y rica en vegetales, pero con un aporte de carne comparativamente bajo, propio de un omnívoro tipo zorrillo.

tendencias alimentarias de los cánidos arqueozoológicos, aunque para el caso de los híbridos el patrón se manifiesta “un tanto irregular”.

Dentro de una gráfica donde cruzamos los valores del estroncio y el zinc (figura 5), los perros se ubican en casi todo espacio disponible, excepto en la porción inferior izquierda. Dos de los ejemplares aparecen junto al coyote, evidencia de que comían en forma abundante y con un buen abasto de carne; uno de ellos es un perro que se encontró en un contexto ritual, circunstancia que podría interpretarse como eviden-

cia de un cuidado selectivo por el destino que le aguardaba; el extremo opuesto son tres ejemplares que aparecen en la parte inferior derecha, muy cerca de un zorrillo, un tlacuache y un conejo, lo cual pone de relieve una alimentación diversa, pero dominada por vegetales, y, finalmente, tenemos tres perros en la parte central, por encima de los conejos y entre tlacuaches, comadrejas y cacomixtles, indicando con ello que tenían una dieta variada, incluida la proteína animal.

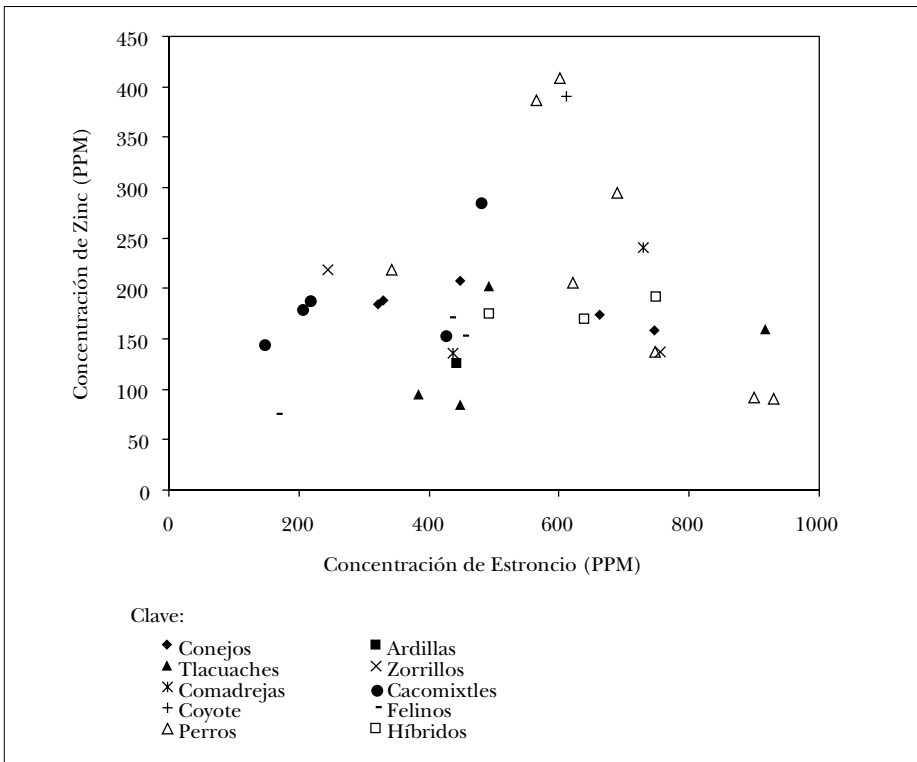


Figura 5. Relación estroncio-zinc y ubicación de perros e híbridos dentro de ella, junto con la fauna silvestre de mamíferos analizada. Los perros se muestran como un grupo con alimentación muy diversa, desde algunos que tenían un fuerte aporte de carne “tipo coyote”, hasta los que se manifiestan con una dieta “tipo tlacuache”. El individuo que se acomoda a la izquierda del coyote fue empleado en un acto ritual. La ubicación de los híbridos les deja ver como animales con una dieta muy variada y rica en vegetales, intermedia entre conejos, zorrillos y tlacuaches.

La situación de los híbridos es muy peculiar, pues contra toda lógica no se ubican como animales que incluyeran la carne como parte de su dieta normal. Los tres ejemplares se acomodan dentro de una franja en la parte central, un acomodo semejante al de los conejos (figura 5). Sólo uno se mezcla dentro de un grupo donde aparece también un tlacuache y un felino, señalando así una dieta más variada, aunque ciertamente nada que indique carnivoría tipo coyote.

La imagen mostrada en la gráfica 5 es, en cuanto a los perros se refiere, la de un grupo de animales domésticos cuya alimentación puede ser enormemente variada, aspecto en el cual el factor humano es determinante, aunque debe considerarse que un perro en un ambiente rural depende por igual grado de la buena voluntad del amo y de sus propias habilidades, por ejemplo cazando en el interior de las milpas; por otro lado, un can que dirigiera su mayor esfuerzo hacia las sobras, entre los basureros domésticos, comería “un poco de todo”, justo como ocurre con los tlacuaches, y por último, los que gozaran de los favores de la gente que les rodeaban pasarían la mayor parte de su vida comiendo olotes y huesos.

Para el caso de los híbridos los resultados indican una dieta basada en vegetales. Si consideramos tanto su propia naturaleza como la imagen proporcionada por los perros, forzosamente llegamos a la posibilidad de que todo esto debe ser el resultado de la iniciativa humana, dirigida en el sentido de satisfacer las necesidades alimentarias de estos animales. Dado que la propuesta actual es que se trataba de animales criados por el hombre para cubrir necesidades rituales específicas (Valadez *et al.* 2002), es viable la idea de que la gente hiciera un esfuerzo especial por mantenerlos bien alimentados, con el fin de evitar que salieran a buscar comida y en el campo se despertara su instinto de lobo dando por resultado su pérdida.

#### APLICACIÓN DEL MODELO A LAS MUESTRAS HUMANAS

Aunque la elaboración del modelo y su aplicación en cánidos es el principal objetivo del presente estudio, se incluyó también una muestra de restos humanos perteneciente a la unidad habitacional de Oztoyahualco (Manzanilla 1993; Manzanilla, Tejeda y Martínez 1999), la cual fue ocupada

por personas dedicadas al trabajo con estuco y a la cautividad de conejos (Valadez 1993), dentro de un estilo de vida tipo “clase media-baja”. Los estudios mostraron que estas personas no tuvieron padecimientos crónicos derivados de deficiencias nutricionales (Civera 1993).

La cuantificación de los elementos traza (figura 6A) se realizó hace varios años con cinco individuos masculinos adultos, cuya edad calculada varía entre los 22 y los 40 años. Casi todos fueron descubiertos en entierros (Manzanilla, Tejeda y Martínez 1999; Ortiz 1993).

Con respecto a los valores promedio (figura 6B), para el estroncio y el zinc se observan cifras comparativamente bajas (401.9 y 87.78 respectivamente), similares a las obtenidas para la ardilla. Este dato, unido a la condición omnívora de nuestra especie, lleva a la opción de colocar la muestra entre las ardillas y los tlacuaches, opción bastante coherente, ya que bajo ella los valores se armonizan muy bien y forman un continuo con herbívoros y omnívoros.

En relación con los valores individuales (figura 7), se integran entre dos tlacuaches y muy cerca de la ardilla, circunstancia que reafirma la propuesta de la figura 6. En general, se manifiestan como individuos con una dieta relativamente diversa y con un buen aporte de vegetales.

Aunque ubicar a varios seres humanos como “tlacuaches bípedos” puede resultar poco atractivo, basta con ver la descripción de la dieta normal de *Didelphis virginiana* para entender la base biológica contenida:

Su régimen es omnívoro, alimentándose de frutos, semillas, retoños de plantas, insectos y otros invertebrados, así como algunos vertebrados y carroña. En ocasiones penetran en los gallineros y causan daño principalmente entre las aves jóvenes. En las regiones donde se cultiva el maguey es común que beban el aguamiel (Ceballos y Galindo 1984).

Son omnívoros y la mayor parte de su dieta se compone de insectos y otros invertebrados. También comen carroña y desperdicios cuando están a su alcance. Es sabido que comen huevos que roban de los nidos de aves e incluso polluelos. Entre los alimentos vegetales se mencionan plátanos, aguacates, papayas, chirimoyas, anonas y melones (Leopold 1984).

Como puede verse, la similitud entre los patrones alimentarios de los tlacuaches y las personas teotihuacanas sólo manifiesta una dieta variada con fuerte presencia de alimentos vegetales. De esta forma, la imagen que deriva de este ensayo, unida a los datos arqueológicos, es que este grupo tenía el alimento necesario para vivir sin problemas,

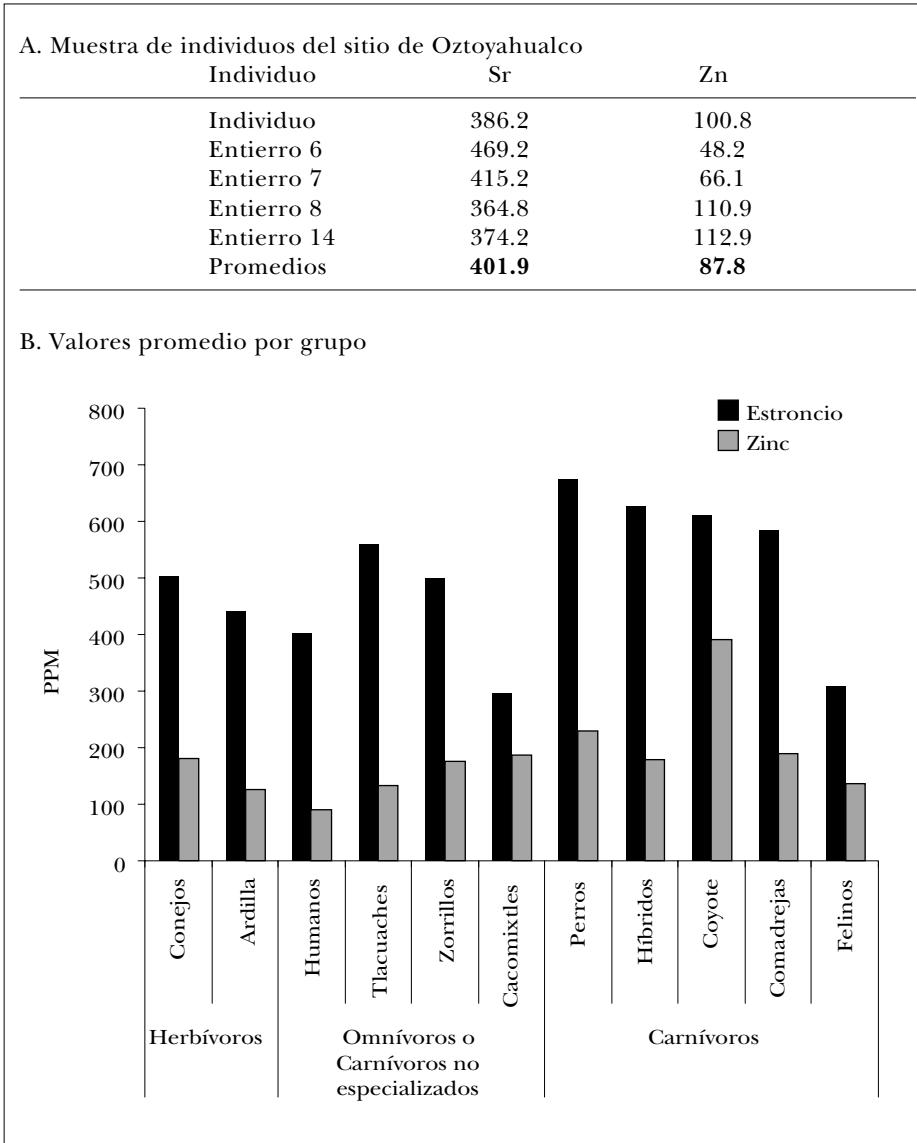


Figura 6. Valores de Sr y Zn obtenidos en la muestra humana de Ozttoyahualco (A) y ubicación gráfica de los valores promedio (B) donde se visualizan como individuos con una alimentación semejante a la de los tlacuaches y ardillas en lo que a diversidad y aporte de carne se refiere.

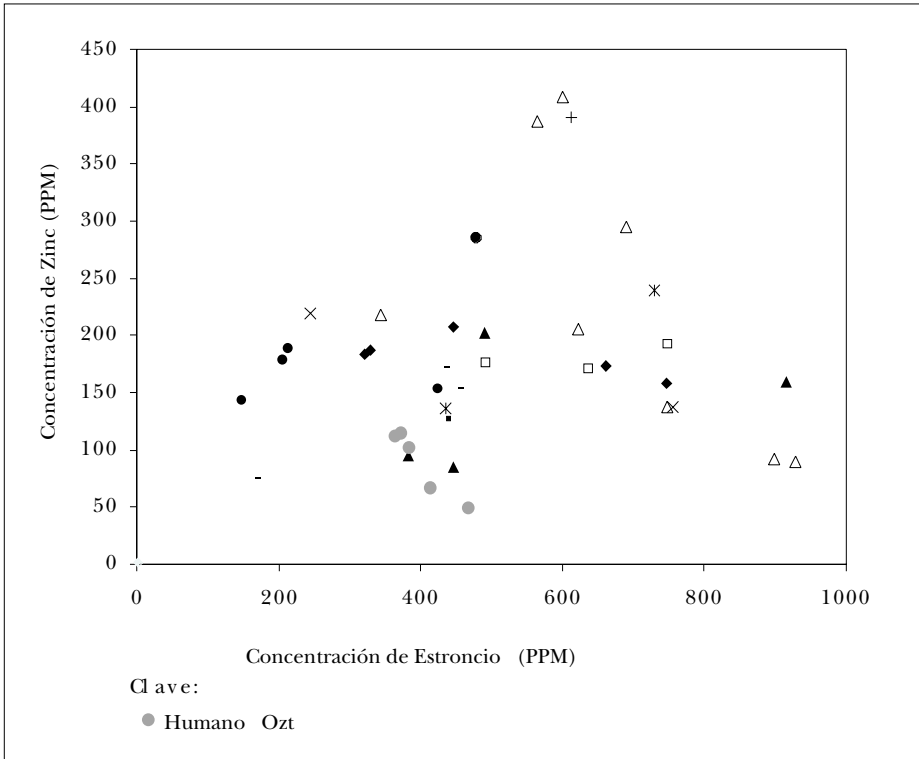


Figura 7. Los valores individuales de las muestras humanas analizadas (figura 6A) indican que la gente de Ozttoyahualco tenía una dieta relativamente variable con poco aporte de carne. Clave de la fauna en figura 5.

aunque la diversidad de opciones a las que podían acceder, como grupo, eran más bien limitada, tanto por su nivel socioeconómico como por vivir dentro de una ciudad, donde la disponibilidad de los recursos dependía de un sistema administrativo y no de su distribución natural.

## CONCLUSIONES

La importancia de esta investigación puede considerarse desde varias perspectivas, por un lado la contribución desde el punto de vista metodológico para la recuperación de información dietética y nutricional a partir

de los restos óseos, los cuales frecuentemente se ven sólo como complemento de los proyectos arqueológicos.

La aplicación del modelo a los cánidos domésticos no sólo permite ubicar la viabilidad del modelo, sino avanzar un poco en esta parte de la relación perro-humano en Mesoamérica. Los resultados muestran que estos animales podían estar sujetos a diversos patrones alimentarios de acuerdo con el estilo de vida de sus dueños, pero más importante aún es la evidencia de que su dieta podía estar ligada directamente con el destino que le estaba reservado.

Desde el punto de vista del impacto de esta investigación hacia la antropología física y la osteología humana, el ensayo muestra que no existe problema para incluir a los restos humanos dentro del modelo, aunque es importante recalcar que los patrones alimentarios que se derivan del análisis no implican buena o mala condición nutricional, y por lo mismo se recalca la importancia de que este tipo de estudio sean parte de un universo de opciones por considerar durante las investigaciones de restos arqueológicos humanos.

## REFERENCIAS

BURTON, J. H. Y T. D. PRICE

1990a The ratio of barium to strontium as a paleodietary. Indicator of consumption of marine resources, *Journal of archaeological science* 17:547-557.

1990b Paleodietary applications of barium values in bone, *Archaeometry, birkhäuser verlag basel*: 787-785.

BURTON, J. H. Y L. E. WRIGHT

1995 Nonlinearity in the relationship between bone Sr/Ca and diet, *American journal of physical anthropology* 93:273-281.

BYRNE, B. K. Y C. D. PARRIS

1987 Reconstruction of the diet of the Middle Woodland Amerindian Population at Abbott Farm by bone trace-element analysis. *American journal of physical anthropology* 74:373-384.

CEBALLOS, G. Y C. GALINDO

1984 *Mamíferos silvestres de la cuenca de México*, Editorial Limusa, México.



CIVERA, M.

- 1993 Análisis osteológico de los entierros de Oztoyahualco, Linda Manzanilla (ed.), *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco*, vol. II, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México: 832-859.

EZZO, J. A.

- 1994a Zinc as a paleodietary indicator: An issue of theoretical validity in bone chemistry analysis, *American Antiquity* 59(4):606-621.
- 1994b Putting the chemistry back into archaeological bone chemistry analysis: Modeling potential paleodietary indicators, *Journal of anthropological archaeology* 13:1-34.

FARNUM, J. F., M. D. GLASCOCK, M. K. SANFORD Y S. GERRITSEN

- 1995 Trace elements in ancient human bone and associated soil using NAA, *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry* 196(2):267-274.

FORNACIARI, G. Y F. MALLEGNI

- 1987 Paleonutritional studies on skeletal remains of ancient population from the Mediterranean area, *Antrop. Anz.* 45(4):361-370.

FRANCALACCI, P.

- 1989 Dietary reconstruction at Arene Candide cave (Liguria, Italy) by means of trace element analysis, *Journal of archaeological science* 16:109-124.

LEOPOLD, A. S.

- 1984 *Fauna silvestre de México*, Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México.

MANZANILLA, L. (EDITORIA)

- 1993 *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco*, 2 vols., Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México.

MANZANILLA, L., S. TEJEDA Y J. C. MARTÍNEZ

- 1999 Implicaciones del análisis de calcio, estroncio y zinc en el conocimiento de la dieta y la migración en Teotihuacan, México, *Anales de antropología* 33: 13-28.

NALDA, E., S. TEJEDA, A. VELÁZQUEZ Y G. ZARAZÚA-ORTEGA

- 1999 Paleodieta en Dzibanché y Kohunlich: diferencias y tendencias preliminares, *Arqueología* 21(1):35-44.

ORTIZ, E.

- 1993 Ideología y vida doméstica, Linda Manzanilla (editora), *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyohualco*, vol. I, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México, 519-547.

RODRÍGUEZ, BERNARDO

- 2000 *Estudio morfológico y morfométrico, craneal y dental, de perros (canis familiaris) y lobos (canis lupus); hallados en Teotihuacan y su aplicación en la arqueozoología*, tesis de biología, Facultad de Ciencias, UNAM, 148p.

SANDERS, W., J. PARSONS Y R. SANTLEY

- 1979 *The basin of Mexico. Ecological processes in the evolution of a civilization*, Academic Press Inc., London, 221-293.

SERRANO, C. Y Z. LAGUNAS

- 1975 Sistema de enterramiento y notas sobre material osteológico de la Ventilla Teotihuacan, México, *Anales 7<sup>a</sup> época*, vol. 4(52):105-144.

SERRANO, C. Y N. CASTILLO

- 1984 La enfermedad en Teotihuacan, López Austin y C. Viseca (coordinadores), *Historia general de la medicina en México*, tomo I, UNAM-Academia Nacional de Medicina, México, 87-100.

STOREY, R.

- 1983 *The paleodemography of Tlajinga 33: an apartment compound of the pre-columbian city of Teotihuacan*, doctoral thesis in anthropology, Pennsylvania State University.

TEJEDA, S.

- 1998 Aplicación de la fluorescencia de rayos X en la paleodieta de Dzibanché y Kohunlich, Informe técnico CA-DEA-98/28, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México.

TORRES, L.

- 1995 *La población teotihuacana del sector oeste (estudio osteológico de materiales procedentes de unidades habitacionales)*, tesis de licenciatura, ENAH-SEP, México.

VALADEZ, R.

- 1992 *Impacto del recurso faunístico en la sociedad teotihuacana*, tesis doctoral, Facultad de Ciencias, División de Estudios de Posgrado, UNAM, México.

- 1993 Macrofósiles faunísticos, Linda Manzanilla (editora), *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyohualco*, vol. II, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México, 729-813.
- VALADEZ, R., A. BLANCO, B. RODRÍGUEZ, F. VINIEGRA Y K. OLMOS  
2002 Híbridos de lobos y perros en cuevas teotihuacanas. Crónica de un descubrimiento, *AMMVEPE* 13(1):6-23.
- VALDÉS, F. Y A. M. JARAMILLO  
1994 *Sistema para el análisis por fluorescencia de rayos X, Manual del usuario*, Centro de Estudios al Desarrollo Nuclear, La Habana, Cuba.
- VAN ESPEN, P., K. JANSSENS Y I. SWETERS  
1994 *Axil X-ray analysis software, users manual*, Canberra Packard, Benelux, AIEA, Seiberdoff, Austria.
- WING, E. Y E. BROWN  
1979 Reconstruction of prehistoric diet, nutrients and food, *Paleonutrition* 5:6-44.

